



**UNIVERSIDAD MICHUACANA DE  
SAN NICOLAS DE HIDALGO**

**CARACTERIZACIÓN DE LOS  
COMPONENTES MAYORITARIOS  
OBTENIDOS DEL EXTRACTO  
HEXÁNICO DE LOS TALLOS DE LA  
*Bursera aptera* RAMÍREZ**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**QUÍMICO FARMACOBIOLOGO**

P R E S E N T A :

**REYNALDO GARCÍA ÍÑIGUEZ**

**ASESORES :**

**D.C. JUAN DIEGO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ  
DRA. LUISA URANIA ROMÁN MARÍN**

**MORELIA, MICHUACÁN ENERO DE 2012.**

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:

1.- " FITOQUÍMICA DE BURSERACEAE Y COMPOSITAE DE LAS  
CUENCAS DEL BALSAS Y DEL PAPALOAPAN"

2.- " FITOQUÍMICA DE BURSERACEAE Y COMPOSITAE 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.

# ÍNDICE

**INTRODUCCIÓN -----1**

**PARTE TEÓRICA -----21**

**DISCUSIÓN Y RESULTADOS -----58**

**CONCLUSIONES ----- 95**

**BIBLIOGRAFÍA -----96**

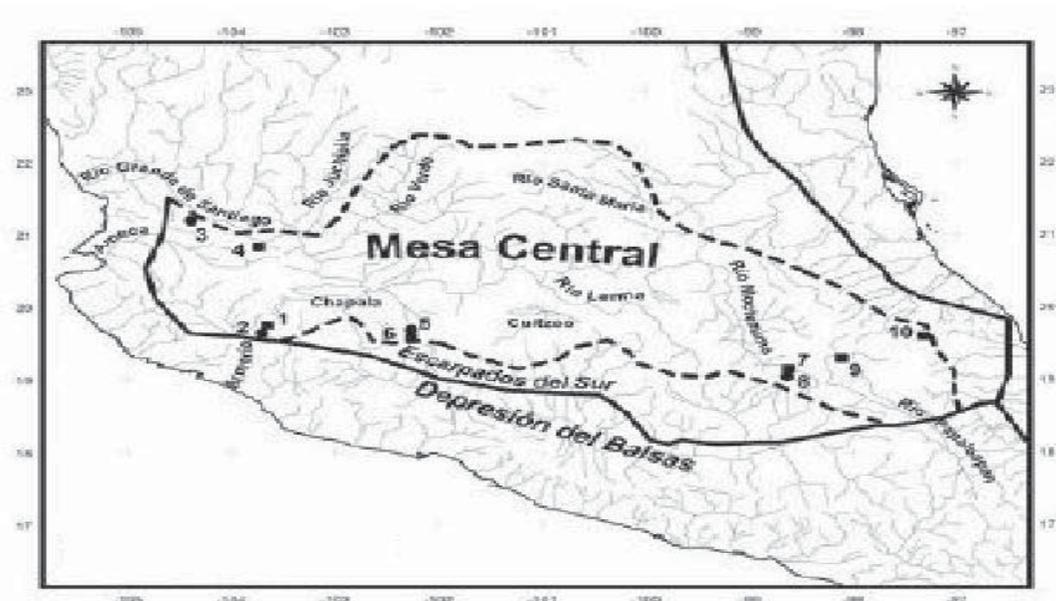
## INTRODUCCIÓN

Después de la segunda mitad del siglo XX, el Centro de México fue dividido en cinco Provincias Geológicas<sup>1-2</sup>: 1.- La Sierra Madre Occidental; 2.- El Alto Altiplano Central; 3.- La Planicie Costera del Golfo de México; 4.- El Eje Neovolcánico y 5.- La Sierra Madre del Sur.



La región fisiográfica más grande de Centro América es el denominado Altiplano Mexicano<sup>3-4</sup>, el cual se extiende desde la actual frontera entre México y Estados Unidos hacia el sur, aproximadamente hasta la latitud de la ciudad de México. Las elevaciones son mayores en el sur del Altiplano, formando una de las zonas altas tropicales más grandes del mundo. Gran parte del Altiplano está por encima de los 2000 m snm., cuya elevación va decreciendo hacia el norte hasta llegar a aproximadamente 1000 m snm en los límites de la frontera entre ambos países.

Esta región fue dividida en dos partes ; una correspondiente a la superficie de las tierras altas y la otra de un sistema montañoso, el cual éste último consiste de un conjunto de montañas y escarpados que conforman la sierra Madre Oriental, la sierra Madre Occidental y el Eje Volcánico Transversal.



Esta Altiplanicie<sup>5-6</sup> se encuentra limitada al sur por el Eje Neovolcánico, consistente de una cadena de volcanes que forman parte del llamado cinturón de fuego del Pacífico, caracterizado por su gran actividad volcánica, que inicia en el estado de Nayarit y corre hacia el oriente aproximadamente sobre la línea del paralelo 19°. En esta cordillera se localizan algunas de las mayores elevaciones del país, como el Pico de Orizaba, el Popocatepetl y el Iztaccíhuatl, aunque los volcanes de Fuego de Colima y Colima se localizan más al sur, suelen considerarse como parte de este eje, también forma parte de esta cordillera el célebre Parícutín, uno de los volcanes más jóvenes del mundo. El Eje forma numerosos valles de tierras altas, entre ellos los de Toluca, México y el Poblano-Tlaxcalteca, densamente poblados, que alojan juntos alrededor de 24 millones de personas, equivalentes a poco menos del 25% de la población mexicana.

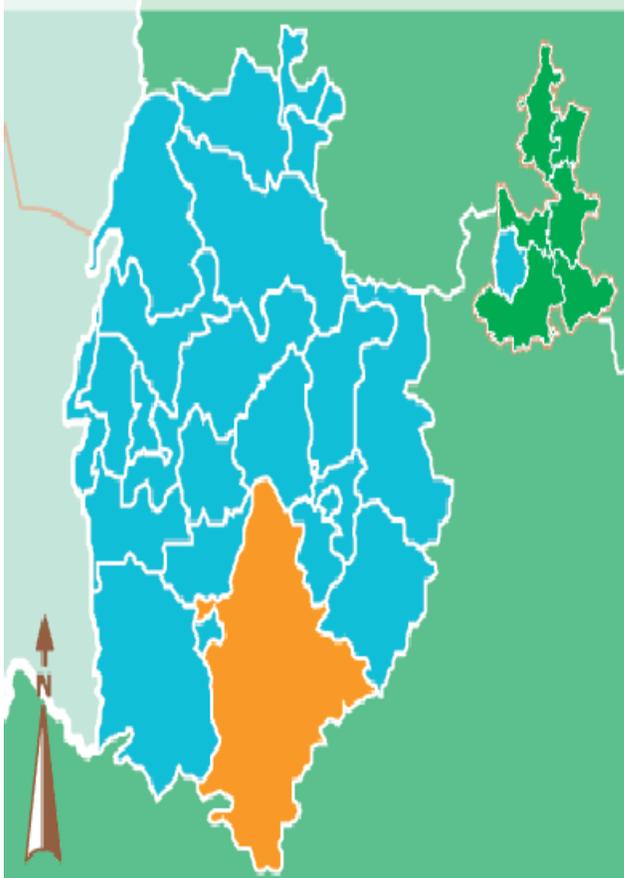
Dentro de los numerosos valles que alberga el Eje Neovolcánico, a medida que se avanza hacia el sur son más bajos al grado de que es donde se localiza la región más baja de todo el País. El Valle de Atlixco es una planicie localizada al poniente del

Valle Poblano-Tlaxcalteca. Se caracteriza por sus suelos fértiles que lo convierten en una de las más importantes zonas agrícolas del Estado, al sur de este valle, comienza la Mixteca Poblana, donde el relieve es abrupto.

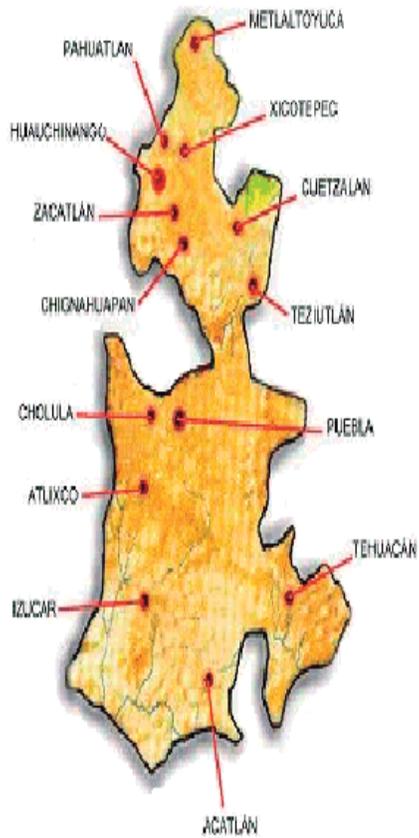




### PUEBLA RÉGION V VALLE DE ATLIXCO Y MATAMOROS



Entre los cerros que conforman la Sierra Mixteca formada por numerosas cordilleras se encuentran varios valles de clima semidesértico. El Valle de Matamoros que es la entrada a la Mixteca Baja Poblana, es uno de los más amplios, gracias a la presencia del río Atoyac, que se ha convertido en un importante centro del cultivo de caña de azúcar, además otros valles enclavados en la Mixteca son el de Chiautla y el de Acatlán, son más bajos que el de Matamoros y más secos especialmente, el Valle de Acatlán.



Los valles de la Mixteca apenas sobrepasan los 1000 msnm, y las montañas que los rodean difícilmente alcanzan los 2000 msnm en los puntos más altos. La mayor altitud de la región es el cerro Tecorral, ubicado en el municipio de Izúcar de Matamoros, con 2060 msnm.

En el límite con Oaxaca, el Valle de Tehuacán se convierte en el conjunto de fallas originadas por el plegamiento del Eje Neovolcánico, la Sierra Madre Oriental y la Sierra Madre del Sur. Esa zona se conoce como Cañada de Cuicatlán<sup>7</sup>. La cañada y el valle constituyen parte de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, compartida por los estados de Oaxaca y Puebla.







El valle de Tehuacán está separado de la Mixteca por una serranía que corre desde el sureste del Valle Poblano-Tlaxcalteca hasta las cercanías de Tehuacán, con dirección sureste.

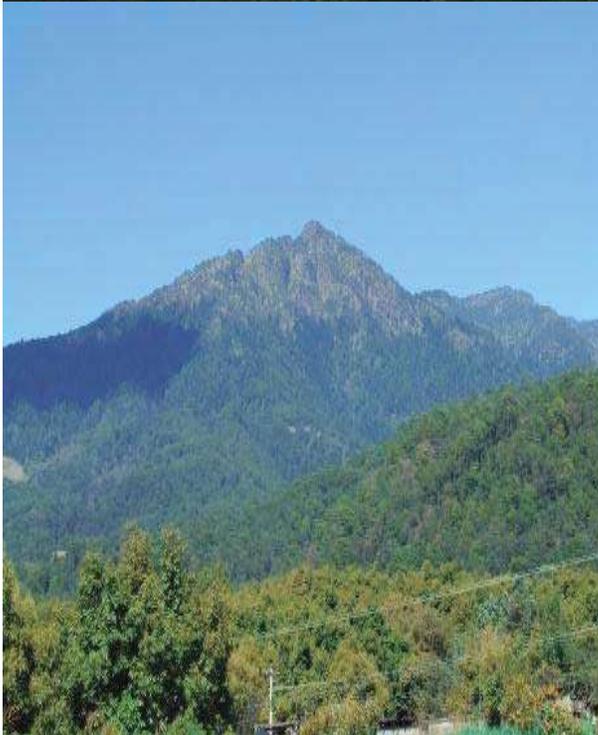
Esta cordillera se conoce con el nombre de Sierra de Tehuacán, y alcanza altitudes mayores que la Sierra Mixteca, superiores en varias ocasiones a los 2000 msnm.

Al oriente del Valle de Tehuacán se encuentra otra cordillera que comúnmente se conoce con el nombre de Sierra Negra, aunque no hay que confundirla con el volcán del mismo nombre que se encuentra varios kilómetros al noroeste, también en territorio poblano. Esta cordillera forma parte del Eje Neovolcánico y se caracteriza por su abrupto relieve, que rebasa con facilidad los 2000 metros de altitud. Su presencia explica la aridez del Valle de Tehuacán, puesto que impide el paso de las nubes de lluvia hacia esa región del sureste poblano. En contraste con el valle, la vertiente oriental de la sierra está cubierta por una espesa vegetación. La Sierra Negra emergió sobre la Sierra Madre Oriental, sepultándola con su intensa actividad volcánica, aunque esta última emerge más al sur, en el estado de Oaxaca, con el nombre de Sierra Mazateca.

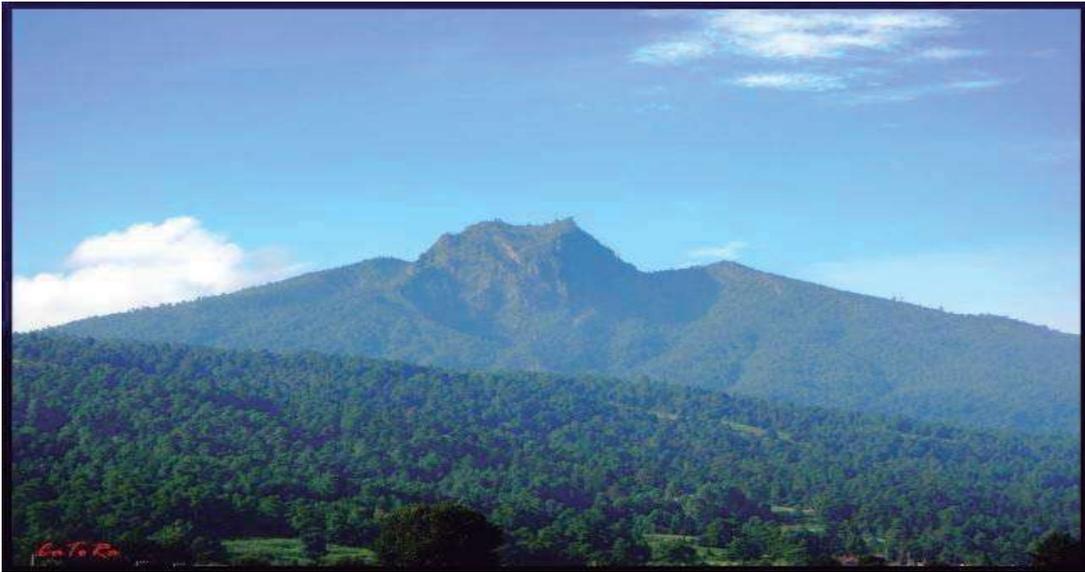
La región, la más baja de todo el país<sup>8-13</sup>, correspondiente al cauce medio del río Balsas-Atoyac, es conocida como Depresión del Balsas, la cual tiene un clima muy caluroso y vegetación de tipo subtropical, aun cuando es una extensa región con abundantes recursos hídricos, se encuentra escasamente poblada, al grado que es una de las más despobladas de todo el país, debido entre otras cosas a que se está rodeada por altas montañas. La cuenca del Balsas inicia en el valle Poblano-Tlaxcalteca, debido a que ésta es una zona de tierras altas, no se considera parte de la depresión. Al oriente, la zona está limitada por el Escudo Mixteco, que une a la Sierra Madre del Sur con el Eje Neovolcánico.

Entre la Depresión del Balsas<sup>14-16</sup> y el océano Pacífico se encuentra la cadena montañosa llamada Sierra Madre del Sur, que corre casi al ras de la costa pacífica de Jalisco, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y concluye en el istmo de Tehuantepec, se encuentra enlazada con la Cordillera Neovolcánica, la Sierra Madre Oriental y el Escudo Mixteco ó Nudo Mixteco, que es una de las zonas más antiguas del país, en torno a ella se desarrollaron notables procesos geológicos que dieron origen a las cuatro grandes cordilleras que recorren el país. Al oriente de este Escudo Mixteco, se localiza otra cadena montañosa, la Sierra Madre de Oaxaca, conocida también como Sierra de Juárez, la cual se extiende por el norte de Oaxaca y limita al norte con Veracruz. El relieve de la sierra de Juárez es abrupto, alcanza picos de más de 2000 msnm. Termina en el istmo de Tehuantepec, zona baja en donde el golfo de México y el océano Pacífico se encuentran a su menor distancia en el territorio mexicano.





El Estado de Michoacán fue dividido en cinco Provincias Fisiográficas, de las cuales la primera corresponde a la denominada El Altiplano con una superficie de 3,905 km<sup>2</sup>, donde se encuentran los valles del Balsas, que comprenden los valles de San Jerónimo, los de Turitzio, Turipécuaro (San Lucas), Huetamo y Santiago Conguripo, situados todos ellos entre las desembocaduras de los



ríos Teloloapan en el extremo oriente y Tacámbaro en el occidente. La segunda conocida como el Cinturón Volcánico Transamericano que comprende una superficie de 33,493 km<sup>2</sup> y es donde se encuentran las montañas más elevadas del Estado como es el Pico del Tancítaro con una altura de 3,850 m snm, le sigue el cerro de Patamban con 3,400 m snm, luego el cerro de Paracho con 2,200 m snm y finalmente el volcán Paricutín (1943) con 2,250 m snm, la Depresión del Balsas-Tepalcatepec es la tercera Provincia que comprende una extensión de 7,423 km<sup>2</sup> y en donde domina el bosque tropical caducifolio; la cuarta es la Sierra Madre del Sur con 13,929 km<sup>2</sup> región conocida como sierra de Coalcomán, la cual es compartida por los municipios de Chinicuila, Coalcomán, Aguililla, Tumbiscatío y Arteaga; es una de las regiones más incomunicadas del Estado en la que después de cruzar el río Balsas, entra al occidente del Estado de Guerrero y finalmente la quinta es la Planicie Costera las cuales son llanuras aluviales de escasa extensión en forma discontinua, separadas en donde la Sierra Madre del Sur penetra al mar, cubre una superficie de 782 km<sup>2</sup> con una amplitud media de 3 km y una altitud de 60 m que comprende una angosta faja que va desde la desembocadura del río Coahuayana hasta la desembocadura del río Balsas en los límites naturales con los Estados de Colima y Guerrero.



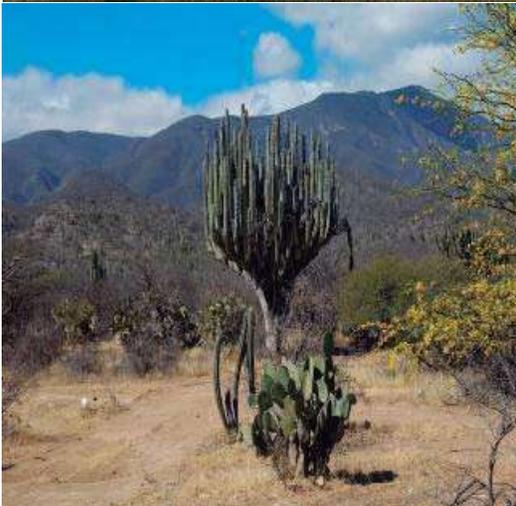
En la República Mexicana, la Depresión del Balsas conforma una amplia zona de alta riqueza de especies vegetales, entre las que se encuentran las familias de las Agavaceae<sup>17</sup> (*Agave karwinkii* Zucc. donde es parte importante de la estructura de la zona del valle de Tehuacán-Oaxaca); Bromeliaceae<sup>18,19</sup> (*Annanas comosus*, la piña, originaria del Brasil, cultivada en México, annanas significa para los brasileños fruta excelente)<sup>20</sup>, las Asteraceae (inflorescencias del *Senecio salignus* consistentes de conjuntos con numerosas cabezuelas, de color amarillo, popularmente conocido como chilca, flor de dolores, higuera, jara, jara mexicana, jarilla; yescha en mazahua en el Estado de Michoacán como it oksini, thojteni, toksini en purhépecha ; en el Estado de Morelos como izcatzóyatl en náhuatl, alzumihatl ; en Oaxaca: baldag shi ingol en zapoteco y en Puebla como atzumiate)<sup>21,22</sup>;





Burseraceae (árbol de la *Bursera longipes* (Rose) Standl.)<sup>23-25</sup>, Cactaceae como el *Pachycereus weberi* mejor conocido como candelabro gigante, el cual es uno de los cactus más grandes y pesados del mundo, su distribución comprende los Estados de Puebla, Guerrero y Oaxaca donde forman verdaderos ecosistemas, algunos ejemplares llegan a medir hasta 15 metros de altura, son longevos ya que algunos tienen hasta 300 años; la *Opuntia ficus-indica* L. cuyo nombre popular es el de Nopal<sup>46,47</sup>, todas las opuntias son originarias de América, viven silvestres desde el Norte de USA hasta el extremo Sur del Continente en la Patagonia, el nombre de opuntia etimológicamente evoca a la Ciudad de Opus, capital de Lócria, una antigua región de Grecia.

Las Caesalpiaceae<sup>48-50</sup> son un género perteneciente a la familia de las leguminosas que





consisten en plantas tropicales y subtropicales, su nombre hace referencia a Andrea Cesalpino, latinizado como Andreas Caesalpinus, que fue médico, filósofo y botánico de origen italiano; *Delonix regia* es el nombre científico del framboyán o flamboyán, árbol de fuego, Malinche, Chivato, Acacia roja ó Tabachín, algunas especies se cultivan como plantas ornamentales, siendo utilizada la madera de *Caesalpinia echinata* en la fabricación de cajas de violín.



El árbol del tamarindo (*Tamarindus indica*)<sup>51-53</sup> pertenece al género *Tamarindus* clasificado como monotípico, es decir que sólo tiene una especie y es una *Caesalpiniaceae* originaria de las sabanas secas del África Tropical cultivado en América y Asia. Naturalizado a lo largo de las Antillas desde México hasta Brasil, en

México se encuentra en forma silvestre en la zona costera del Pacífico en los Estados de Jalisco, Colima y Guerrero. En la República Mexicana se encuentran 826 especies de la familia *Euphorbiaceae*, de las cuales el 55.52 % son endémicas, los Estados con mayor diversidad de especies en orden descendente son: Oaxaca (271), Veracruz (245), Chiapas (238), Jalisco (230), Guerrero (181) y Michoacán (164) con más de 150 especies de la familia en cada uno, una especie ampliamente distribuida y conocida que pertenece a esta familia es la *Euphorbia pulcherrima* (Nochebuena).



*La Acacia farnesiana* (L.) Willd., pertenece a la Familia de las leguminosas y a la subfamilia de las Mimosaceae (Mimosas)<sup>54</sup>, conocido comúnmente como aroma o huisache, es un arbusto o árbol pequeño caducifolio y de tallos múltiples caracterizado por una copa esparcida y densa, ramas espinosas y flores aromáticas, nativo probablemente sólo de la costa del Mediterráneo, aunque se ha naturalizado en muchas partes de los trópicos y subtrópicos del Nuevo y Viejo Mundo en donde fue introducido. Es una especie útil para la reforestación de tierras secas degradadas; se usa en el sur de Francia, en la industria del perfume. En algunos lugares se le considera como una plaga debido a su habilidad para colonizar pastizales y otros hábitats perturbados.



El grupo formado por los géneros y *Beaucarnea* *Calibanus* cuenta con 15 o más especies que en su mayoría su hábitat se encuentra restringido a México, los cuales cubren una notable variedad de tamaños y formas. Sin embargo, el rango en el tamaño y el hábitat es sorprendente, algunas especies son árboles de 15 metros de altura características del bosque tropical húmedo, mientras que otras especies son representativas de las tierras áridas, sin embargo todas ellas no tienen tallo aéreo, ya que las hojas brotan directamente de una raíz globular gigante debajo de la tierra.

La *Beaucarnea recurvata* es el miembro del género *Beaucarnea*<sup>55</sup> de las más cultivadas, se trata de un miembro notable de los bosques tropicales estacionalmente secos de varias partes de México, principalmente en el área de la Sierra Madre Oriental, los individuos de esta especie pueden alcanzar más de 14 metros de circunferencia en la parte basal de su tronco, puede crecer en las paredes de roca verticales, en muchos casos, los tallos están cubiertos de líquenes, musgos, bromelias, epifitas y cactáceas.

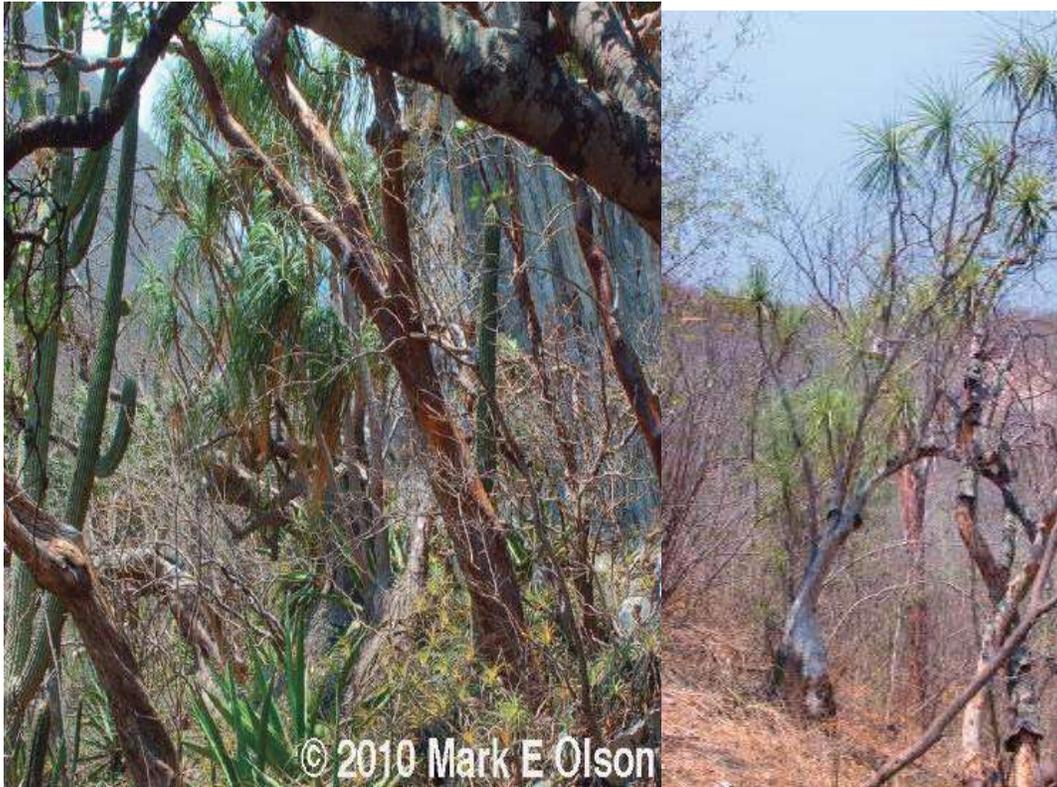


La *Beaucarnea stricta* es una especie que es menor que la *Beaucarnea recurvata*, por lo general tiene una base muy gruesa y varias ramas delgadas con penachos de hojas azulosas, al igual que muchas *Beaucarneas*, esta especie suele crecer en laderas empinadas.

Una especie Endémica del Valle semiárido de Tehuacán, es la *Beaucarnea gracilis*<sup>56-58</sup>, crece en matorrales secos tropicales, su base troncal es más estrecho, estudios recientes sugieren que *Beaucarnea gracilis* está teniendo un momento crucial en su hábitat natural, ya que son de las especies que se encuentran amenazadas debido a que están desenterrando las plantas pequeñas para utilizarlas como plantas ornamentales.



A menudo la población oaxaqueña de distintas especies de *Beaucarnea* crecen con algunas especies del género *Bursera*, tal es el caso del mulato colorado ó palo mulato, nombre vernáculo dado a esta *Bursera*, debido a la coloración rojo-anaranjado ó café rojiza de su corteza externa ó defoliación y de nombre científico caracterizado recientemente\* como *Bursera ovalifolia*<sup>59</sup>.



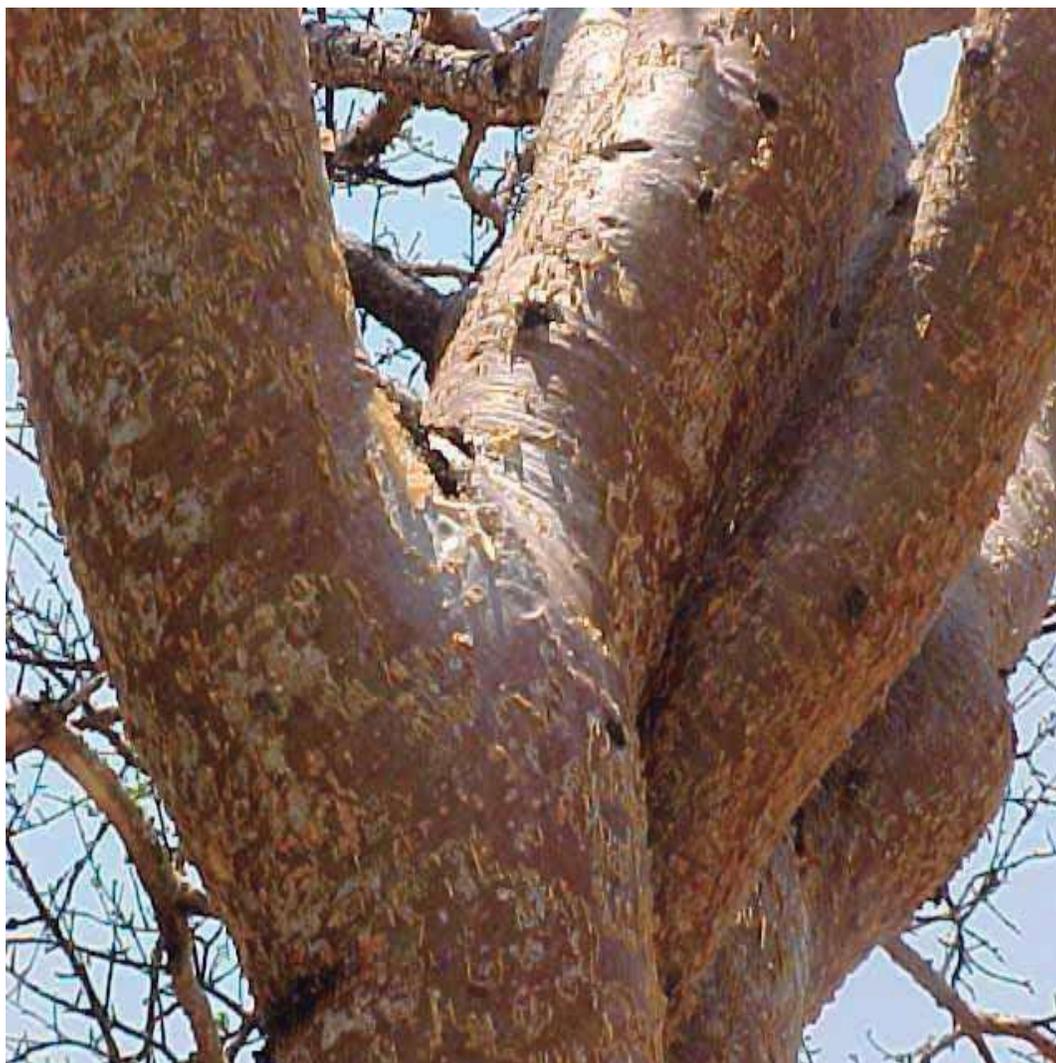
Hay evidencias que indican que las comunidades de clima seco ó árido son ricas en endemismos , por otro lado a lo largo del país se han detectado sitios con particular concentración de taxa endémicos, como la cuenca del Río Balsas ó las Sierras Madre Occidental y Oriental, como en el caso de la *Bursera aptera* Ramírez que crece abundante en la cuenca del Papaloapan y en la parte oriental del Balsas, en una zona entre los límites Estatales surorientales de Puebla y nororientales de Oaxaca, en donde los cerros



, barrancas y llanos de la depresión están cubiertos, desde los 1,800 a los 800 msnm, por encinares, palmares y cuajilotales en donde los que los matorrales espinosos, cactáceas columnares y candelabrifformes, constituyen las asociaciones vegetales características de estas zonas áridas.

La *Bursera aptera* Ramírez se encuentra entre los llamados "cuajotes amarillos" el cual constituyen el grupo más crítico y difícil en *Bursera*; es una especie que pertenece a la sección *Bursera* debido a que su corteza es exfoliante y de color beige ó ligeramente amarillenta.

El trabajo llevado a cabo en esta tesis es una continuación a los estudios que hemos venido realizando relativo a este género y comprende el estudio del aislamiento y caracterización de los componentes mayoritarios obtenidos de los tallos de la *Bursera aptera* Ramírez<sup>60-63</sup> y la comparación de los resultados con los Estudios químicos previos realizados por otros investigadores<sup>64-65</sup> y aquellos hechos en nuestro laboratorio relacionados con especies que pertenecen al mismo grupo de los llamados cuajotes amarillos<sup>66-72</sup> y a los que recientemente se publicaron de la *Bursera fagaroides*<sup>73</sup>. Además se llevó a cabo la preparación de algunos compuestos químicos derivados del producto natural principal, como son sus productos de acetilación y mesilación respectivos<sup>74-77</sup>.



\* “Diterpenos Kaurenoides obtenidos de los extractos hexánicos de tallos y resina de cuatro especies de “Cuajotes Amarillos”.

Juan D. Hernández-Hernández, M. Magali Pérez-Vallejo, J. Camacho-Ruiz, P. Y. López-Camacho,

R. García-Íñiguez y Luisa Urania Román-Marín.

*Bol. Soc. Quím. Méx.*, Vol. 4, Número Especial, pág. 114, C/32, (2010).

XLV Congreso Mexicano de Química, Riviera Maya, Cancún, Q.R. (2010)

\*\* “Caracterización de Triterpenos en Burseraceae con fines Quimiotaxonómicos.”

Juan Diego Hernández-Hernández, R. García-Íñiguez, J. Camacho-Ruiz, Isaías Tapia Quintero y Luisa Urania Román-Marín.

3er. Encuentro Nacional Sobre Ciencia, Tecnología e Innovación en México durante la última década, Una visión crítica al futuro.

6° Congreso Estatal de Ciencia y Tecnología de Etnomedicina.

Morelia, Michoacán, Centro de Convenciones y Exposiciones de Morelia, del 1 al 3 de septiembre del 2010.

## PARTE TEÓRICA

Existe una cantidad considerable de familias de plantas, de las cuales son aislados metabolitos secundarios diterpénicos de naturaleza kaurenoide entre las que destacan las anonáceas (**Annonaceae**)<sup>78</sup> las cuales forman una familia muy bien definida y natural, de fácil distinción, consideradas siempre como un grupo primitivo de Angiospermas, e incluidas siempre en un Orden Magnoliales o Annonales basal, según varios autores. El APW (Angiosperm Phylogeny Website) considera que es, sin embargo, una familia avanzada del Orden Magnoliales y grupo hermano de las Eupomatiaceae.





Consta de 130 géneros con unas 2300 especies que se distribuyen por los trópicos del Nuevo y Viejo Mundo, hasta el norte de Australia y las islas del Pacífico. Entre ellas hay numerosos frutales, especialmente en los géneros *Annona* y *Rollinia*; la mayoría de las especies de *Annona* y todas las de *Rollinia* son originarias del Nuevo Mundo.

Las anonáceas por lo general se desarrollan en clima tropical, sólo algunas especies de los géneros *Asimina* y *Deeringothamnus* aparecen en zonas templadas de Norteamérica. En general, hay un marcado contraste entre las formas del Viejo Mundo, que tienden a ser trepadoras o de formas muy extendidas en las selvas húmedas a baja altitud, hasta los 1500 m de altura, rara vez los 2000 m, mientras que en el Nuevo Mundo tienden a ser árboles o arbustos. Algunas especies del Nuevo Mundo son árboles caducifolios que habitan las selvas bajas caducifolias. Los indígenas cultivaron cuidadosamente muchas de ellas, en Mesoamérica, los valles interandinos, Amazonia y otros lugares.

Otras frutas anonáceas del Nuevo Mundo incluyen especies de *Asimina*, *Duguetia*, *Fusaea* y *Porcelia*. Estos frutales tienen una notable diversidad y adaptación a diferentes ambientes y son un material rico para trabajos de hibridación, selección y propagación vegetativa. Los frutos tienen un alto valor nutritivo de sabores y aromas muy distintos, así como de formas y colores atractivos.



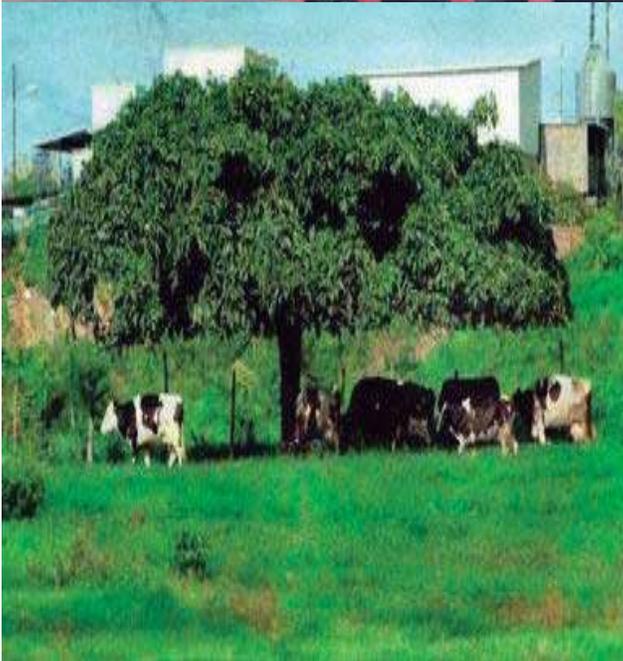
El interés económico de la familia se centra en los frutos comestibles de algunas especies como el chirimoyo (*Annona cherimolia*) cuyo fruto es la chirimoya; el guanábano (*Annona muricata*) cuyo fruto es la guanábana, la cual es oriunda del Perú y se cultiva en la mayor parte de América tropical, pero generalmente como plantas dispersas en los huertos. También se planta en Hawái, India, Filipinas y Australia. La zona de producción en el Perú es la Selva central de Chanchamayo, su fruto se representa con mucha exactitud frecuentemente en la cerámica precolombina de la costa



peruana, conforme lo testimonia la existencia de varias piezas de cerámica de la Cultura Chimú o Chimor, la cual es una cultura del Antiguo Perú surgida en la costa norte tras el decaimiento del Imperio wari entre los años 1000 y 1200 dC.

El anón (*Annona squamosa*) cuyo fruto es el anón, anona, anona blanca ó anona del Perú, es una fruta parecida a la chirimoya, con escamas exteriores muy pronunciadas, se encuentra bastante distribuida en la Región Tropical y subtropical de América Latina, principalmente en Perú<sup>79-80</sup>, Cuba, Puerto Rico y en general en la mayoría de los países centroamericanos y otras islas del Caribe





su fruto es de forma oval u ovoide que recuerda el cono de los pinos, la pulpa es blanca, afrutada y cremosa con un marcado gusto que recuerda a la canela. Esta fruta en algunos mercados su presencia no se encuentra tan extendida, sin embargo en algunos países del lejano oriente es muy frecuente.



La *Annona reticulata*<sup>81</sup> es una planta originaria de América Tropical, es un árbol frondoso que mide hasta 8 metros de altura, con la corteza lisa y café, posee hojas simples de un verde intenso, estrechas, alargadas, puntiagudas y alternas que se tornan de color negro cuando se secan. El árbol da una fruta de aspecto liso con unas ligeras prominencias, se le asemeja a un corazón, es aromática, de sensación suave y dulce y es comestible, Su uso es muy antiguo, en el que todas las partes de la planta se han aplicado en la medicina tradicional, principalmente en las zonas tropicales en las que las hojas y las semillas se emplean contra el mosquito (*Aedes aegypti*) transmisor del dengue, ya que contienen sustancias que presentan propiedades insecticidas. El Códice Florentino (siglo XVI) menciona a la *annonia reticulata* como comestible, sin indicar propiedad medicinal alguna. En la corteza de *Annona reticulata* se han obtenido principalmente metabolitos con esqueleto sesquiterpénico derivado del óxido de cariofileno y diterpénico con esqueleto kaurénico así como también estructuras de alcaloides con esqueleto isoquinolínico y estructuras con esqueleto de acetogenina. De la raíz se han identificado también los alcaloides de esqueleto indólico e isoquinolínico, las hojas contienen los sesquiterpenos de esqueleto del cadinano, elemano y eudesmano; en el fruto se ha reportado que contiene diterpenos de esqueleto kaurenico. La chirimoya de Florida, *Asimina triloba* Dun., conocida como asimina, pawpaw o banano de montaña es la única especie perteneciente a la familia de las anonáceas que vive fuera de los climas tropicales, su distribución geográfica engloba la parte este de Estados Unidos, su resistencia al frío (hasta -25 °C) permite su cultivo también en Europa, aún teniendo carácter de fruta tropical. Es un arbusto, o árbol relativamente pequeño, no más de cinco metros de altura, el desarrollo en sus primeros dos años debe ser en ausencia completa de sol directo, pero con luz, aunque la *Asimina Triloba* es capaz de fructificar en la sombra, los mejores resultados se obtienen en exposición total al sol.

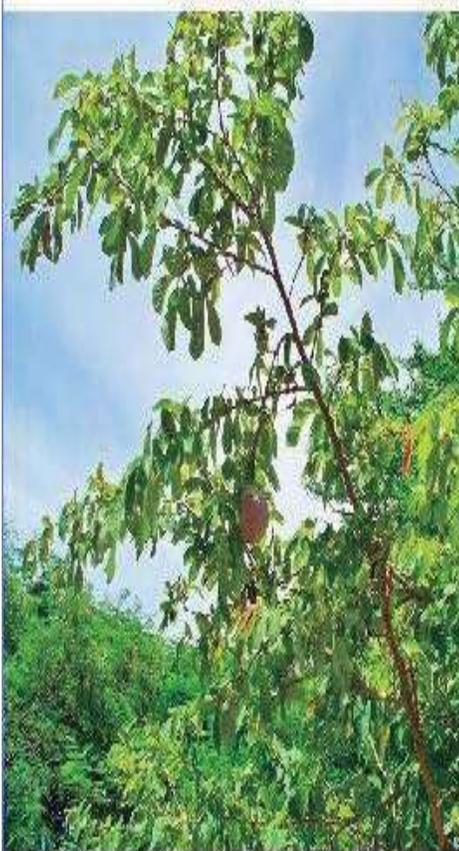


El fruto es un esferoide parecido en forma y tamaño al mango, y se suelen presentar en racimo de 2 a 11 frutos por racimo.



El anonillo, biribá o anón amazónico (*Rollinia mucosa*), es un árbol originario del occidente de la Amazonia que se desarrolla bien en zonas con temperaturas media de 20 a 24 °C sin heladas y con precipitación pluvial superior a 1.500 mm/año, en suelos fértiles, bien drenados. Es un árbol que crece de 6 a 10 m de altura, con ramas alargadas, alguna de las cuales crecen verticales,

el fruto es cónico o globoso con cáscara gruesa de color verde que cambia a amarillo cuando madura, con areolas carnosas y escamiformes, negras en el ápice, la pulpa es blanca, abundante y jugosa, de sabor dulce, pesa de 300 a 1.300 g, su tamaño es de 10 a 14 cm de altura y 6 a 16 cm de diámetro, contiene numerosas semillas, que se usan para la siembra.

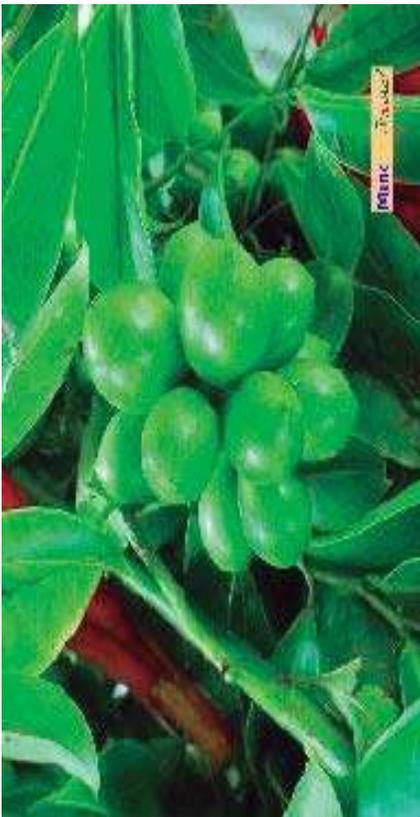


En México, en el Estado de Guerrero en la región de Tierra Caliente, existe una especie de Anonaceae bastante particular conocida comúnmente como ilama cuyo principal uso es alimenticio, aunque en estudios recientes\* se ha encontrado que las semillas son ricas en aceites no comestibles que pueden ser aprovechados como biodiesel.

Esta annonácea habita en una vegetación caducifolia y subcaducifolia de los trópicos secos y subhúmedos de Guerrero; el fruto, la semilla, las hojas y el árbol en general son muy parecidos al de las anonas y guanábanas fue identificada como

*Annona diversifolia*, la cual es común verla en los huertos familiares en las comunidades rurales, el fruto, tiene sabor muy agradable, localmente es muy apreciado e incluso se vende en mercados de la región, durante los meses de agosto a septiembre, ya que es la temporada de la producción del fruto.





Una anonácea comercialmente importante no por su fruto sino por sus flores es el ilán-ilán ó *Cananga odorata* (Lam) Hook & Thompson, la cual es una planta arbórea nativa del sureste de Asia, desde Cambodia hasta Nueva Guinea, se da también al Norte de Australia y se considera oriunda de la India, Java y Filipinas, en Malasia el nombre de la especie significa olorosa, debido a la fragancia de las flores, la primera mención a este árbol se atribuye a John Ray (1628-1705), botánico inglés, que lo llamó arbor sanguisant, luego fue bautizado como Borga cananga y Unona odorata, Guibort lo describe en su *Histoire naturelle des drogues simples* (1866) y comparó su perfume



con el del narciso. En 1884 este árbol fue introducido en la Isla de Reunión y posteriormente en las islas Tahití y Madagascar, existe aun en estado silvestre en Malasia, Indochina y la India, aún cuando algunas personas comentan que es originario de la isla de Madagascar y otras creen que proviene de Malasia, crece también en las islas Comoras, ubicadas entre África y Madagascar y particularmente en las islas de Mayotte, donde actualmente se cultiva, puesto que el clima es ideal para su crecimiento.

Comores es un Estado independiente que comprende un grupo de islas ubicadas en la entrada norte al canal de Mozambique, el cual se encuentra entre el continente africano y la isla de Madagascar.



Denominada oficialmente República Islámica Federal de las Comores, el archipiélago comprende cuatro islas principales: La Grande Comoro o Gran Comore llamada también Ngazidja, la segunda es Mohéli ó Moili, Anjouan de nombre Ndzonani y Mayotte conocida también como Mahoré. La soberanía de Mayotte es reclamada por el gobierno de la República Islámica, la isla, sin embargo,



se mantiene actualmente como dependencia de Francia. En Mayotte, llamada a veces la isla del perfume, se produce un gran porcentaje de la producción mundial de la esencia proveniente de las flores del ylang-ylang ó ilán-ilán.

Las plantaciones de Ilang Ilang cubren los campos y las suaves pendientes de esta hermosa isla.

El Ylang Ylang<sup>82</sup> es un árbol de crecimiento rápido, puesto que en condiciones óptimas llega a crecer hasta 5 m al año y cuando llega a los 12 m su crecimiento está casi

completo. Las hojas son largas y suaves y las flores crecen en el árbol constantemente, aunque son más abundantes en la estación húmeda. El fruto del Ylang-Ylang es verdoso y el interior contiene gran número de semillas. Aun antes de que se pueda distinguir visualmente el Ilang Ilang del resto de la vegetación tropical, su presencia se hace notoria por el aroma presente en el medio circundante, hecho que llama la atención. Aunque sus flores no son excepcionalmente vistosas, su aroma fuerte es inolvidable. En cierta etapa del desarrollo de la planta, será difícil reconocer a simple vista las flores, pues tienen un parecido con las hojas, lo que hace que se confundan fácilmente con el follaje, pero en su desarrollo posterior al madurar las flores, éstas adquieren un tono amarillento y cuando eso ocurre, es el tiempo indicado para su recolección.

En la isla tropical de Mayotte, el Ilang Ilang florece cuando tiene dos o tres años de edad, sus abundantes flores aparecen desde mayo hasta diciembre y cada árbol produce aproximadamente de 1 a 2 kilos de flores quincenalmente, aunque también aparecen entre los meses desde enero a abril, pero la floración decrece ya que las lluvias tropicales las dañan.



En el Continente Americano, el árbol se ha extendido a muchos países de la zona intertropical, en especial a Centroamérica y el norte de Sudamérica siendo abundante en las regiones cálidas del norte de Venezuela.

El árbol es también conocido con el nombre de cananga, en 1873 el físico francés Gal, estudió sus propiedades terapéuticas y de sus investigaciones, concluyó que era un extraordinario antiséptico, pues ayudaba a combatir la malaria, el tifus y otras fiebres, además de usarse como aceite desinfectante y curativo para problemas de la piel. También el ylang ylang ó flor de flores ó árbol-perfume, es muy apreciado debido a la esencia que produce, la cual es utilizada en la fabricación de fragancias de lujo famosas. Dicho árbol puede medir hasta 30 metros de altura, su corteza es suave y tiene grietas poco profundas, sus ramas son pendulares como las de un sauce llorón, sus hojas son grandes de hasta 20 cm, ovaladas y brillantes con el envés poco pubescente, las flores se agrupan en racimos, al principio son verdosas, pero



luego en un lapso de 20 días aproximadamente se tornan amarillas y muy olorosas. El árbol tiene flores constantemente, aunque son más abundantes en la estación húmeda. El fruto del Ylang-Ylang es verdoso y en el interior contiene gran número de semillas. Son muchas las variedades de este árbol las que se utilizan para obtener el aceite esencial, siendo aquellos arboles cuyas flores son más pequeñas las que dan un aceite de perfume más delicado. Un árbol de 5 años de edad puede producir 5 kg de flores anuales.



El aceite de ilán-ilán, destilado de las flores posee un olor intenso y es muy volátil, en el comercio es conocido como «aceite ylang-ylang» o «agua de cananga», muy apreciado en la industria perfumera por la intensidad de su fragancia , especialmente de noche, por lo que se ha recomendado plantarlo en aceras de avenidas ó bulevares debido a que el aroma de su floración funciona como desodorante ambiental; también debido al exquisito de su aroma se utiliza comúnmente en aromaterapia.

La isla de Mayotte tiene el clima ideal para el desarrollo óptimo de esta annonacea y es donde se produce la esencia, a la cual la han catalogado expertos como un producto natural de alta calidad debido a que es un aceite que le da el toque floral al Chanel N° 5, al «Aqua De Gio» de Giorgio Armani, al «Poison» de Christian Dior y al «Champs Elysee» de Guerlain, entre otros, además en esta Isla se elaboraba un gran porcentaje de la producción mundial, de la esencia, de hecho hasta antes de la década de 1960, la isla llegó tener 1.2 millones de estos árboles, posteriormente entre las décadas de 1960 y 1970 , la producción mundial descendió considerablemente debido a la aparición de las fragancias sintéticas. Por el aspecto general del árbol, también muy frecuentemente se le utiliza como una planta de ornato.



El árbol equivalente africano del ilán-ilán es el *Artabotrys hexapetalus* otros nombres sinónimos son el de *Artabotrys odoratissimus*, *Artabotrys uncinatus*, también conocido por su nombre común en la India como Manorangini, Harachampa o Kantali champa.

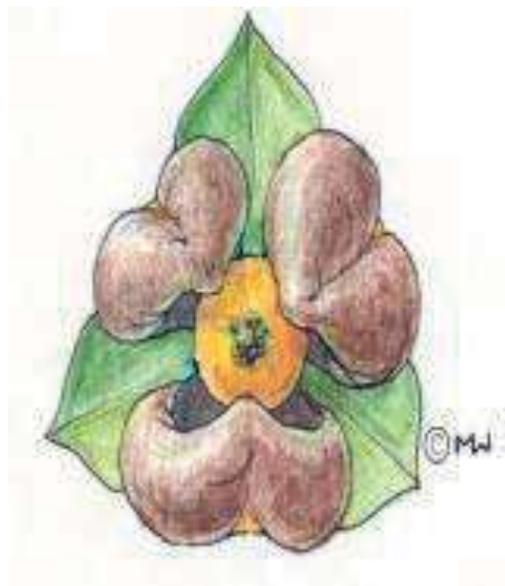
Esta especie es nativa de India y Asia Tropical, son árboles medianos de 8 a 10 m de altura, es una planta trepadora leñosa,

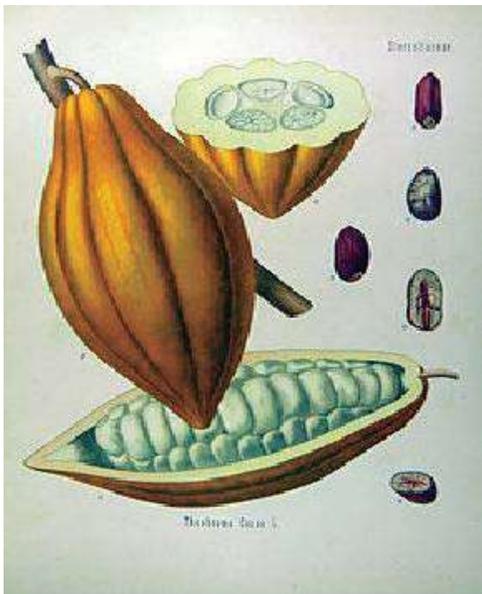
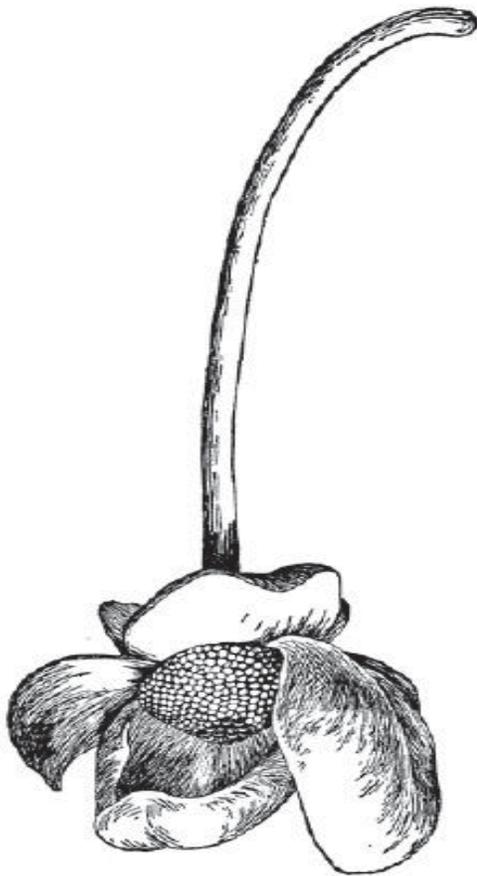


puede llegar a ser denso arbusto de hoja perenne, las flores tienen tres pétalos exteriores y tres interiores de color amarillo verdoso de ahí el nombre de *hexapetalus*, el color de las flores es verdoso y se desvanece a un color amarillo con la edad, son muy olorosas, una vez cortadas, si se mantienen en el agua, son muy duraderas y conservan su aroma durante varios días, mismo que impregna todo el espacio en el que se encuentren. La gente describe el perfume de esta flor como una combinación de limón y melón, de olor muy intenso. Las frutas son ovoides y lisas, miden de 3 a 4 cm de largo cuando están maduras.

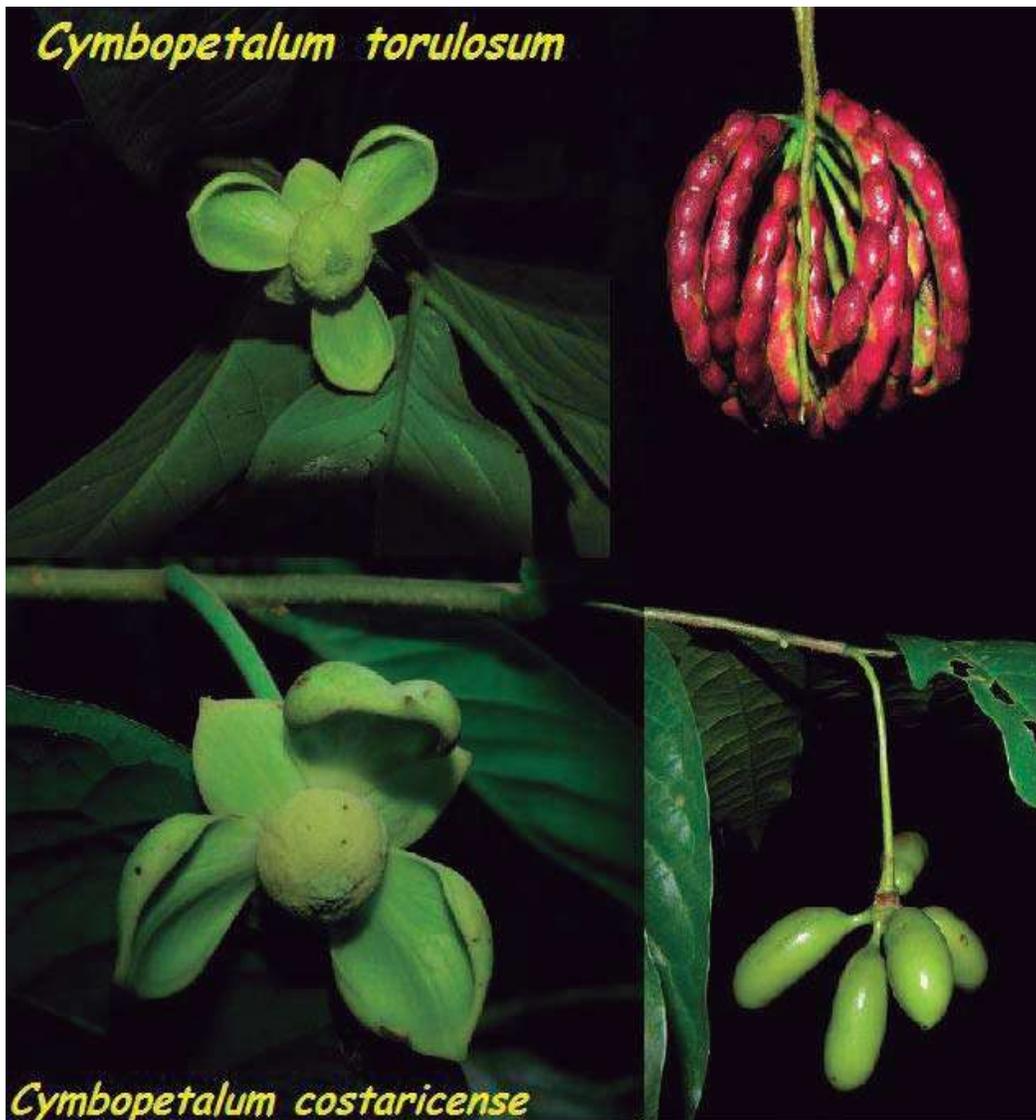


Un género que pertenece también a la familia de las anonáceas es el género *Cymbopetalum*<sup>83,84</sup>, que es un género de plantas fanerógamas que cuenta con alrededor de 38 especies, las cuales son nativas de América central y meridional, una de las especies más relevantes pertenecientes a este género es el *Cymbopetalum penduliflorum* (Dunal) Baill., que es el nombre científico de la flor sagrada de los aztecas, especie arbórea que tiene una inflorescencia muy aromática y que crece en los bosques tropicales de los Estados de Veracruz, Oaxaca y Chiapas, debido a la forma de su inflorescencia la llamaban la oreja divina, también





fue conocida como hueinacastli o xochinacastli y fue uno de los productos de más valor traídos por los mercaderes aztecas ( los pochteca ) en sus expediciones. La flor era deshidratada y luego molida, ya hecha polvo se agregaba al cacao. Francisco Hernández nos advertía, que el beber este chocolate en exceso, «embriagaba».



El género *Cymbopetalum* contaba hasta mediados de la década de 1980 con nueve especies reportadas y en la actualidad se han descrito algo más de una veintena de ellas cuyo hábitat va desde México hasta Brasil, en algunos casos las diferencias morfológicas son principalmente a nivel de los frutos ya que vegetativamente es difícil separarlos como por ejemplo el de las especies simpátricas de Costa Rica *Cymbopetalum costaricense* y el *Cymbopetalum torulosum* G. E. Schatz.

Los recientes avances en la metodología de la filogenia morfológica y, sobre todo, molecular, han permitido asegurarse de que en el árbol evolutivo de la familia de las Annonaceas existen tres ramas principales:



1) Una rama basal, formada por el género *Anaxagorea*, dedicado a Anaxágoras (500- 428 a.C.), filósofo griego cuyas racionalistas acerca del origen común de la tierra, la luna y las estrellas lo llevaron a enfrentar serios problemas con el Estado y la religión. *Anaxagorea* corresponde al género de arbolitos de las selvas del neotrópico que, pertenece a la misma familia de las anonas, guanábanas y chirimoyas.

2) Una rama formada por el «grupo *Ambavia*» (*Ambavia*, *Cananga*, *Cleistopholis*, *Mezzettia*, *Tetrameranthus*), es un género de plantas fanerógamas nativas de Madagascar con dos especies\* *Ambavia capuronii* y *Ambavia gerrardii* (Baill.) Le Thomas.



*Ambavia gerrardii*

*Cleistopholis* es un género de plantas fanerógamas con 15 especies, como *Cleistopholis albida*, *Cleistopholis glauca*, *Cleistopholis grandiflora*, *Cleistopholis patens* nativas de África occidental. *Mezzettia*, es un género de plantas fanerógamas con ocho especies, como *Mezzettia macrocarpa*, *Mezzettia parviflora* nativas de Sudeste de Asia.



3) Una rama terminal que comprende al resto de los géneros, en la que se puede distinguir dos ramas principales: una con poca divergencia molecular y géneros con pocas especies incluyendo Malmea, Piptostigma, Miliusa y Polyalthia y otra rama con más divergencia molecular.

La especie del género Malmea, *Malmea depressa* subsp. *depressa* (Baillon) R.E. Fries, mejor conocida , como elemuy, se distribuye en la vegetación



perturbada derivada de los bosques tropicales caducifolio y subcaducifolio ubicados en los Estados de Quintana Roo y Yucatán en localidades de clima cálido entre los 2 y 34 m snm , esta planta es muy apreciada por las comunidades mayas del sureste de México ya que la infusión de la raíz es usada como medicina tradicional para el tratamiento de diabetes mellitus tipo 2.

Piptostigma es un género que cuenta con 17 especies, las cuales son nativas de África occidental; las plantas del género *Miliusa* cuentan con 55 especies, las cuales la mayoría son nativas del sudeste de Asia, un ejemplo es el de *Miliusa velutina* Hook es un árbol de mediana altura que habita en las comarcas que se extienden desde Nepal hasta el río Ganges; en la India central, en el distrito de Godaveri y en Birmania.



*Polyalthia* es un género que cuenta con más de 250 especies, muchas de ellas son árboles ornamentales de jardines no muy extensos ya que el árbol es vistoso debido a que su tronco se mantiene oculto por las largas hojas dirigidas hacia abajo, de muchas especies de este género se han aislado derivados estructurales diterpénicos tipo ent-kaurenoides como es el caso de la *Polyalthia sclerophylla*<sup>85</sup>, árbol nativo de muchos países del sureste de Asia. Existe una

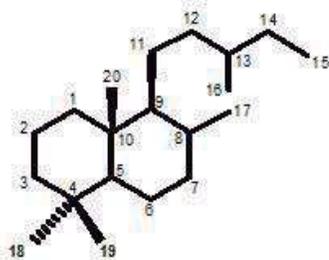
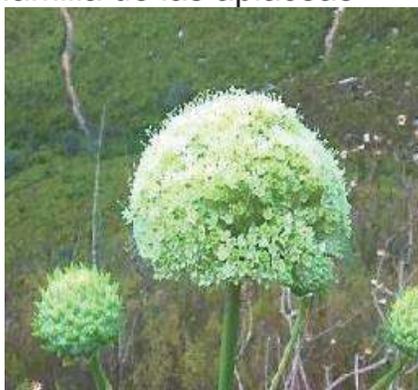


gran variedad de plantas de la que se han aislado estructuras diterpénicas tipo ent-kaurenoide como las Asteraceae que muchas de ellas son ricas en diterpenos de este tipo, un ejemplo de ello es el de los frailejones de la familia Asteraceae y subtribu Espeletiinae, los cuales han quedado clasificados en el género *Espeletia*.

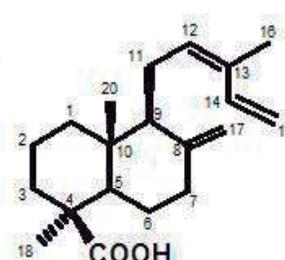
Sin embargo, hoy en día la subtribu se ha dividido en ocho géneros *Carramboa*, *Coespeletia*, *Ruilopezia*, *Espeletia*, *Espeletiopsis*, *Libanothamnus*, *Paramiflos* y *Tamania*, de ellos los cinco últimos géneros se encuentran en Colombia.

Los frailejones son plantas estrictamente suramericanas, presentes sólo en los altos Andes de Venezuela, Colombia y Ecuador, son plantas de alta montaña, con hojas arrosetadas muy pubescentes y con flores diminutas.

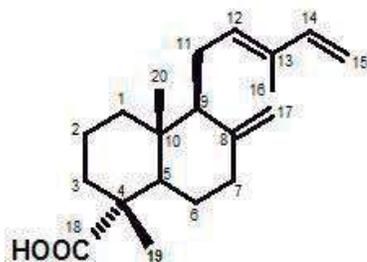
El país más rico en géneros y especies de frailejones es Venezuela. También hay una gran concentración de especies en la cordillera Oriental de Colombia, en donde los géneros *Espeletiopsis* y *Espeletia* se concentran en territorio colombiano, en los departamentos de Arauca, Boyacá y Santander, sólo una especie entra a Ecuador, donde se encuentra confinada a los páramos de la parte norte de ese país. Hasta el presente se conocen 75 especies para *Espeletia* y 25 para *Espeletiopsis*, donde 66 especies de *Espeletia* y 20 especies de *Espeletiopsis* son endémicas de Colombia, por otro lado los componentes más característicos de las Umbelíferas son las cumarinas y los terpenoides y de éstos la presencia de diterpenos es relevante como por ejemplo se han identificado las estructuras de los ácidos comúnicos cis y trans (II y IV) y sus correspondientes epímeros en C-4 (III y V) con esqueleto tipo labdano (I) aislados de *Hermas villosa*, planta perteneciente a la familia de las apiáceas



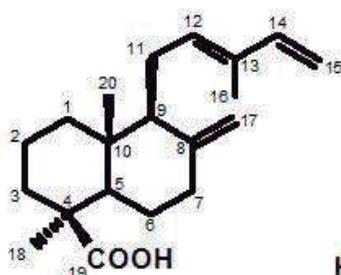
I



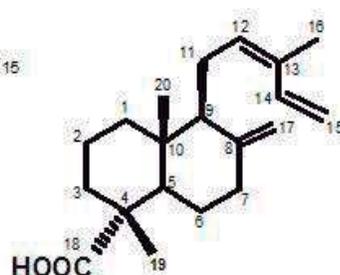
II



III

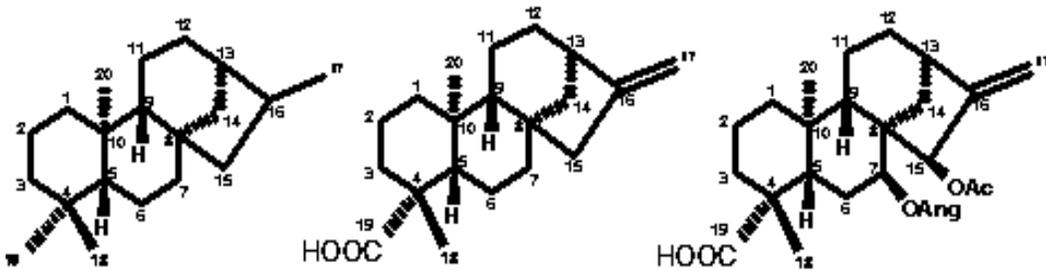


IV



V

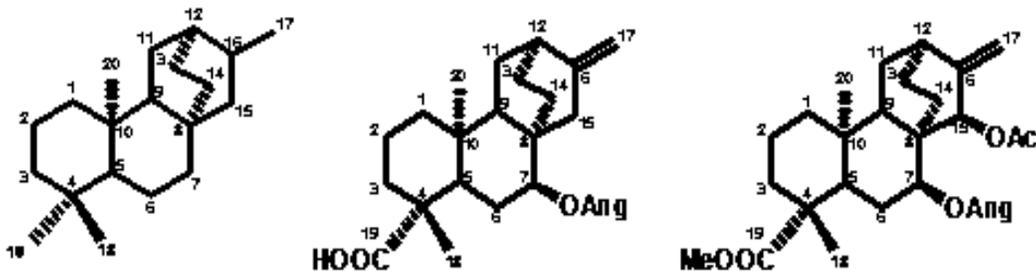
De *Elaeoselinum*<sup>86-90</sup> *gummiferum* ó *Margotia gummífera* una apiaceae , se aisló el ácido ent-kaur-16-en-19-oico (VII) y el ácido isomargotianoico (VIII), estructuras que poseen esqueleto de ent-kaurano (VI) y también se aislaron el ácido gummiferólico (X) y la mergotianina (XI) ambos diterpenos con esqueleto de ent-atisano (IX) y del *Elaeoselinum foetidum* Boiss. planta que habita en pinares y matorrales degradados al Norte de Marruecos, se han obtenido los diterpenos (XII, XIII y XIV).



VI

VII

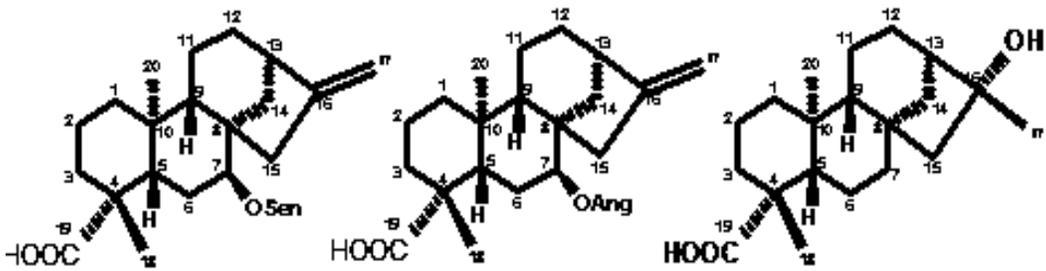
VIII



IX

X

XI

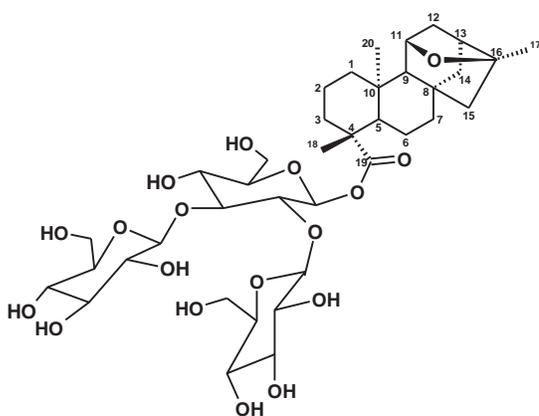


XII

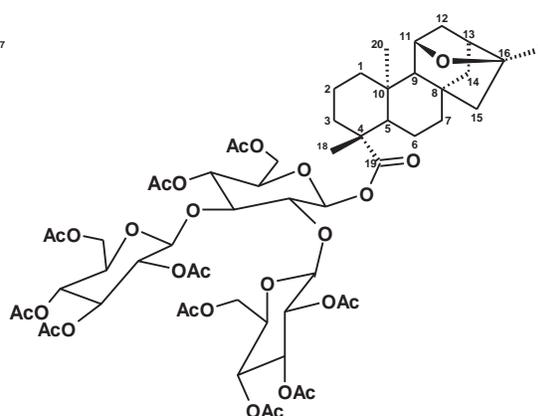
XIII

XIV

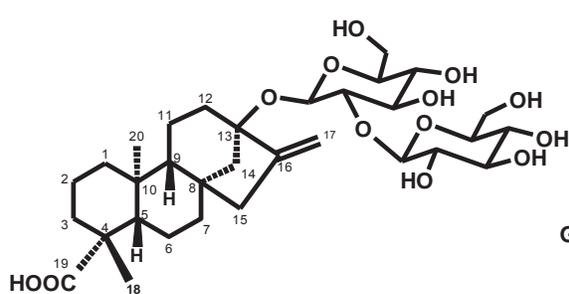
De las hojas de la *Stevia subpubescens* Lag.<sup>91</sup> una Asteraceae, se aisló un glicósido diterpénico tetracíclico, cuya estructura mostró una aglicona ent-kaurenoide con tres unidades de azúcar al que se le llamó subpubescensósido (XV) de este glicósido se preparó su respectivo derivado peracetilado (XVI) mediante una acetilación en condiciones estándar. También se han obtenido glicósidos dulces (XVII a XXII) de los cuales (XVIII y XX) son los glicósidos que se usan como sustitutos del azúcar debido a su alto poder edulcorante y bajo contenido calórico.



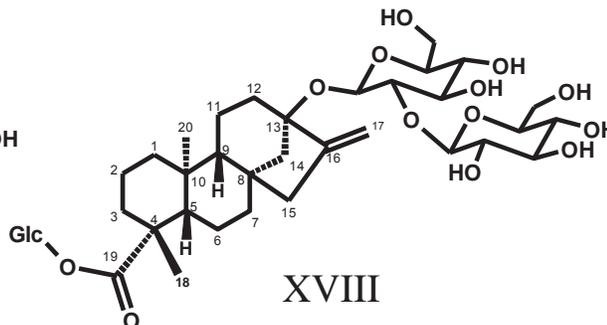
XV



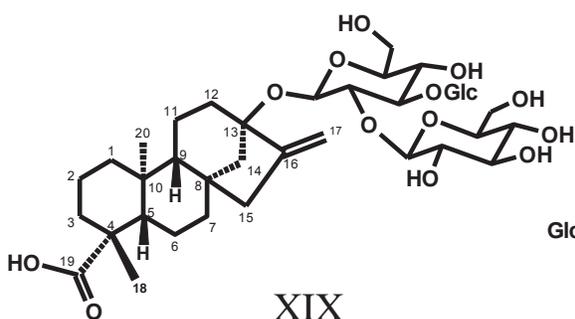
XVI



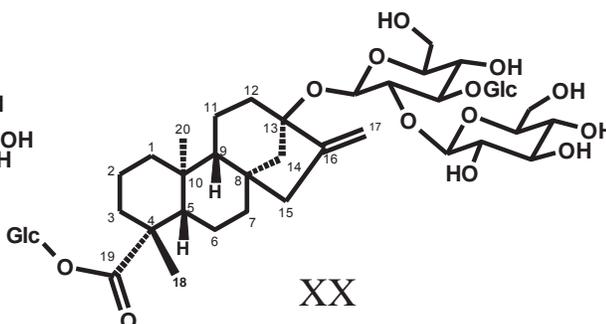
XVII



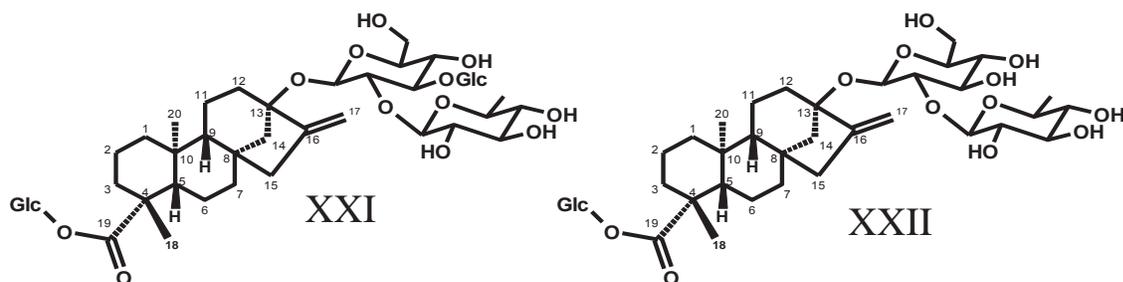
XVIII



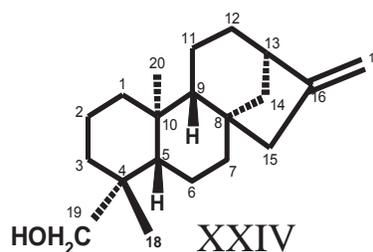
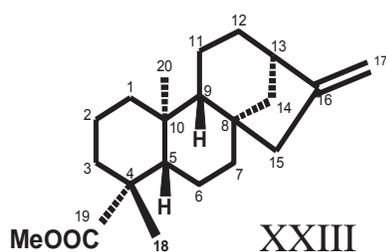
XIX



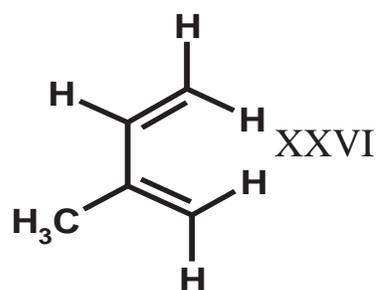
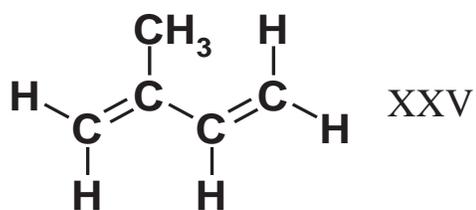
XX



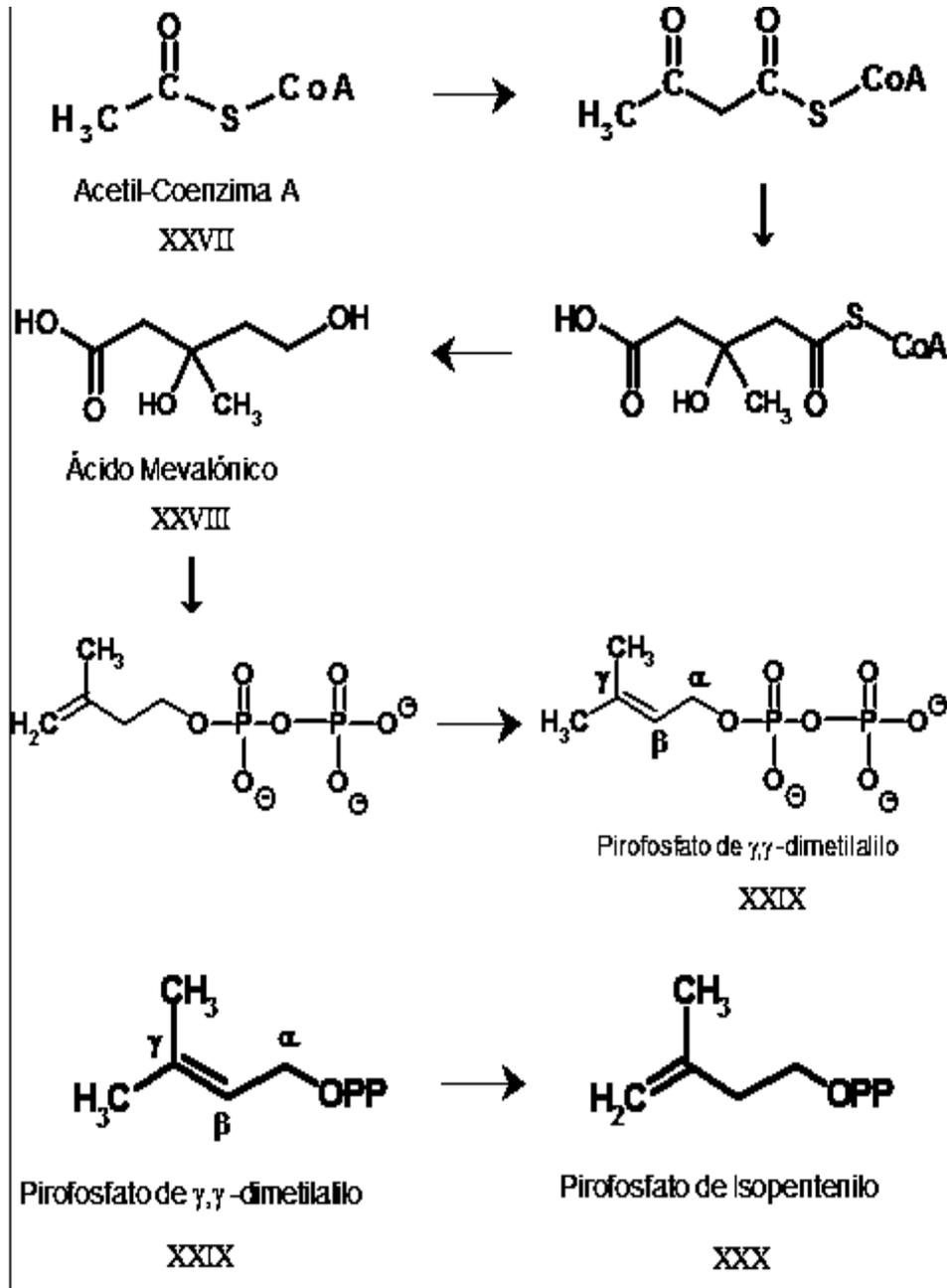
De la resina que exuda la *Bursera fagaroides* HBK y de las flores de *Montanoa grandiflora* DC se aisló el ácido ent-kaur-16-en-19-oico (VII)<sup>92</sup> y a partir de este ácido se obtuvo su respectivo éster metílico (XXIII) con diazometano recién preparado y mediante la reducción con hidruro de litio y aluminio en éter anhidro del respectivo éster metílico se obtuvo el alcohol primario correspondiente (XXIV).



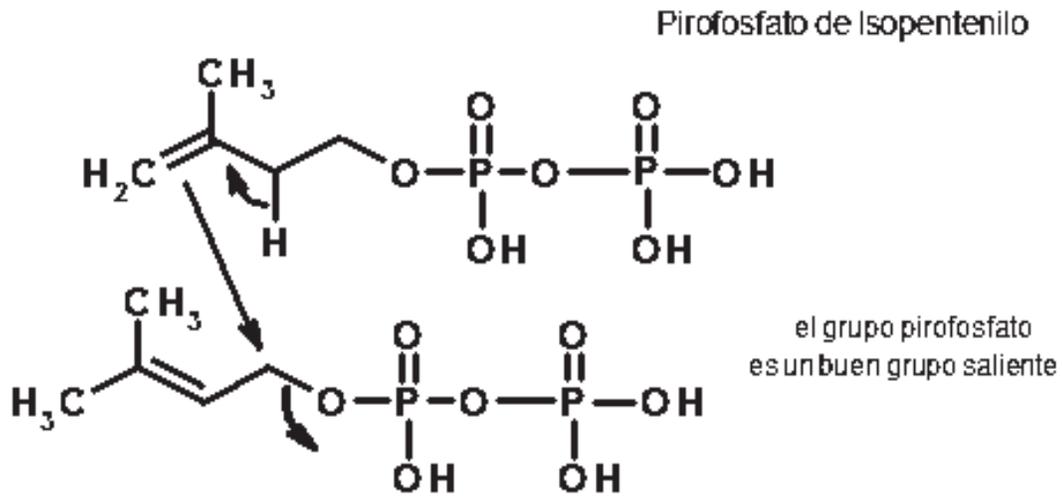
Es importante considerar la Biogénesis de las estructuras diterpénicas<sup>90</sup> tetracíclicas y en particular las del tipo ent-kaurenoide considerando las formas cis (XXVI) y trans (XXV) del isopreno ó 2-metil-1,3-butadieno.



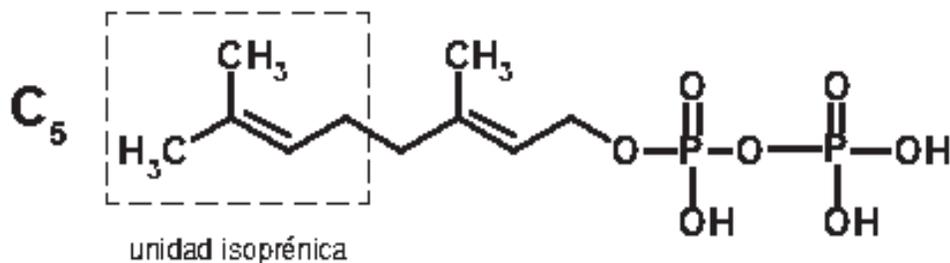
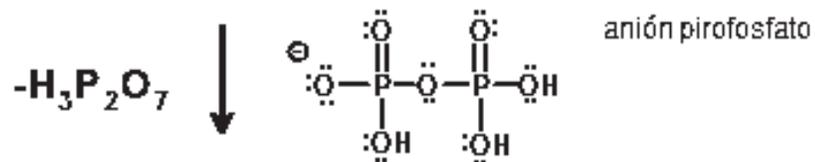
Una de las vías del metabolismo secundario de plantas es la que involucra la Regla del Isopreno Biogenética, la cual fue experimentalmente comprobada mediante el uso de la acetil coenzima A (XXVII) marcada con  $^{14}\text{C}$ , transformada al ácido mevalónico (XXVIII) y posteriormente al pirofosfato de  $\gamma,\gamma$ -dimetilalilo (XXIX), el cual puede isomerizarse al Pirofosfato de isopentenilo (XXX).



Luego el pirofosfato de  $\gamma$ ,  $\gamma$ -dimetilalilo (XXIX), es atacado por el Pirofosfato de isopentenilo (XXX) con la eliminación del anión pirofosfato en un proceso simultáneo para dar el pirofosfato de geranilo (XXXI), que da origen a los Monoterpenos, los cuales son estructuras terpénicas con esqueleto de diez átomos de carbono.



Pirofosfato de  $\gamma$ ,  $\gamma$ -dimetilalilo

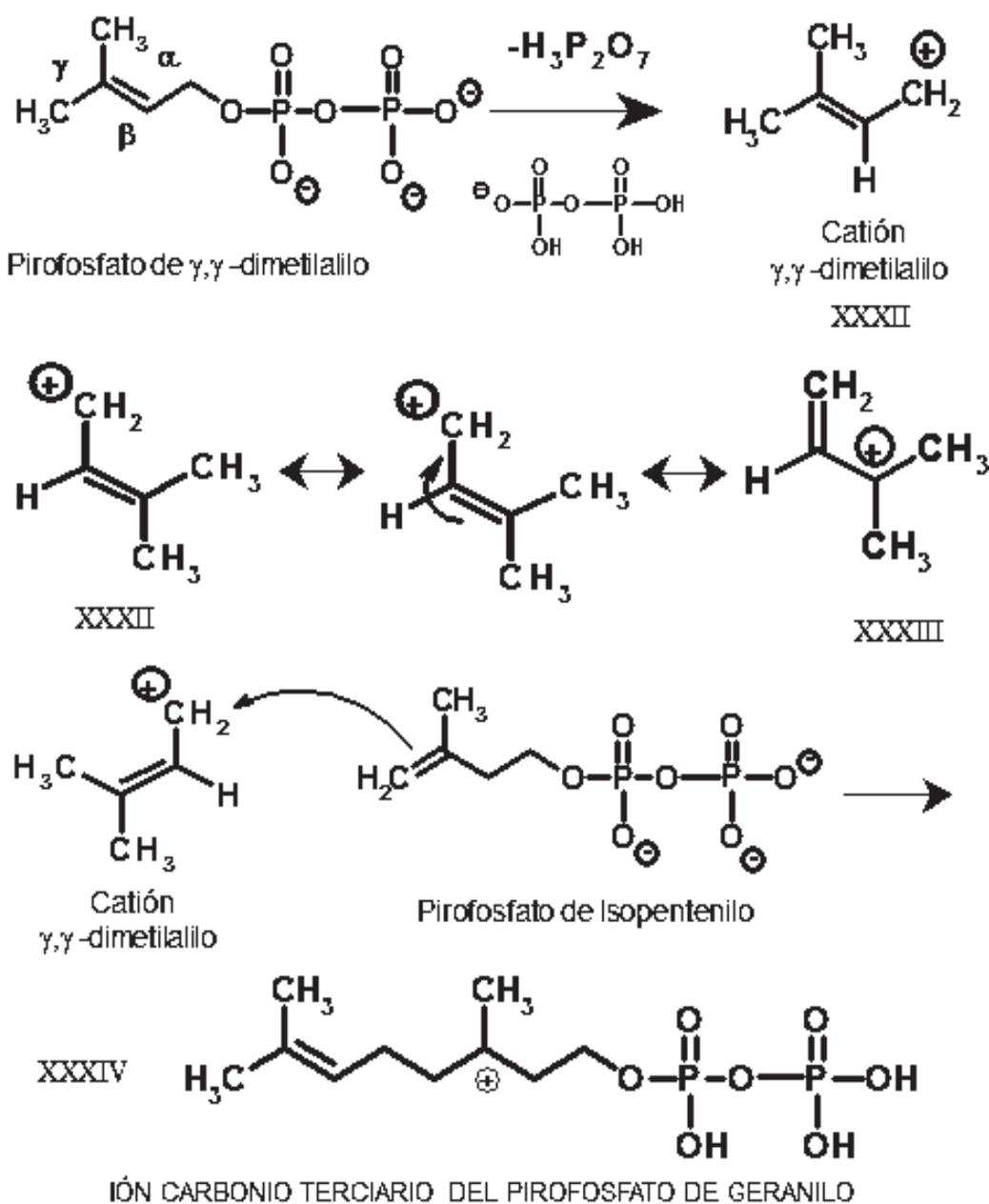


XXXI

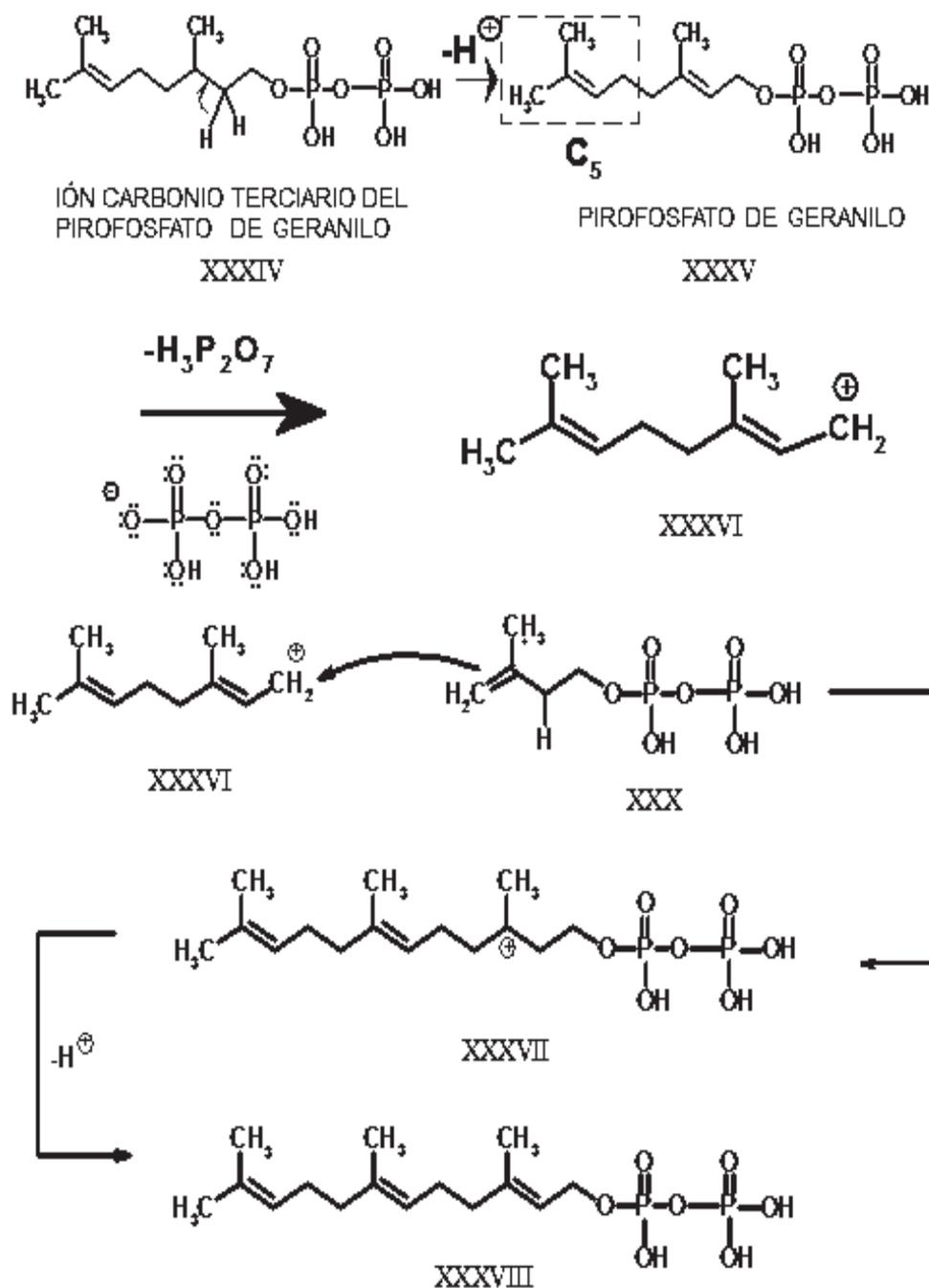


MONOTERPENOS  $\text{C}_{10}$

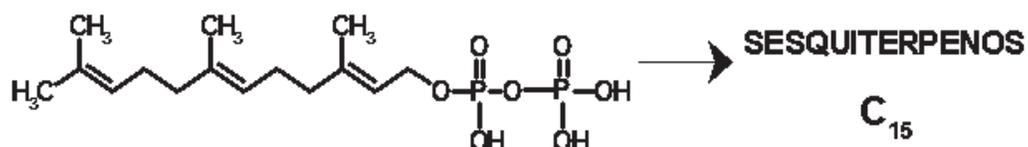
Puede ocurrir que el pirofosfato de  $\gamma,\gamma$ -dimetilalilo (XXIX), elimine el anión pirofosfato antes de ser atacado por el Pirofosfato de isopentenilo (XXX) dando origen al catión  $\gamma,\gamma$ -dimetilalilo (XXXII), catión estable por ser alílico y del que se representa una estructura canónica de resonancia (XXXIII). (XXXII) es atacado por el Pirofosfato de isopentenilo (XXX) para dar el ión carbonio terciario del pirofosfato de geranilo (XXXIV), que se isomeriza al pirofosfato de geranilo (XXXV).



El pirofosfato de geranilo (XXXV) elimina el anión pirofosfato para dar el ión carbonio primario geranilo (XXXVI), el cual es atacado por el pirofosfato de isopentenilo para dar el ión carbonio terciario del pirofosfato de farnesilo (XXXVII) que al perder un protón da origen al pirofosfato de farnesilo (XXXVIII).

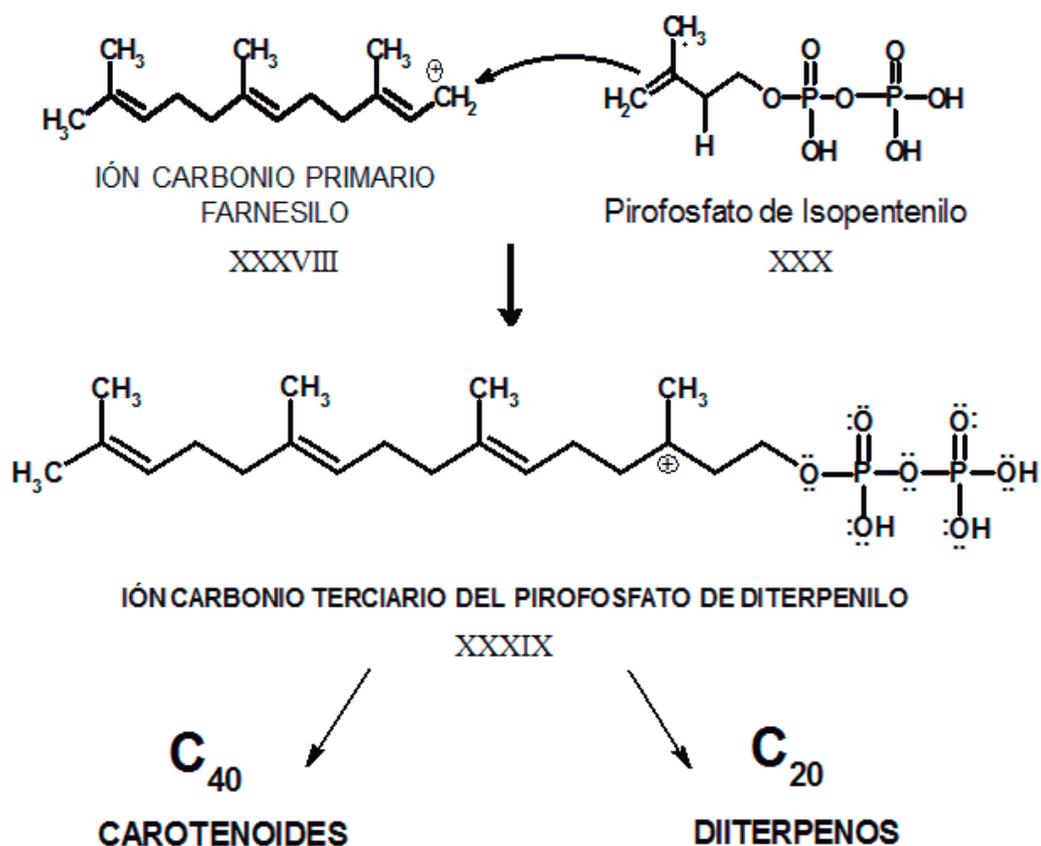


El pirofosfato de farnesilo (XXXVIII) da origen a los Sesquiterpenos, los cuales son estructuras terpénicas con tres unidades isoprénicas y un esqueleto de quince átomos de carbono.

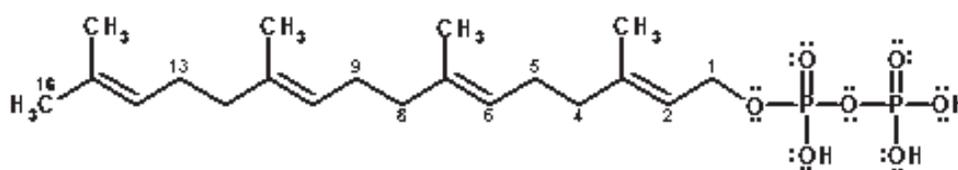


XXXVIII PIROFOSFATO DE FARNESILO

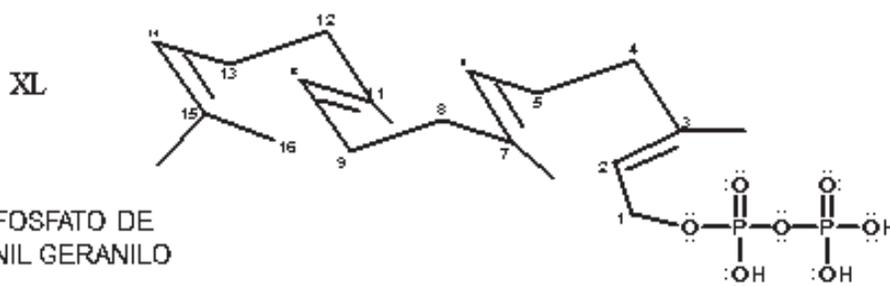
El pirofosfato de isopentenilo (XXX) ataca al ión carbonio primario farnesilo (XXXVIII) que se origina al eliminar el anión pirofosfato del pirofosfato de farnesilo (XXXVIII) obteniéndose el ión carbonio terciario del pirofosfato de diterpenilo (XXXIX) estructura cuyo estructura consta de cuatro unidades isoprénicas con un total de veinte átomos de carbono y la cual es precursora de los esqueletos diterpenoides y de los carotenoides.



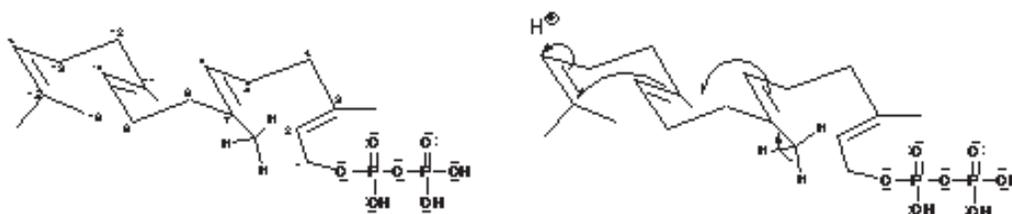
Mediante una ciclación del pirofosfato de geranil geranilo (XL) representada en el ESQUEMA I se forma el pirofosfato de copalilo (XLI) que se origina por la eliminación de un hidrógeno como protón del metilo vinílico sostenido en C-7 respecto al carbono que sostiene al grupo pirofosfato del pirofosfato de geranil geranilo (XL). Este pirofosfato de copalilo (XLI) genera el ión carbonio terciario de un sistema tricíclico (XLII) mediante el ataque de los electrones del doble enlace exocíclico en C-8 al C-14 del doble enlace  $C_{13} = C_{14}$



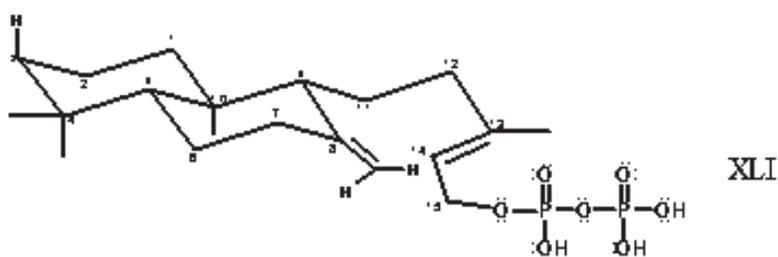
XXXIX PIROFOSFATO DE DITERPENILO



PIROFOSFATO DE GERANIL GERANILO



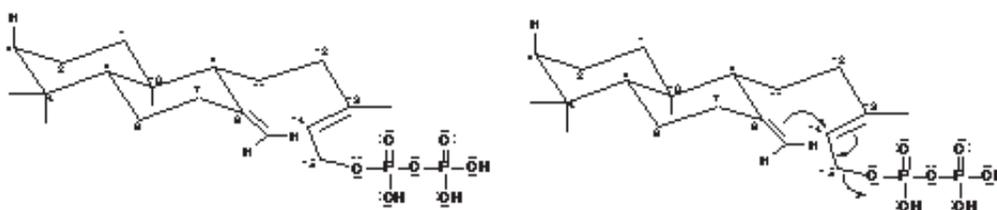
XL



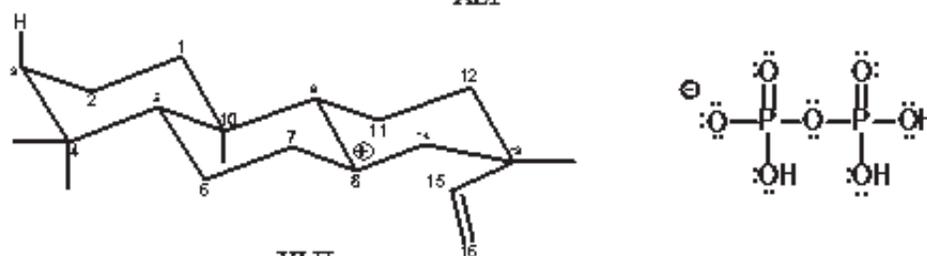
XLI

ESQUEMA I.- Ciclación del pirofosfato de geranil geranilo (XL)

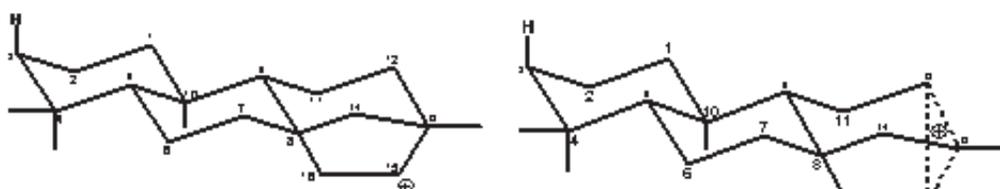
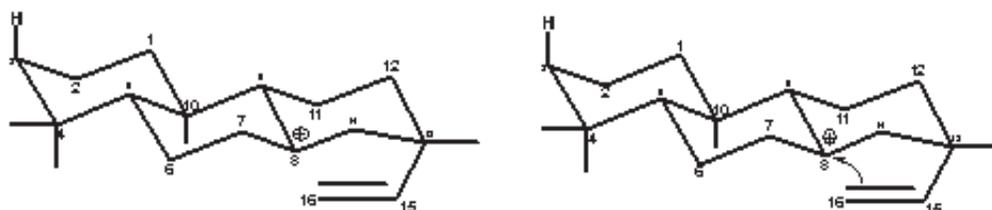
con el consecuente desplazamiento de los electrones hacia C-15, provocando la salida del grupo pirofosfato y el nuevo esqueleto formado cuya deficiencia de carga ahora es soportada por C-8; este ión carbonio terciario es a su vez atacado por los electrones del doble enlace en D<sup>15</sup> (nueva numeración), lo que origina nuevamente el ión carbonio secundario de esqueleto tetracíclico (XLIII) cuya deficiencia de carga la soporta ahora el C-15, al tipo de esqueleto tetracíclico formado se le conoce como diterpeno tipo



XLI



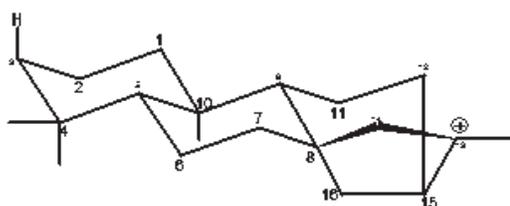
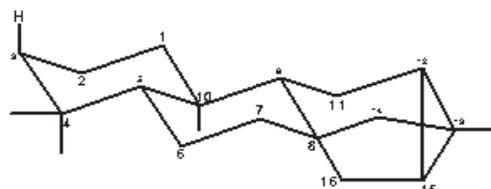
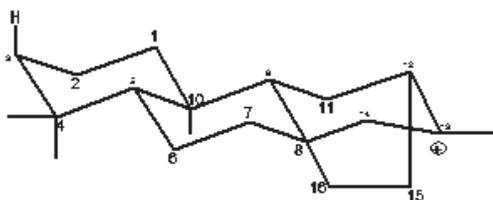
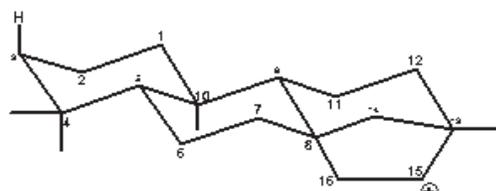
XLII



XLIII

XLIV

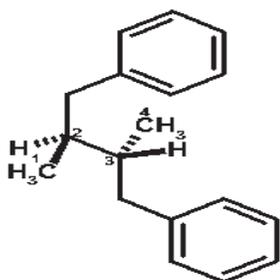
Beyarano, a partir de éste se puede generar el ión carbonio no clásico (XLIV), en el cual la deficiencia de carga se encuentra repartida entre los carbonos C-12; C-13 y C-15. Este sistema carbocatiónico no clásico puede evolucionar por rutas distintas para dar los esqueletos correspondientes a los carbocationes respectivos que generan la serie del Kaurano (XLV); Traquilobano (XLVI); Atisano (XLVII) y el Beyarano mismo (XLIII).

XLV **KAURANO**XLVI **TRAQUILOBANO**XLVII **ATISANO**XLIII **BEYARANO**

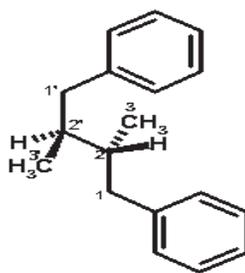
Ahora también de la resinas y tallos de varias especies de los llamados cuajotes amarillos se han obtenido estructuras lignánicas, por lo que es importante mencionar que los lignanos presentan características estructurales variadas y son consideradas derivadas



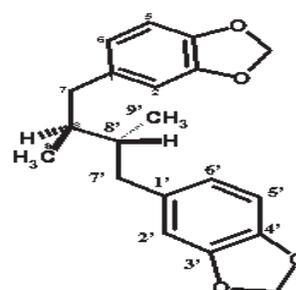
de los dibencilbutanos como la fórmula representada en su proyección de Cram XLVIII, aunque también son consideradas como dímeros de los fenilpropanos cuyo esqueleto básico es representado también mediante su proyección de Cram<sup>93-95</sup> XLIX, cabe decir que éstos en la naturaleza se



XLVIII

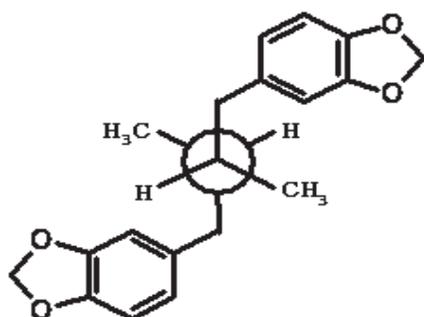


XLIX

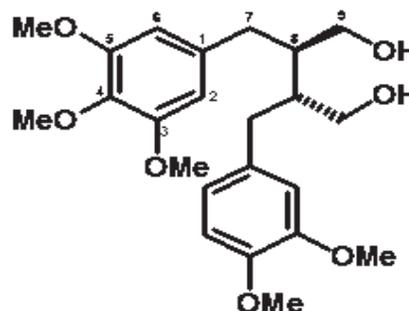


L

encuentran ampliamente distribuidos como es el caso de los austrobailignanos y más específicamente un ejemplo como el austrobailignano-5 obtenido de la *Austrobaileya scandens*, planta endémica de Australia, en el cual el esqueleto posee dos grupos piperonilo, los cuales son representados en su proyección de Cram (L) y la proyección de Newman de uno de los rotámeros alternados (LI), en el que los grupos vecinos iguales se encuentran separados  $180^\circ$  uno con respecto al otro, así también un metabolito obtenido de la Myristicaceae *Virola elongata* (Benth.) Warb. derivado de una estructura del tipo de los dibencilbutanos, es la representada en la estructura (LII), en esta estructura cabe hacer notar que los oxhidrilos fenólicos son los que se encuentran metoxilados, no así los oxhidrilos alifáticos. Esto es muy significativo ya que en la clasificación de los dibencilbutanodiolos, es precisamente a los oxhidrilos alifáticos a los que se hace referencia que se encuentran libres o sea que son aquellas en las que se encuentran oxidados los carbonos  $C_9$  y  $C_{9'}$  y no bloqueados, ya sea que se encuentren eterificados ó esterificados.

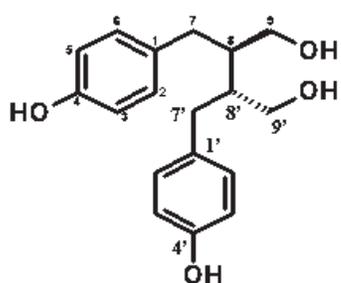


LI

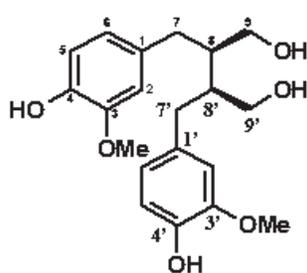


LII

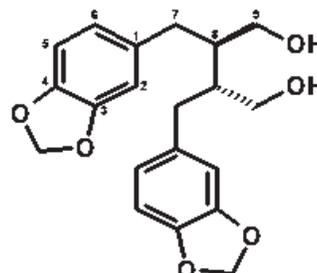
Otras estructuras derivadas de los dibencilbutanodiolos que se encuentran simétricamente disustituídos son por ejemplo el (-)- 3,3'-demetoxisecoisolariciresinol (LIII), el (-)-secoisolariciresinol (LIV) y la (-)-dihidrocubebina (LV), ésta última fue obtenida como aceite, en nuestro laboratorio como producto de la hidrólisis básica de la ariensina, componente principal obtenido de los lavados hexánicos y clorofórmicos del látex que exuda la *Bursera ariensis* HBK<sup>19</sup>.



LIII

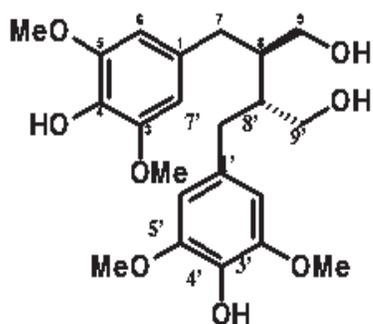


LIV

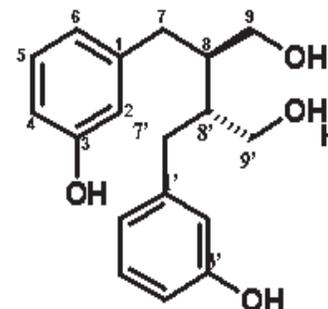


LV

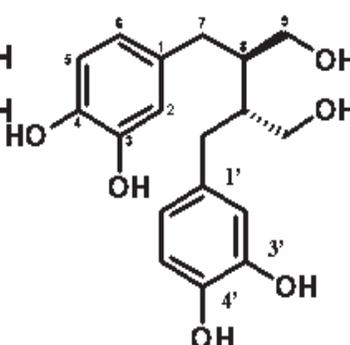
El 5,5'-dimetoxisecoisolariciresinol (LVI), el enterodiol (LVII), el (-)- 3,3'-O-demetilsecoisolariciresinol (LVIII) son algunos ejemplos que se encuentran simétricamente disustituídos en los anillos aromáticos. Además uno de los pocos ejemplos que se conocen de un meso- 2,3-dibencilbutanodiol altamente sustituido en los anillos aromáticos es el que ha sido obtenido de la corteza del árbol olong ó *Zanthoxylum heitzii*, el cual en las comunidades de los Fang que habitan El Camerún, Gabón y la Guinea Ecuatorial, todos ellos evitan usar su madera como combustible porque produce un abundante humo denso que causa molestias en la piel y los ojos.



LVI



LVII

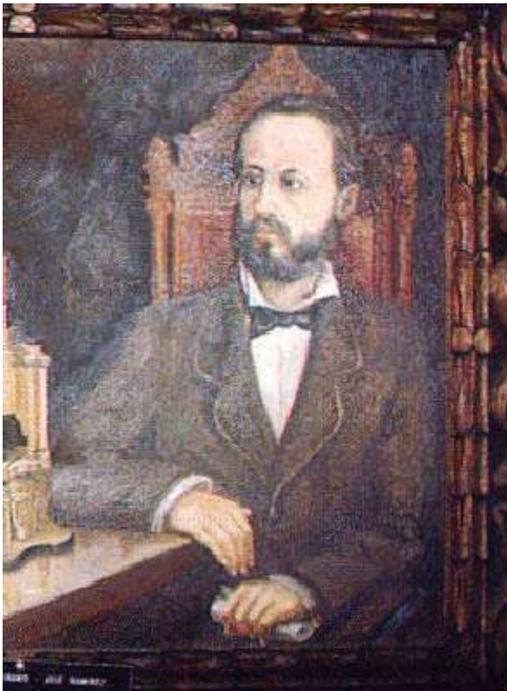


LVIII

## DISCUSIÓN Y RESULTADOS

La clasificación biológica o clasificación científica en biología, pertenece a la ciencia de la biología sistemática que es un método en el cuál los biólogos agrupan y categorizan las especies de organismos ya sean especies extintas o especies vivas y a sus diferentes conjuntos ó taxones. La clasificación biológica es una forma de taxonomía científica que se distingue de la clasificación popular, ya que esta última carece de base científica, ésta taxonomía científica no sólo admite una jerarquización de características y funciones, sino que también permite establecer un esquema de parentescos, similitudes y relaciones entre los diferentes organismos. La utilidad principal de la clasificación es que en un nivel científico exista un consenso general y casi universal para establecer un orden esquemático sobre la enorme diversidad de los organismos.

Existen ocho categorías taxonómicas principales: Dominio, Reino, Phylum, Clase, Orden, Familia, Género y Especie. El nombre de cualquier taxón debe ser seguido de la «autoridad» (o autoridades) del nombre, esto es, el nombre del autor que por primera vez publicó una



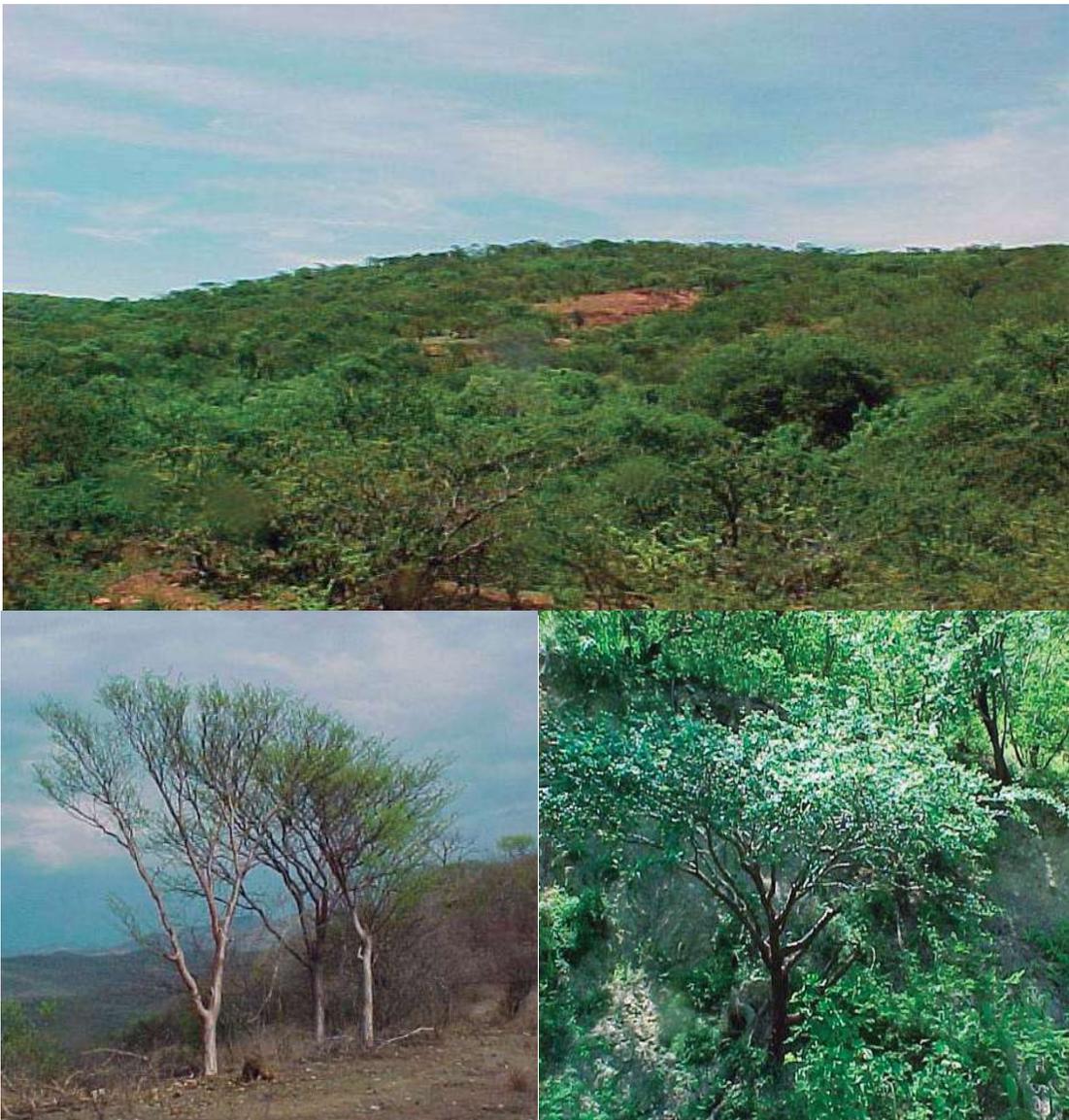
descripción válida de él. Estos nombres son frecuentemente abreviados, en botánica existe una regulada lista de abreviaturas estándar. El sistema de asignar autoridades es ligeramente diferente en las diferentes ramas de la biología, sin embargo, es un estándar que si el nombre o ubicación ha cambiado desde la descripción original, el primer nombre de autoridad es puesto entre paréntesis y el autor del nuevo nombre o ubicación se coloca detrás (usualmente solo en botánica). La planta objeto de estudio de la presente tesis pertenece al Reino Plantae;

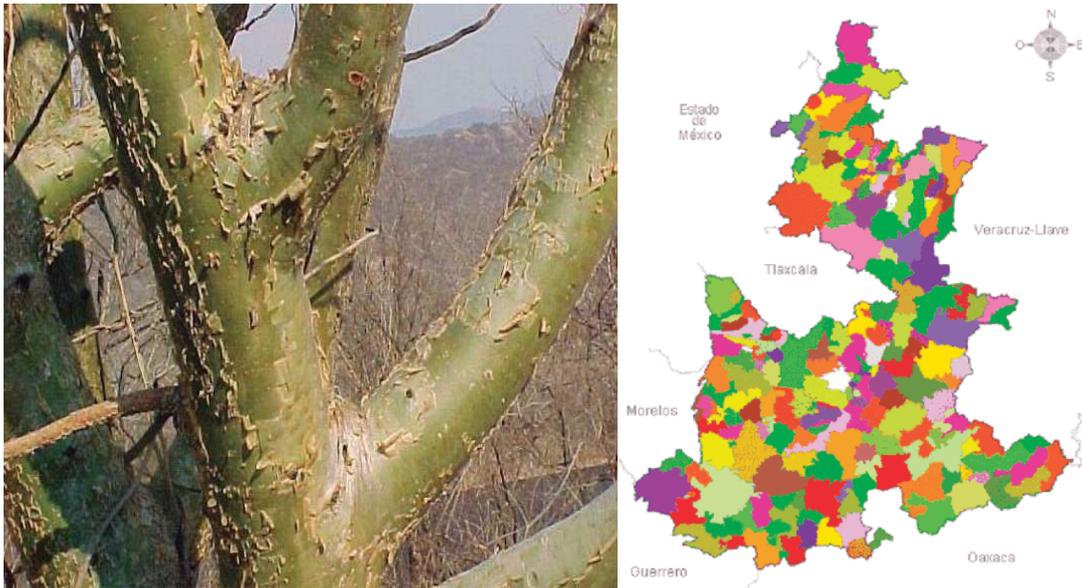
Phylum Magnoliophyta ; a la clase Magnoliopsida ; al Orden Sapindales; a la familia de las Burseraceae, al género *Bursera* y la especie es la *aptera* y la Autoridad que validó su descripción fue el Fitopatólogo, Naturista y Botánico José Ramírez (1852-1904).

Los árboles del género *Bursera* o a veces arbustos, de hoja decidua, constituyen un elemento característico no pocas veces dominante e incluso abundante de los bosques tropicales caducifolios de México, donde habitan preferentemente en altitudes desde el nivel del mar hasta los 1800 m, solamente miembros del complejo *simaruba* llegan a ser componentes de ambientes más húmedos que pueden prosperar en bosques tropicales subcaducifolios y perennifolios, varias prosperan en matorrales xerófilos y algunas llegan a ascender a elevaciones cercanas a los 2,400 msnm, penetrando en ocasiones en áreas transicionales con bosques de encino y coníferas. El género destaca tanto por el número de especies como por su abundancia, sobre todo en la vertiente del Pacífico y en la cuenca del Balsas, donde se presentan alrededor de unas 80 especies. Su distribución está estrechamente asociada con la selva baja caducifolia\* o bosque tropical caducifolio\*, que es el bosque tropical seco de mayor extensión en México. Históricamente, se ha vinculado la distribución y diversificación del género a la expansión del bosque tropical seco en el territorio nacional, en el Estado de Morelos se presentan 17 especies (Cuadro 1), aunque algunos autores listan 23 en su catálogo de la flora de Morelos. Típicamente son árboles de tamaño bajo o medio (5-15 m); el color de su corteza varía de gris a amarillo o rojo, es delgada y con frecuencia exfoliante. La gran mayoría de las especies del género son plantas caducifolias que pierden sus hojas en la temporada seca del año y en general, florecen al final de la misma



La *Bursera aptera* Ramírez, se encuentra registrada con otros nombres como *Terebinthus aptera* (Ramírez) Rose, *Elaphrium apterum* (Ramírez) , conocida popularmente como copalillo, cuajote, cuajote amarillo ,cuajote verde, cuachital y cuajote blanco, esta especie habita en los bosques tropicales caducifolios y en los matorrales xerófitos preferentemente en suelos de origen calizo en altitudes que van de los 550 a los 1950 msnm, en la Cuenca del Papaloapan crece en el mismo hábitat con la *Bursera fagaroides*, *Bursera morelensis* y *Bursera schlechtendalii*.





La *Bursera aptera* es una especie endémica de las zonas más secas de la Depresión Oriental, la que se localiza geográficamente en los Estados de Morelos



Puebla, Oaxaca y Guerrero, pertenece al grupo de los "cuajjotes" y en particular al de los "cuajjotes amarillos" por el color de la exfoliación que presenta su corteza externa, botánicamente pertenece al grupo más crítico y difícil en *Bursera*, su distribución es muy amplia y sus consideraciones taxonómicas aún no se encuentran muy bien esclarecidas.



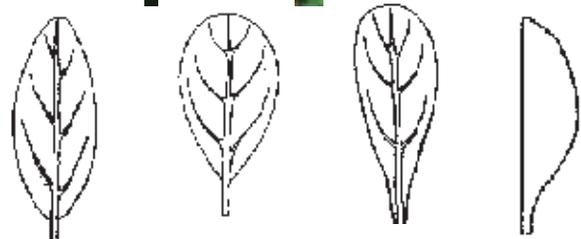
La *Bursera aptera* es una especie arbórea ó arbusto dioico de hasta de ocho metros de altura, es abundante en la cuenca del Papaloapan y en la parte oriental del Balsas, es una especie caducifolia la cual se mantiene totalmente sin hojas durante los meses de diciembre hasta abril, los brotes de las inflorescencias aparecen a finales del mes de abril ó principios del mes de mayo en los que también se desarrollan completamente las hojas, permaneciendo éstas en su desarrollo óptimo desde mediados del mes de julio hasta fines del mes de octubre y principios de noviembre y posteriormente hasta mayo es cuando se encuentran sin follaje.

Es un árbol aromático y glabro, su corteza interna es de color verde mate ó verde brillante y la corteza externa es algo amarillenta y



presenta exfoliaciones en láminas papiráceas y sus ramillas son glabras con hojas imparipinnadas con pecíolo de 0.5 cm de largo y glabro, con láminas desde 1 a 7(8.5) cm de largo y desde 0.6 a 3 cm de ancho, el raquis es sin alas y desde 7 a 15 foliolos de sésiles a subsésiles, elípticos a ovados u obovados y el ápice va de agudo a redondeado, con la base cuneada a redondeada, margen generalmente entero de textura membranácea a cartácea glabros, la nervadura principal

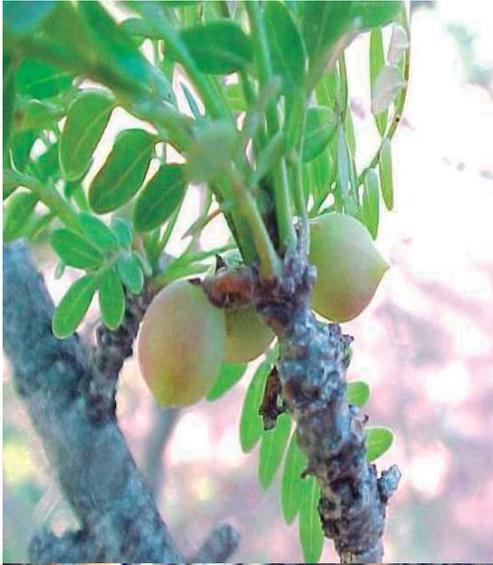
oscura y poco evidente en el haz, pero en el envés es prominente y amarillenta, las flores



ELIPTICO OBOVADO OBLANCEOLADO MARGEN ENTERO

son por lo general solitarias ó a veces dispuestas en grupos de dos ó tres, son glabras, con bractéolas triangular-acuminadas de 1 a 1.2 mm de largo, los pedicelos son también de 1 a 1.2 mm de largo; las flores masculinas son trímeras ó

a veces tetrámeras hasta 8 mm de largo incluyendo el pedicelo, los lóbulos del cáliz son triangulares y desiguales de 1.5 a 3 mm de largo, glabros, pétalos de color amarillento ó blanquecino, elíptico oblongos, con seis estambres, ápice encorvado, sus frutos son marcadamente apiculados



. La *Bursera aptera* se confunde a menudo con la *Bursera fagaroides* sobre todo cuando las plantas no tienen las hojas plenamente desarrolladas debido a que las dos especies presentan la corteza amarillenta exfoliante en láminas grandes y a que sus folíolos se parecen durante las primeras etapas de desarrollo, hasta cuando se logran las hojas maduras, ya se les reconoce fácilmente porque la *Bursera aptera* carece de raquis alado, tiene un mayor número de folíolos y su fruto es marcadamente apiculado, la corteza de la *Bursera aptera* exuda una resina cristalino blanquecina, fluida y muy aromática, que al secarse se torna endurecida, la cual queda adherida a la misma.

Todas las especies del género *Bursera* producen aceites esenciales<sup>96-105</sup> cuyas estructuras químicas pertenecen al grupo de los terpenoides, éstos son los que proporcionan a las diferentes especies que al estrujarse dan intensos y variados aromas. Tales aromas permiten por lo general separar claramente entre sí las diversas especies que conviven en una determinada localidad, sin embargo estudios llevados a cabo por nosotros han mostrado que la presencia y la cuantía de los diferentes terpenos a menudo

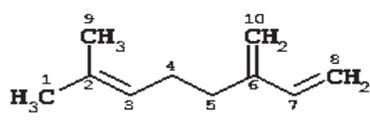
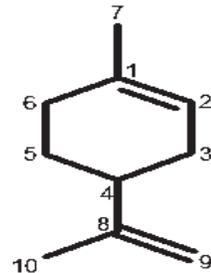
NOMBRE BINOMIAL DE LA PLANTA		
1.-	<i>Bursera fagaroides</i> HBK	{t,f,e}
2.-	<i>Bursera fagaroides</i> var. <i>fagaroides</i>	{t,f,e}
3.-	<i>Bursera fagaroides</i> var. <i>purpusii</i>	{t,f,e}
4.-	<i>Bursera fagaroides</i> var. <i>elongata</i>	{t,f,e}
5.-	<i>Bursera bolivarii</i>	{t,f,e}
6.-	<i>Bursera ariensis</i> HBK	{t,f,e}
7.-	<i>Bursera arida</i>	{t,e}
8.-	<i>Bursera aptera</i> Ramirez	{t,f,e}
9.-	<i>Bursera crenata</i>	{t,f}
10.-	<i>Bursera lancifolia</i>	{t,f}
11.-	<i>Bursera longipes</i>	{t,f}
12.-	<i>Bursera morelensis</i>	{t,f}
13.-	<i>Bursera multifolia</i>	{t,f}
14.-	<i>Bursera suntui</i>	{t,f}
15.-	<i>Bursera biflora</i> (Rose) Steandl.	{t}
16.-	<i>Bursera copallifera</i>	{t,f}
17.-	<i>Bursera bonetii</i> Rzed.	{t,f}
18.-	<i>Bursera glabrifolia</i> (HBK) Engl.	{t,f}
19.-	<i>Bursera infernalis</i> Guevara & Rzed.	{t,f}
20.-	<i>Bursera palmeri</i> S. Wats.	{t,f}
21.-	<i>Bursera paradoxa</i> Guevara & Rzed.	{t}
22.-	<i>Bursera sarukhanii</i> Guevara & Rzed.	{t,f}
23.-	<i>Bursera véjar-vazquezii</i> Miranda	{t}
24.-	<i>Bursera vellutina</i> Bullock	{t,f}
25.-	<i>Bursera xochipalensis</i> Rzed.	{t}

**Tabla I Burseras de las que hemos aislado (-)-Limoneno de los tallos (t), frutos (f) y exudados (e).**

varía más entre las poblaciones de la misma especie que entre los diferentes taxa del género, así por ejemplo el terpeno mayoritario obtenido del extracto hexánico de los tallos de la *Bursera aptera*, aislado puro por cromatografía en columna usando gel de sílice como fase estacionaria y colectado en las primeras cuatro fracciones apolares, fue el limoneno, presente en la mayoría de las *Burseras* defoliantes del grupo de los "cuajotes amarillos" y algunos de los llamados "cuajotes rojos", pero que su presencia no es exclusiva de las especies que pertenecen a este grupo ya que se ha aislado de extractos hexánicos de ramas, frutillas y exudados de especies que se encuentran "clasificadas" dentro de la sección *Bullockia*, como se muestra el listado de la Tabla I.

El estudio del aislamiento de los metabolitos provenientes del extracto hexánico de los tallos se llevó a cabo obteniendo dichos extractos provenientes de varias maceraciones hexánicas de 8 kg de ramillas cortadas en pequeños canutos. Los extractos obtenidos, una vez destilado y recuperado el hexano dieron un aceite oleoso de color verde-amarillento con una consistencia algo pastosa.

La cromatografía en columna de 8 g del extracto hexánico de las ramillas se realizó en una columna empacada con 40 g de gel de sílice-alúmina (3:1), la cual se eluyó en la modalidad de polaridad creciente, iniciando con n-hexano; las cinco primeras fracciones de naturaleza oleosa revelaron ser una mezcla de 2 componentes mayoritarios (Fig. 1), éstas se juntaron dando un aceite oleoso ligeramente amarillento y de la recromatografía de estas fracciones se obtuvo de la F-2 el monoterpene alicíclico mirceno LIX (Fig. 2) y de la F-5 fue obtenido el C<sub>10</sub> monocíclico limoneno LX (Fig. 3), caracterizados por la comparación de sus espectros de RM<sup>13</sup>C con los reportados en la literatura<sup>100</sup> (Tabla II).

	<i>Bursera aptera</i> Ramírez	Lit.
 <p>MIRCENO LIX</p>	C-1	27.7
	C-2	124.4
	C-3	131.5
	C-4	27.0
	C-5	31.7
	C-6	146.3
	C-7	139.1
	C-8	115.5
	C-9	17.7
	C-10	112.9
 <p>(-)-LIMONENO LX</p>	C-1	133.62
	C-2	120.99
	C-3	30.53
	C-4	41.02
	C-5	27.84
	C-6	30.74
	C-7	23.42
	C-8	150.12
	C-9	108.33
	C-10	20.74

**Tabla II.-** Desplazamientos químicos de los carbonos del mirceno y limoneno.



Mezcla de MIRCENO y LIMONENO de la F-2 de la Cromatografía del extracto hexánico de los tallos de la *Bursera aptera* Ramírez

L = LIMONENO  
M = MIRCENO

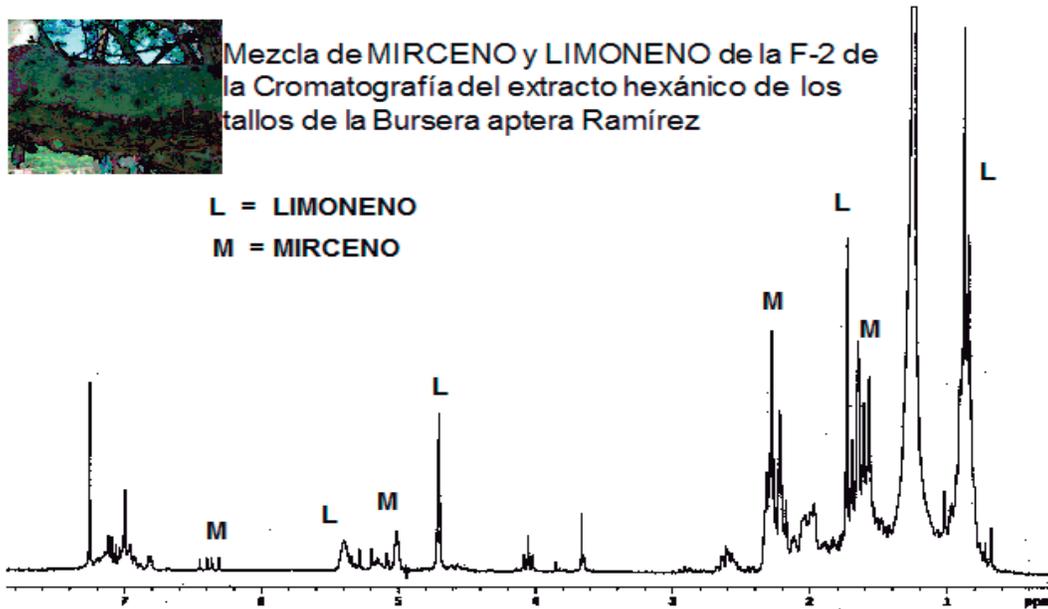


Figura 1.- Espectro de RM<sup>1</sup>H de la fracción F-2 de la Cromatografía en columna del extracto hexánico de los tallos de la *Bursera aptera*.

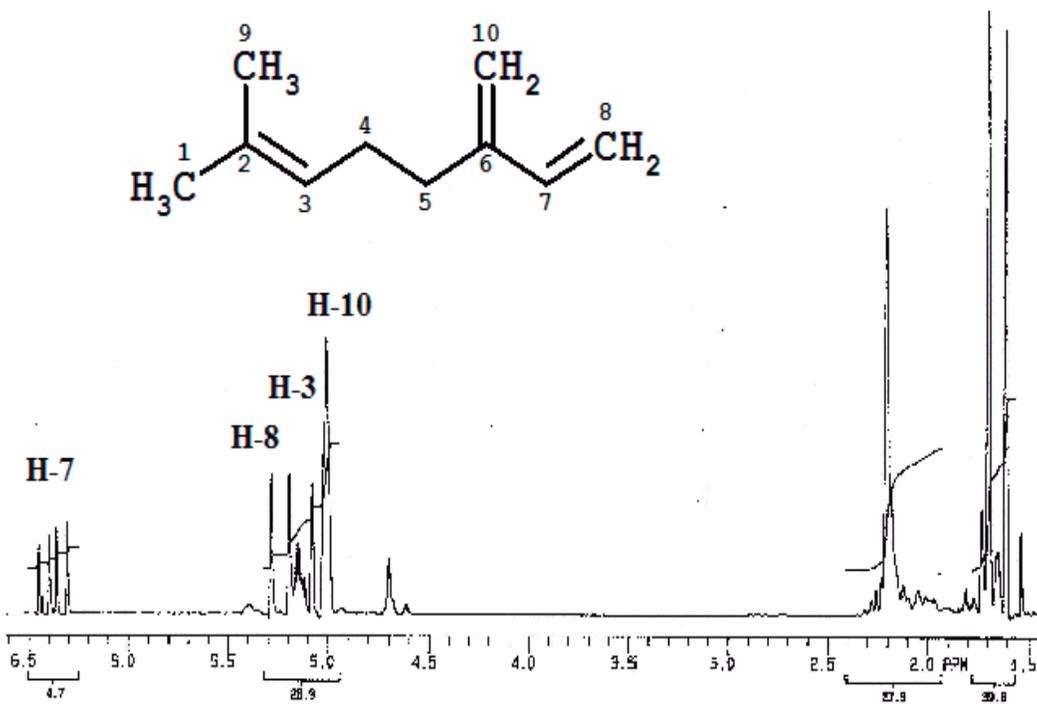
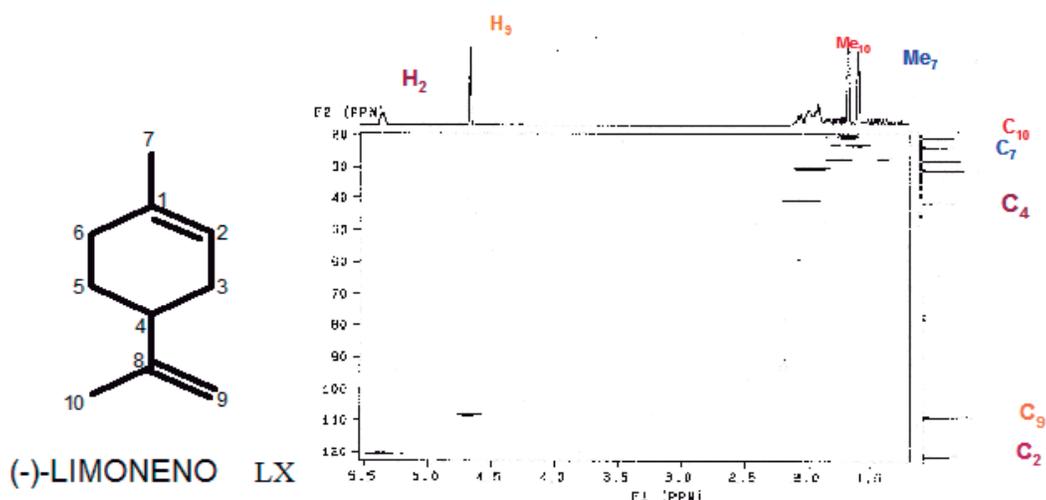
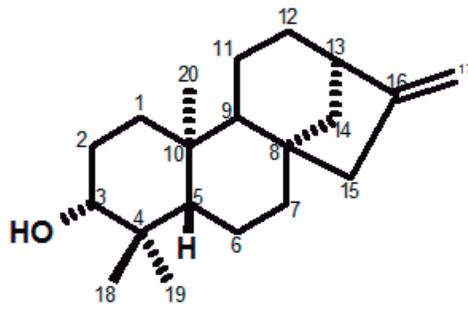


Figura 2.- Espectro de RM<sup>1</sup>H de la fracción F-2 de la Recromatografía en columna de las fracciones juntas hexánicas F-1 a F-5.



**Figura 3.- Espectro bidimensional HETCORF-5 de la Recromatografía en columna de las fracciones juntas hexánicas F-1 a F-5.**

Posteriormente fue incrementada la polaridad a hexano-cloruro de metileno 9:1 ; en los cuales se obtuvo desde la F-11 hasta la F-19 un compuesto cuyo espectro de IR mostró una banda ancha en  $2950.5\text{ cm}^{-1}$  característica de la vibración del grupo oxhidrilo y la banda en  $1021.2\text{ cm}^{-1}$  de la vibración del enlace C-O; también mostró bandas en  $1470.3$ ,  $1465.0$ ,  $1455.6$  y  $1375.7\text{ cm}^{-1}$  características de grupos metilo, se midieron las rotaciones ópticas a diferentes longitudes de onda, las cuales fueron determinadas en  $\text{CHCl}_3$  y este compuesto mostró ser dextrorrotatorio enantioméricamente puro como producto natural, dando una rotación  $[\alpha]_D + 19.0^\circ$  en la línea D del sodio; el resto de las rotaciones son mostradas en la Tabla III, su análisis espectroscópico

	ROTACIONES ( $\text{CHCl}_3$ )	
		$\text{Na}_{589}$
	$\text{Hg}_{578}$	$+ 19.3^\circ$
	$[\alpha]_{546}$	$+ 21.9^\circ$
	$[\alpha]_{436}$	$+ 40.3^\circ$
	$[\alpha]_{365}$	$+ 66.1^\circ$

**Tabla III.- Rotaciones a diferentes valores de longitudes de onda del (+)-ent-kaur-16-en-3-ol LXI**

de RMN de RM<sup>1</sup>H y RM<sup>13</sup>C en una y dos dimensiones correspondió a un diterpeno ent-kaurenoide LXI representado en el espectro de RM<sup>1</sup>H de la Figura 4 en el que mostró dos señales asignadas a los hidrógenos del metileno vinílico exocíclico en C-17, donde se pudo apreciar mediante una ampliación del espectro entre 2.6 y 4.88 ppm de la misma Figura 4 que la señal desplazada a campo más bajo es la que se encuentra más acoplada, en tanto que la señal en 4.74 ppm se muestra como una señal simple ligeramente ensanchada.

En 3.202 ppm apareció una señal doble de dobles correspondiente al hidrógeno metínico H-3 base del oxhidrilo

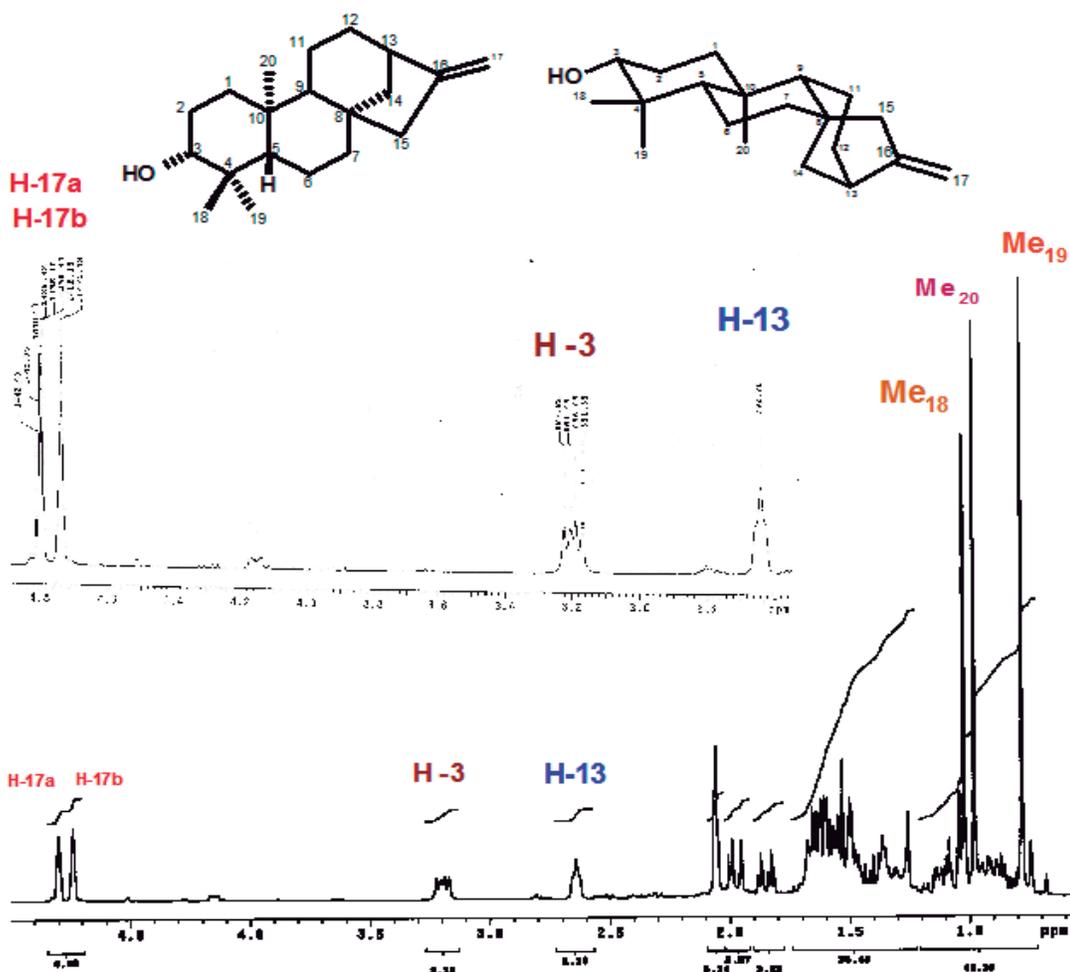
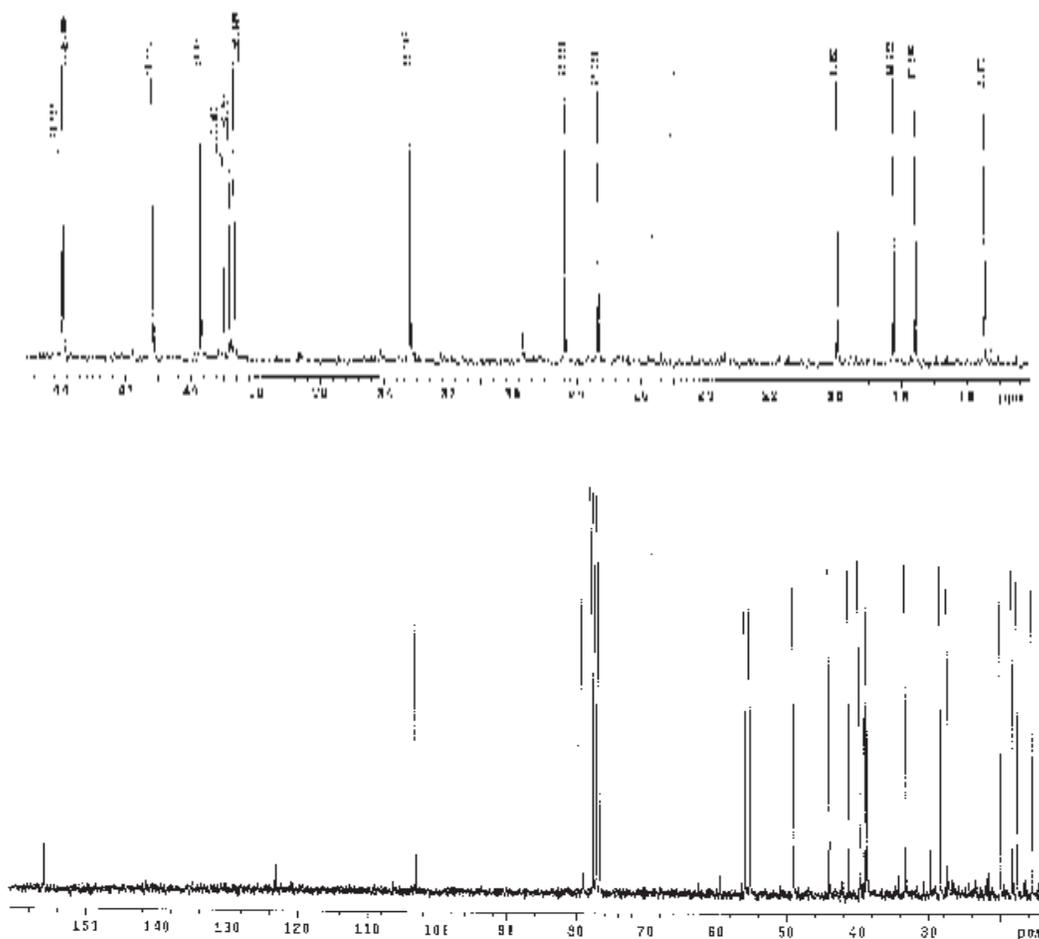
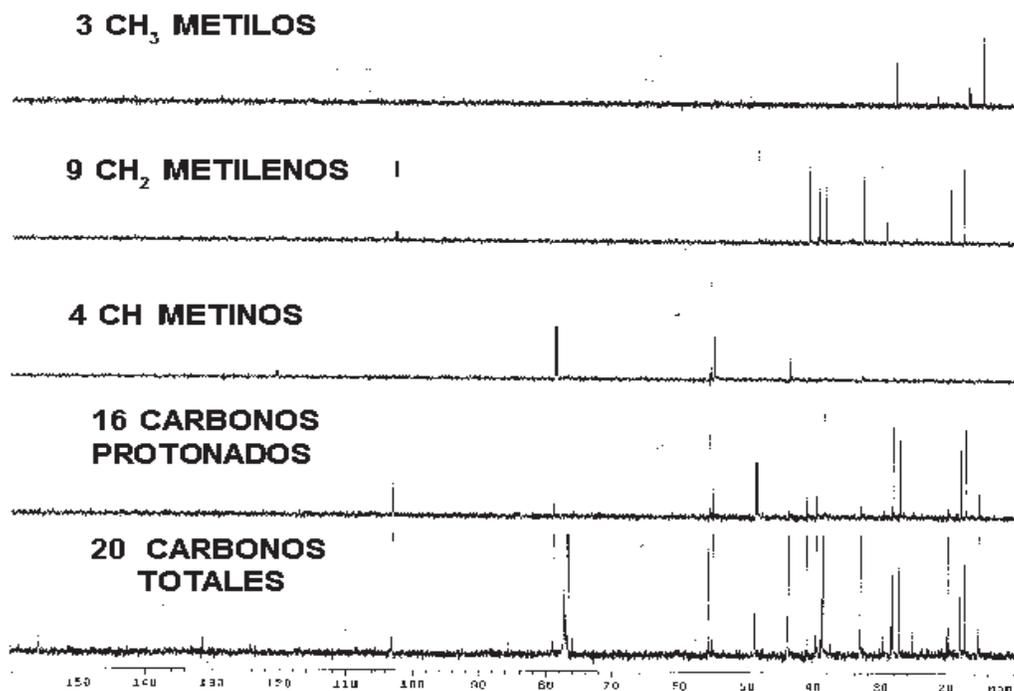


Figura 4.- Espectro de RM<sup>1</sup>H del ent-3β-hidroxikaur-16-eno LXI y una ampliación en la región desde 2.6 a 4.88 ppm obtenido de la F-14 de la cromatografía de los tallos de la *Bursera aptera*.

secundario y sus constantes de acoplamiento fueron de 11.0 y 5.5 Hz respectivamente, además la señal integró para 1H ; en 2.64 ppm apareció una señal simple ensanchada correspondiente al hidrógeno metínico H-13, el resto de las señales visiblemente interpretables es mostrada en la Figura 4 , en su espectro de RM<sup>13</sup>C de la Figura 5, en la parte inferior puede apreciarse claramente 19 señales de las veinte esperadas; en la parte superior se encuentra la expansión del espectro en la región de los carbonos *sp*<sup>3</sup> entre 15 y 45 ppm, se destaca que entre 38 y 44 ppm se encuentran siete señales, las que no se observan en esta región en el espectro de la parte inferior ya que el desplazamiento de las señales en 43.900 y 43.957 ppm se encuentran traslapadas.



**Figura 5.- Espectro de RM<sup>13</sup>C (parte inferior) y una expansión (parte superior) del ent-Kaurenol LXI obtenido de la cromatografía de los tallos de la *Bursera aptera* de la F-14**

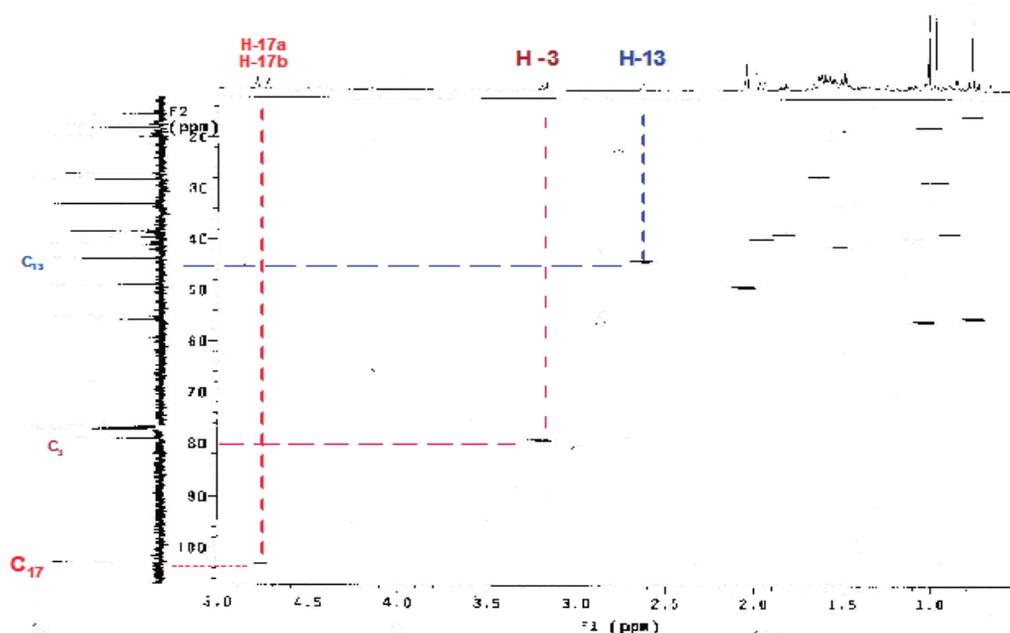


**Figura 6 .-** Espectro de RMN de  $^{13}\text{C}$  DEPT del ent-Kaurenol LXI

El espectro de RM $^{13}\text{C}$  DEPT de la Figura 6, en el barrido de la parte inferior puede apreciarse claramente la totalidad de las veinte señales esperadas para los carbonos del diterpeno ent-kaurenolide ; en el barrido siguiente de la parte superior se encuentran solo 16 señales correspondientes a los carbonos protonados, esto quiere decir que la diferencia respecto a los carbonos totales indicaron la presencia de tan solo cuatro carbonos cuaternarios, de los cuales uno de ellos se encuentra en la región de los carbonos vinílicos  $sp^2$  desplazado en 155.6 ppm y los otros tres correspondieron al carbono C-4 que sostiene al gem-dimetilo y a los carbonos del cierre de los anillos C-8 y C-10; los siguientes barridos hacia la parte superior indicaron la presencia de cuatro carbonos metínicos CH en los que la señal desplazada en 75.04 ppm asignada al carbono metínico base el oxhidrilo secundario y los otros tres corresponden a los carbonos C-5 ; C-9 y C-13 respectivamente ; de las nueve señales para los carbonos metilénicos, sólo una de ellas es la correspondiente al metileno vinílico exocíclico del esqueleto ent-kaurenolide y cuyo desplazamiento se encontró en 102.99 ppm

y en el barrido final de la parte superior tres carbonos restantes correspondieron a los metilos, los cuales se encontraron desplazados en 15.48 ; 17.57 y 28.36 ppm respectivamente.

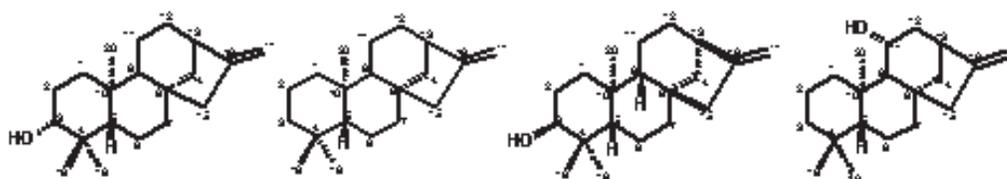
El espectro de RMN HETCOR de la Figura 7 se revela que la mancha de correlación de los hidrógenos del metileno exocíclico H-17a y H-17b desplazados en 4.74 y 4.80 ppm en el espectro de RM<sup>1</sup>H conecta con la señal del C-17 correspondiente a la señal que se encuentra desplazada en el espectro de RM<sup>13</sup>C en 102.98 ppm, en tanto que señal doble de dobles correspondiente al H-3 los



**Figura 7.-** Espectro de RMN HETCOR del ent-Kaurenol LXI

desplazada en 3.202 ppm correspondiente al hidrógeno base del oxhidrilo secundario en el espectro de RM<sup>1</sup>H conecta a través de la mancha de correlación con la señal del C-3 que se encuentra desplazada en el espectro de RM<sup>13</sup>C en 79.047 ppm y la señal simple ensanchada correspondiente al H-13 desplazada en 2.64 ppm en el espectro de RM<sup>1</sup>H correspondiente al hidrógeno metínico alílico conecta a través de la mancha de correlación con la señal del C-13 correspondiente con la señal desplazada hacia campo más bajo en el espectro de RM<sup>13</sup>C en 43.971 ppm, la asignación de

desplazamientos para el resto de las señales, se llevó a cabo mediante la comparación de los desplazamientos químicos de las señales de sus respectivos espectros de RM<sup>13</sup>C de compuestos estructuralmente cercanos como el LXII; LXII y LXIV que se encuentran reportados en la literatura<sup>106, 109</sup>, como es mostrado en la Tabla IV.



	LXI		LXII		LXIII		LXIV	
		Lit.		Lit.		Lit.		Lit.
C-1	41.1	41.4*	C-1	40.5	C-1	33.3	C-1	42.3*
C-2	27.3	28.2	C-2	18.7	C-2	25.3	C-2	18.5
C-3	79.0	78.1	C-3	42.2	C-3	76.1	C-3	42.2*
C-4	38.8	39.4	C-4	33.3	C-4	37.5	C-4	33.6
C-5	55.1	55.4	C-5	56.2	C-5	49.0	C-5	56.9
C-6	19.9	20.4	C-6	20.4	C-6	19.8	C-6	20.2
C-7	41.1	39.1	C-7	41.3	C-7	41.0	C-7	42.0*
C-8	44.0	44.2	C-8	44.3	C-8	44.1	C-8	45.9
C-9	55.8	55.9	C-9	56.1	C-9	55.7	C-9	60.4
C-10	39.0	39.4	C-10	39.5	C-10	39.1	C-10	40.9
C-11	18.2	18.5	C-11	18.3	C-11	18.1	C-11	70.7
C-12	33.1	33.4	C-12	33.5	C-12	33.3	C-12	43.2
C-13	43.9	44.3	C-13	44.3	C-13	44.0	C-13	39.6
C-14	39.6	39.9*	C-14	40.0	C-14	39.7	C-14	41.8*
C-15	48.9	49.3	C-15	49.9	C-15	49.1	C-15	48.3
C-16	155.8	155.9	C-16	155.8	C-16	156.0	C-16	154.8
C-17	102.9	103.5	C-17	103.4	C-17	102.9	C-17	103.1
C-18	28.4	28.9	C-18	33.7	C-18	28.5	C-18	34.1
C-19	15.5	16.4	C-19	21.2	C-19	22.1	C-19	21.8
C-20	17.6	17.8	C-20	17.7	C-20	17.4	C-20	18.7

**Tabla IV.-** Valores de los desplazamientos químicos de los carbonos del ent-kaureol (LXI) y compuestos estructuralmente cercanos.

Como una prueba de la reactividad del oxhidrilo secundario del ent-kaurenol LXI, se llevó a cabo su acetilación en condiciones estándar y en su espectro de RM<sup>1</sup>H mostrado en la Figura 8 apareció en 2.05 ppm la señal simple aguda que integró para 3H característica de los tres hidrógenos del metilo del grupo acetato en tanto que la señal del hidrógeno base del grupo acetato sufrió un desplazamiento hacia campo bajo y apareció también como una señal doble de dobles en 4.22 ppm, mientras que las señales correspondientes a los hidrógenos del metileno vinílico exocíclico en C-17 y la señal simple ensanchada para el hidrógeno metínico en C-13 aparecieron con el mismo desplazamiento y multiplicidad que en el ent-kaurenol LXI, en su respectivo espectro de RM<sup>13</sup>C mostrado en la Figura 9 en la parte inferior puede apreciarse

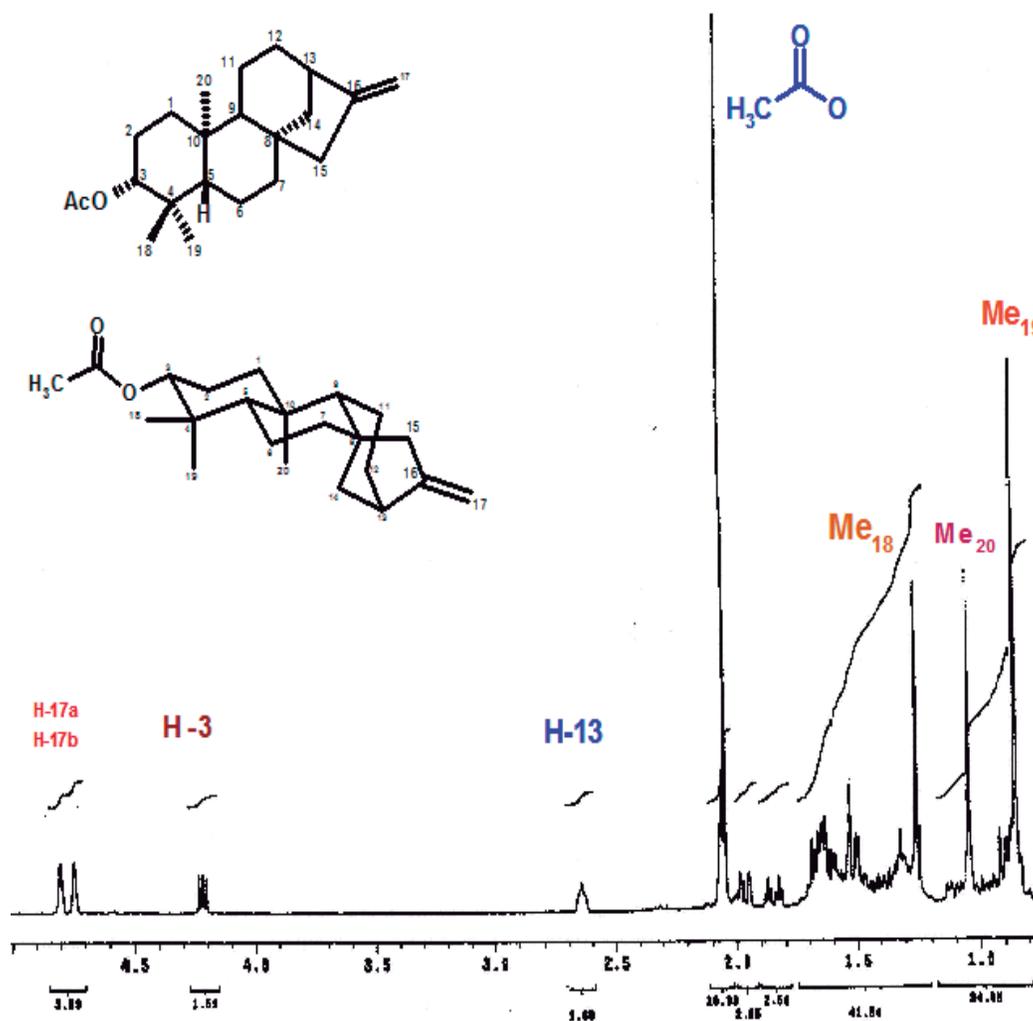


Figura 8.- Espectro de RM<sup>1</sup>H del derivado acetilado del ent-Kaurenol LXV

claramente 21 señales de las veintidós esperadas; en la parte superior se encuentra la expansión del espectro en la región de los carbonos  $sp^3$  entre 14 y 34 ppm, donde aparecen ocho señales y se destaca que en esta región no hay señales traslapadas, en tanto que otra expansión del espectro en la región de los carbonos  $sp^3$

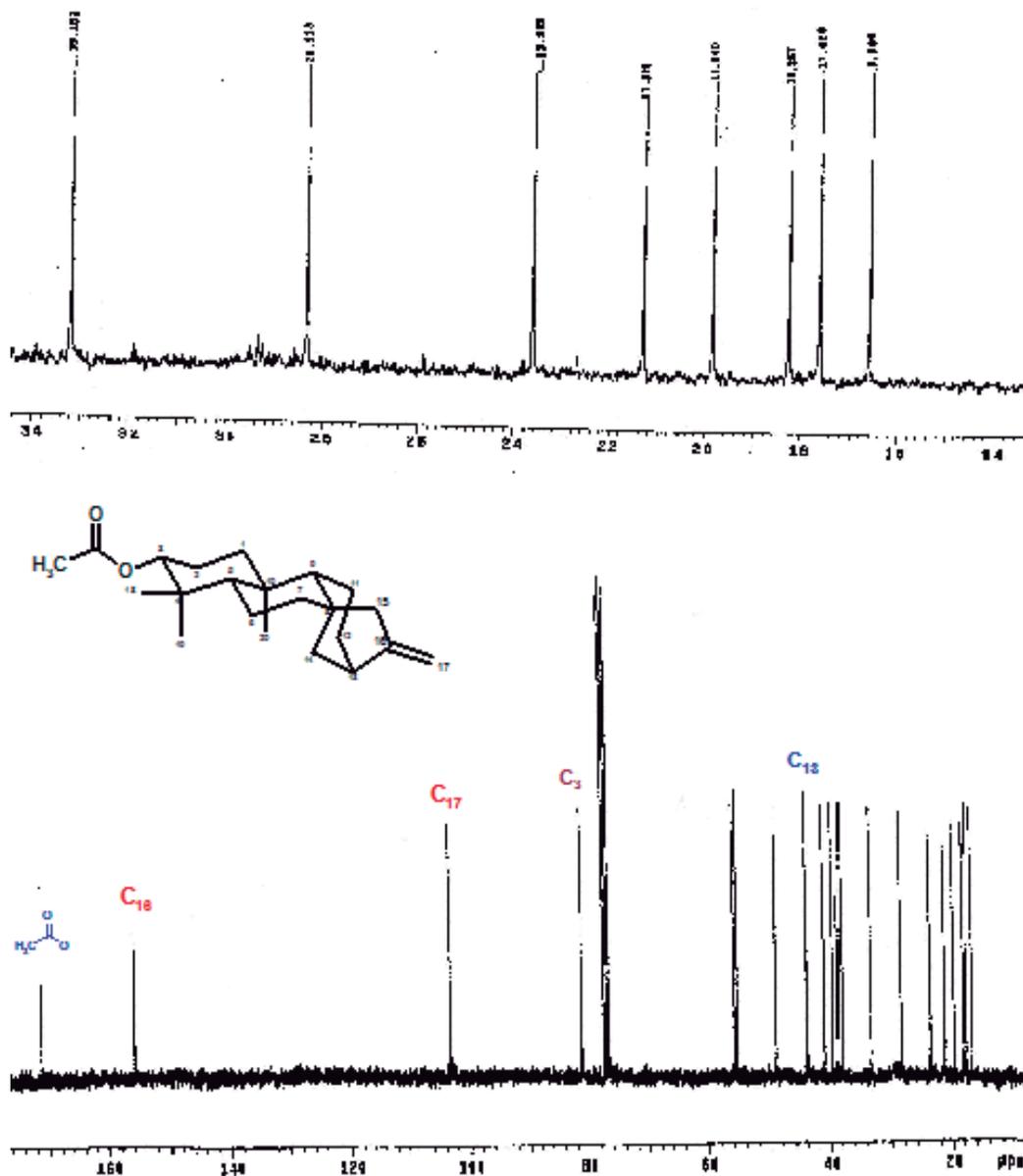
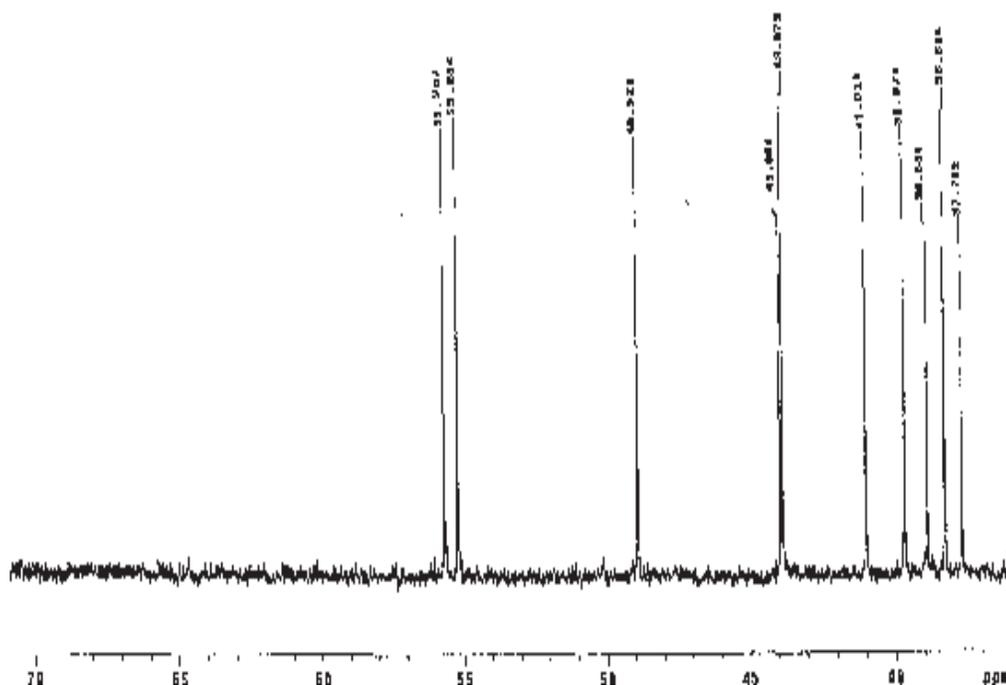
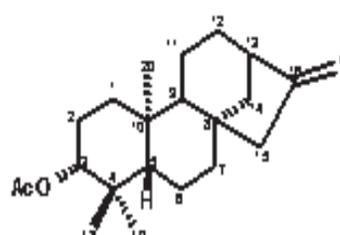
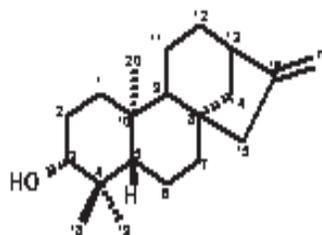


Figura 9.- Espectro de  $\text{RM}^{13}\text{C}$  (parte inferior) y una expansión (parte superior) del derivado acetilado del ent-Kaurenol LXV.



**Figura 10.- Espectro de RM<sup>13</sup>C expansión en la región entre 37 y 57 ppm del derivado acetilado del ent-Kaurenol LXV.**

entre 37 y 57 ppm, donde aparecieron diez señales, de las nueve mostradas en el espectro sin expandir de la parte inferior de la Figura 9, en donde se destaca que las señales que se encuentran traslapadas en este espectro son las correspondientes a los desplazamientos en 43.873 y 43.961 ppm, todas las asignaciones de los desplazamientos de las señales del espectro de RM<sup>13</sup>C se llevaron a cabo por la comparación de los valores respecto al ent-kaurenol LXI, cuyas variaciones en sus valores fueron principalmente en los carbonos donde ocurrió el cambio químico, así por ejemplo el desplazamiento del C-3 en el ent-kaurenol LXI es de 79.0 ppm en tanto que al ser base de acetato C-3 experimentó un corrimiento de la señal hacia campo bajo hasta 81.0 ppm, además de la aparición de las dos nuevas señales de los carbonos del grupo acetato, una en la región de los carbonos  $sp^3$  correspondiente al grupo metilo en 21.3 ppm y la otra nueva señal se mostró en la región de los carbonos  $sp^2$  en 171.0 ppm correspondiente al grupo carbonilo del grupo acetato respectivamente, los valores de los desplazamientos para el resto de las señales de los carbonos son mostrados en la Tabla V, los cuales fueron comparados con los reportados en la literatura<sup>106</sup>.



LXI

Lit.

LXV

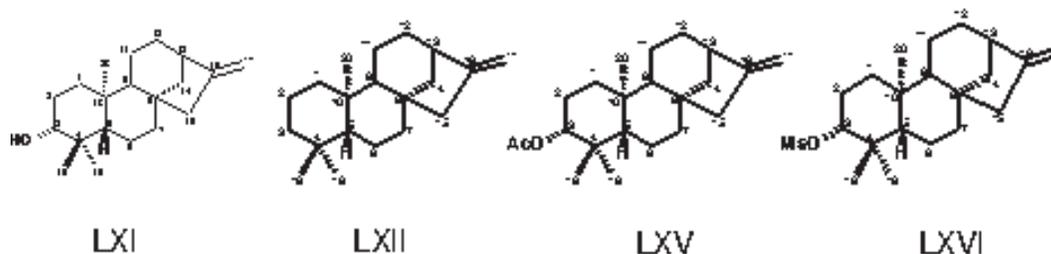
Lit.

C-1	39.6	C-1	39.74	C-1	39.7	C-1	39.75
C-2	27.3	C-2	24.41	C-2	23.6	C-2	23.65
C-3	79.0	C-3	79.07	C-3	81.0	C-3	80.98
C-4	38.8	C-4	38.83	C-4	37.7	C-4	37.78
C-5	55.1	C-5	55.18	C-5	55.2	C-5	55.27
C-6	19.9	C-6	20.02	C-6	19.8	C-6	19.86
C-7	41.1	C-7	41.19	C-7	41.0	C-7	41.05
C-8	44.0	C-8	44.00	C-8	44.0	C-8	44.02
C-9	55.8	C-9	55.89	C-9	55.7	C-9	55.74
C-10	39.0	C-10	39.03	C-10	38.9	C-10	38.94
C-11	18.2	C-11	18.27	C-11	18.3	C-11	18.29
C-12	33.1	C-12	33.24	C-12	33.2	C-12	33.21
C-13	43.9	C-13	43.95	C-13	43.9	C-13	43.86
C-14	38.6	C-14	38.69	C-14	38.3	C-14	38.36
C-15	48.9	C-15	49.01	C-15	48.9	C-15	48.98
C-16	155.8	C-16	155.84	C-16	155.7	C-16	155.70
C-17	102.9	C-17	103.01	C-17	103.1	C-17	103.10
C-18	28.4	C-18	28.38	C-18	28.3	C-18	28.36
C-19	15.5	C-19	15.48	C-19	16.6	C-19	16.64
C-20	17.6	C-20	17.59	C-20	17.6	C-20	17.65
				Me(AcO)	21.3	Me(AcO)	21.30
				C=O	171.0	C=O	171.00

**Tabla V.-** Valores de los desplazamientos químicos de los carbonos del ent-kaurenol LXI y su derivado acetilado LXV respecto a los valores reportados en la literatura.

La comparación de los desplazamientos de las señales de los carbonos del ent-kaurenol, sus derivados esterificados y el ent-kaureno LXII, son mostrados en la Tabla VI.

También al oxhidrilo secundario del ent-kaurenol LXI, se sometió a condiciones de mesilación con cloruro de metansulfonilo en piridina a 4°C durante 24h y en su espectro de RM<sup>1</sup>H mostrado



C-1	41.1	C-1	40.5	C-1	41.0	C-1	40.9
C-2	27.3	C-2	18.7	C-2	23.6	C-2	25.2
C-3	79.0	C-3	42.2	C-3	81.0	C-3	90.6
C-4	38.8	C-4	33.3	C-4	37.7	C-4	38.8
C-5	55.1	C-5	56.2	C-5	55.2	C-5	55.4
C-6	19.9	C-6	20.4	C-6	19.8	C-6	20.0
C-7	38.6	C-7	41.3	C-7	38.3	C-7	38.4
C-8	44.0	C-8	44.3	C-8	44.0	C-8	43.9
C-9	55.8	C-9	56.1	C-9	55.7	C-9	55.6
C-10	39.0	C-10	39.5	C-10	38.9	C-10	38.7
C-11	18.2	C-11	18.3	C-11	18.3	C-11	18.3
C-12	33.1	C-12	33.5	C-12	33.2	C-12	33.1
C-13	43.9	C-13	44.3	C-13	43.9	C-13	43.8
C-14	39.6	C-14	40.0	C-14	39.7	C-14	39.6
C-15	48.9	C-15	49.9	C-15	48.9	C-15	48.9
C-16	155.8	C-16	155.8	C-16	155.7	C-16	155.4
C-17	102.9	C-17	103.4	C-17	103.1	C-17	103.2
C-18	28.4	C-18	33.7	C-18	28.3	C-18	28.5
C-19	15.5	C-19	21.2	C-19	16.6	C-19	16.3
C-20	17.6	C-20	17.7	C-20	17.6	C-20	17.5
				Me(AcO)	21.3	Me(MsO)	38.8
				C=O	171.0		

**Tabla VI.-** Valores de los desplazamientos químicos de los carbonos del ent-kaurenol (LXI) y los derivados esterificados (LXV) y (LXVI).

en la Figura 11 apareció en 3.03 ppm la señal simple aguda que integró para 3H característica de los tres hidrógenos del metilo del grupo mesilato, en tanto que la señal del hidrógeno base del grupo

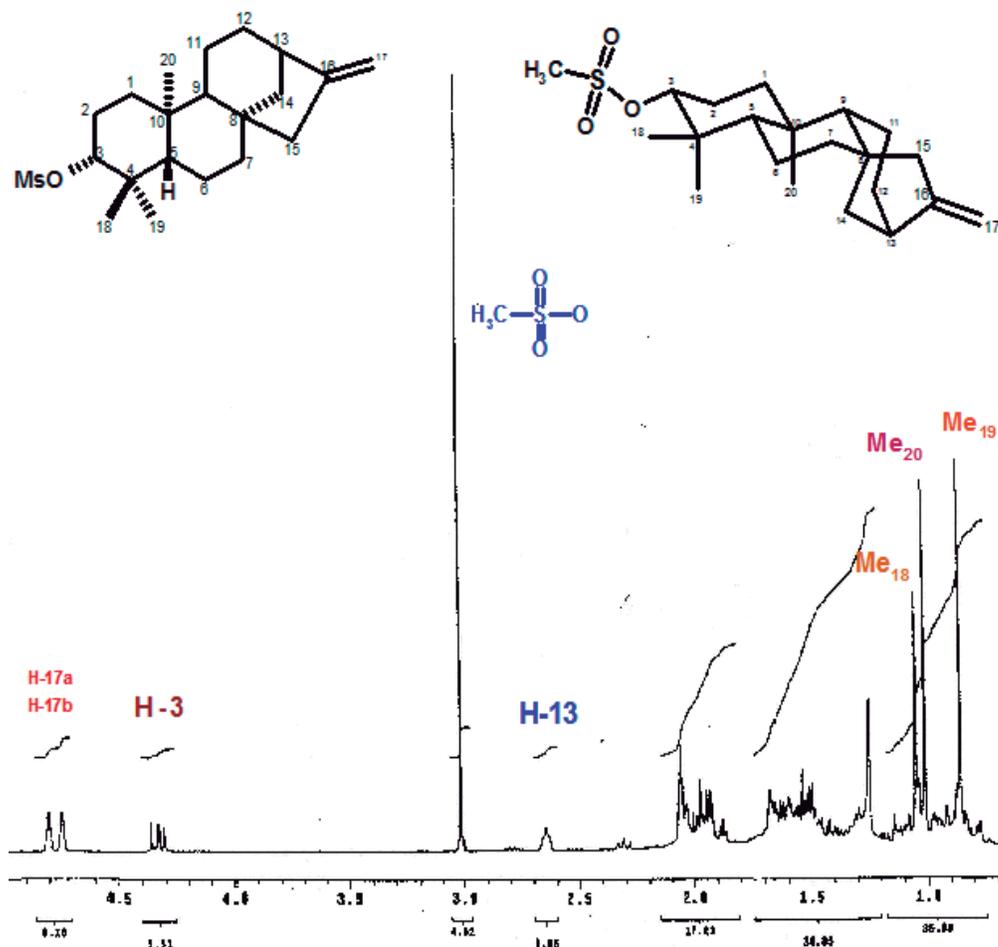
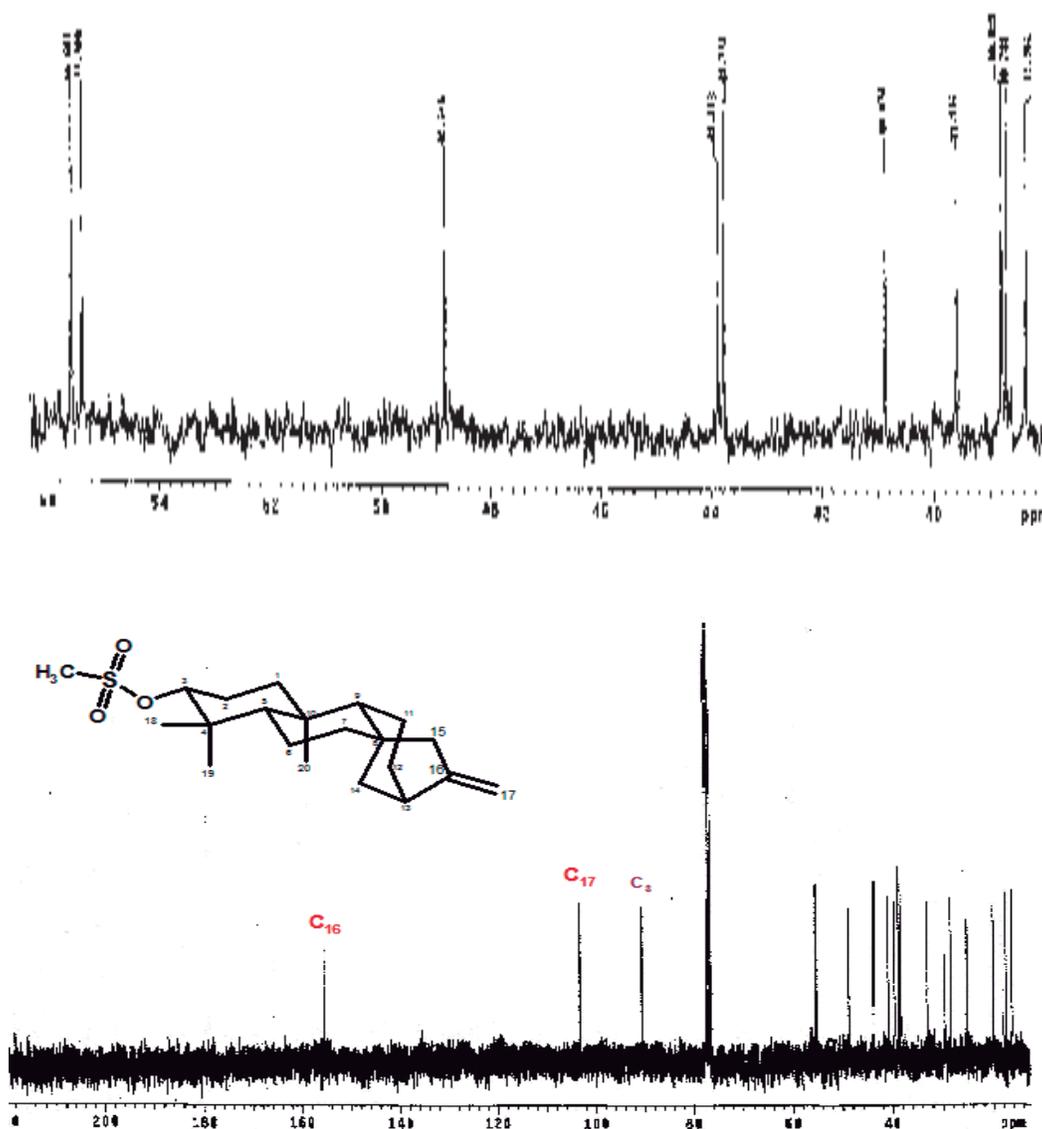


Figura 11.- Espectro de  $\text{RM}^1\text{H}$  del mesilato derivado del ent-Kaurenol LXVI

mesilato sufrió un desplazamiento hacia campo bajo y apareció también como una señal doble de dobles en 4.34 ppm, mientras que las señales correspondientes a los hidrógenos del metileno vinílico exocíclico en C-17 aparecieron en 4.82 y 4.76 ppm y la señal simple ensanchada para el hidrógeno metínico en C-13 apareció en 2.66 ppm y el resto de las señales presentó el mismo patrón de señales que el ent-kaurenol LXI, y su respectivo acetato LXV, en su espectro de  $\text{RM}^{13}\text{C}$  mostrado en la Figura 12 en la



**Figura 12.- Espectro de RM<sup>13</sup>C (parte inferior) y una expansión (parte superior) del derivado mesilado del ent-Kaurenol LXVI.**

inferior, pudieron apreciarse claramente 18 señales de las veintiún esperadas; en la parte superior se encuentra la expansión del espectro en la región de los carbonos  $sp^3$  entre 38 y 56 ppm, donde aparecen diez señales y se destaca que en esta región las señales que se encontraban traslapadas son las de 38.733 y 38.813 ppm, además las de 55.390 con la de 55.581 ppm respectivamente.

Nuevamente las variaciones en los valores de los desplazamientos químicos para el mesilato derivado fueron principalmente en los carbonos donde ocurrió el cambio químico,

así por ejemplo el desplazamiento del C-3 en el ent-kaurenol LXI es de 79.0 ppm en tanto que al ser base de mesilato C-3 experimentó un corrimiento de la señal hacia campo bajo hasta 90.566 ppm, además la aparición de la nueva señal del carbono del grupo mesilato en la región de los carbonos  $sp^3$  correspondiente al grupo metilo en 38.8 ppm, los valores de los desplazamientos para el resto de las señales de los carbonos son mostrados en la Tabla V.

De las fracciones eluidas con hexano-cloruro de metileno 7:3 hasta cloruro de metileno puro, se obtuvo el betulonal (LXVII) el cual es un triterpeno pentacíclico con esqueleto de lupano y el eufa-8,14-dien-3 $\beta$ -ol (LXVIII), de estos dos triterpenos, previamente el primero fue obtenido de los extractos hexánicos de los tallos de la *Bursera fagaroides* var. *elongata* y ambos fueron aislados de los extractos hexánicos de los tallos de la *Bursera morelensis*, ambas burseras tienen la corteza defoliante, sólo que la primera es una especie más cercana a la *Bursera aptera*, ya que ambas pertenecen a los llamados cuajotes amarillos.

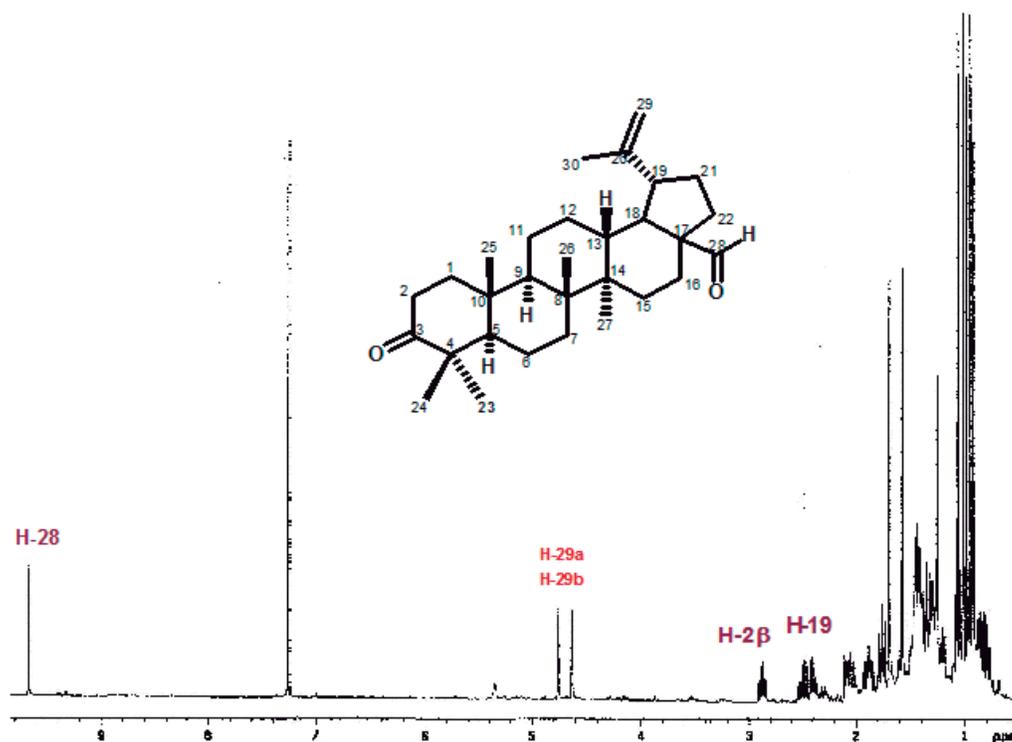
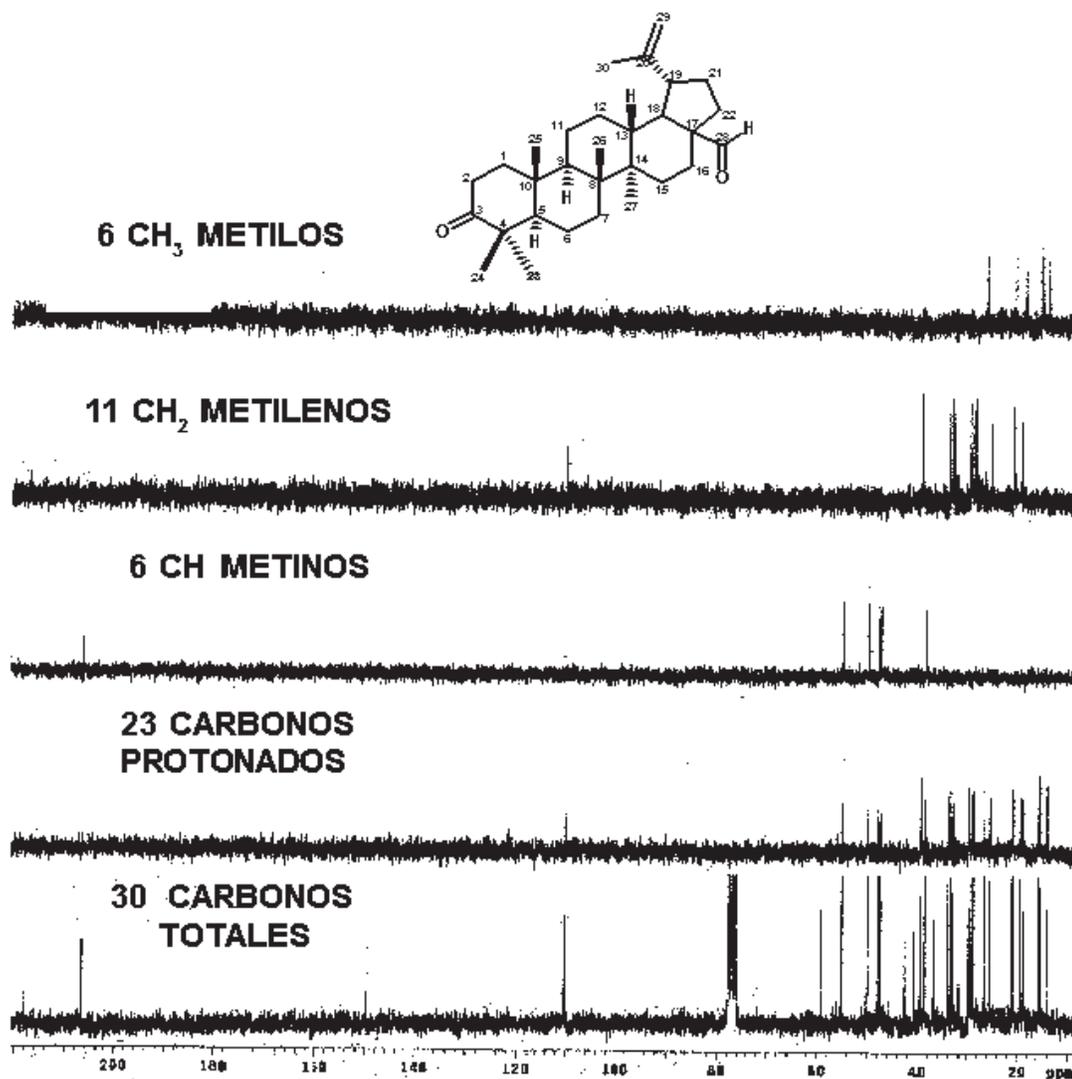


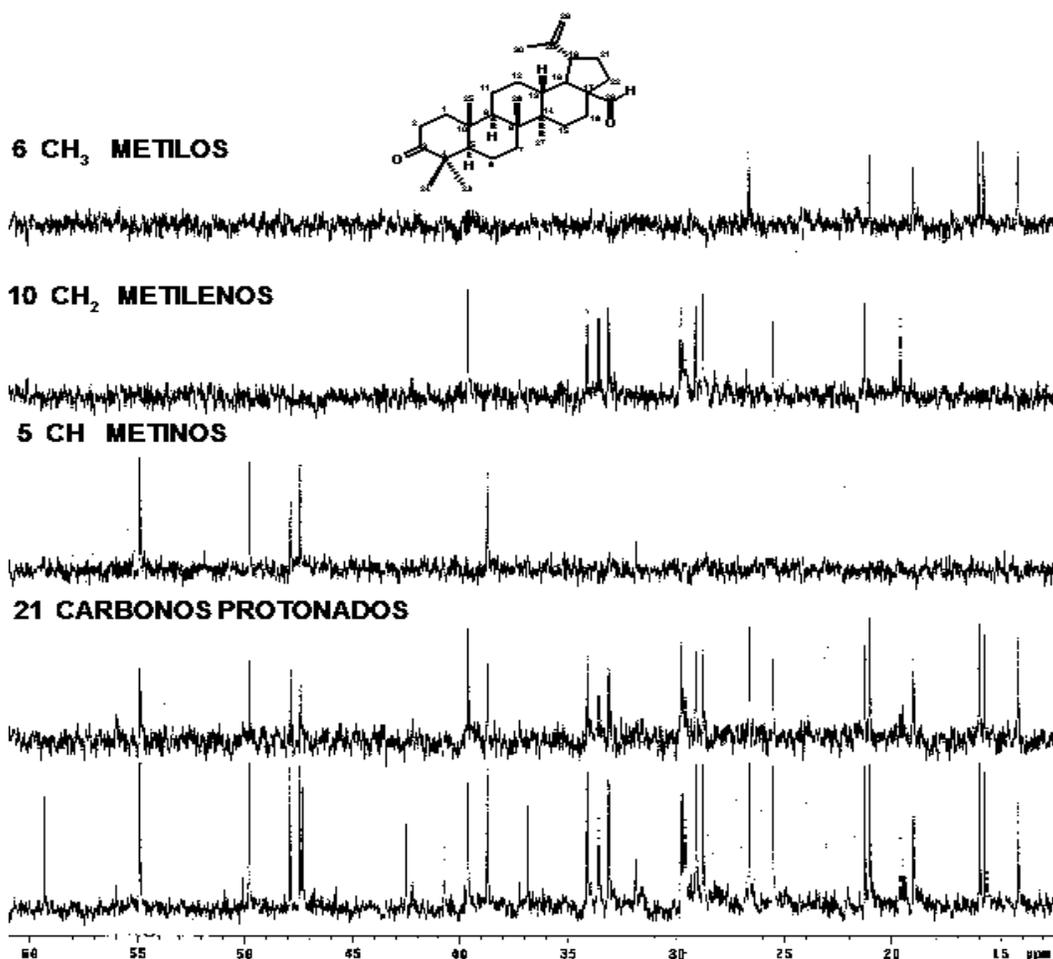
Figura 13.- Espectro de RM<sup>1</sup>H del Betulonal LXVII



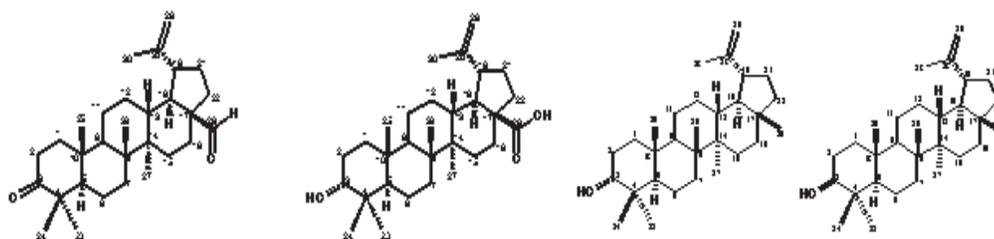
**Figura 14.-** Espectro de RMN de <sup>13</sup>C DEPT del Betulonal LXVII

El espectro de RM<sup>13</sup>C DEPT de la Figura 14, en el barrido de la parte inferior puede apreciarse treinta señales para los carbonos del triterpeno ; en el barrido siguiente de la parte superior se encuentran 23 señales correspondientes a los carbonos protonados, luego la diferencia respecto a los carbonos totales indicaron la presencia de siete carbonos cuaternarios, una ampliación en el espectro de RM<sup>13</sup>C DEPT de la Figura 15 en la región de los carbonos *sp*<sup>3</sup> entre 12 y 61 ppm mostró claramente veintisiete señales de las cuales una de ellas, la que se encuentra en 29.696 ppm corresponde a la señal de la grasa, de tal modo que

de las veintiséis señales restantes en esta región seis correspondieron a los metilos Me-23; Me-24; Me-25; Me-26 ; Me-27 y al metilo vinílico Me-30 desplazados en 14.176 ; 15.716 ; 15.975 ; 19.002 ; 21.025 y 26.583 ppm respectivamente, las cuatro señales significativas de la región de los carbonos vinílicos  $sp^2$ , se encontraron desplazadas, una en 110.225 ppm correspondiente al carbono metilénico C-29 del grupo isopropilideno unido en la



**Figura 15.-** Espectro de RMN de  $^{13}\text{C}$  DEPT ampliación en la región entre 13 y 61 ppm del Betulonal LXVII posición alfa del C-19; la señal en 149.667 ppm es la correspondiente al carbono cuaternario C-20; la señal en 206.590 ppm revelada como una señal de carbono metínico correspondió al C-28 del grupo formilo y la señal en 218.116 ppm correspondió al C-3 del carbono del carbonilo de



	Betulonal <i>B. aptera</i>	ácido-3β-hidroxi-lup- 20(29)-en-28-oico	3-epi-lupeol <i>B. cuneata</i> <sup>107</sup> <i>B. mirandae</i>	3β-lupeol <sup>108</sup> <i>V. greenmanii</i>
C-1	39.617	39.0	37.258	38.78
C-2	26.583	27.6	25.269	27.47
C-3	218.116	78.2	76.228	79.01
C-4	33.157	39.0	37.493	38.90
C-5	54.923	55.5	50.270	55.38
C-6	19.002	18.4	18.251	18.37
C-7	34.134	34.5	33.214	34.36
C-8	40.753	40.8	39.984	40.90
C-9	47.925	50.7	48.981	50.52
C-10	36.876	37.3	35.554	37.23
C-11	21.025	21.0	20.750	20.99
C-12	25.508	25.6	25.081	25.23
C-13	38.739	38.2	37.258	38.13
C-14	42.594	42.5*	40.992	42.88
C-15	29.121	30.8	27.353	27.50
C-16	33.596	32.6	34.100	35.64
C-17	59.324	56.3*	42.870	43.04
C-18	47.335	47.1*	47.996	48.02
C-19	49.804	49.4*	48.254	48.38
C-20	149.667	150.9	150.986	150.95
C-21	29.817	29.9	29.814	29.92
C-22	47.463	37.3	47.985	40.05
C-23	28.787	28.2	28.231	28.03
C-24	21.252	15.6	22.113	15.38
C-25	15.985*	16.1*	15.888	16.14
C-26	15.716*	16.1*	15.941	16.02
C-27	14.178	14.7	14.600	14.59
C-28	206.590	178.9	17.978	18.04
C-29	110.225	109.4	109.29	109.33
C-30	19.593	19.4	19.258	19.35
C=O				171.0
Me (AcO)				21.32

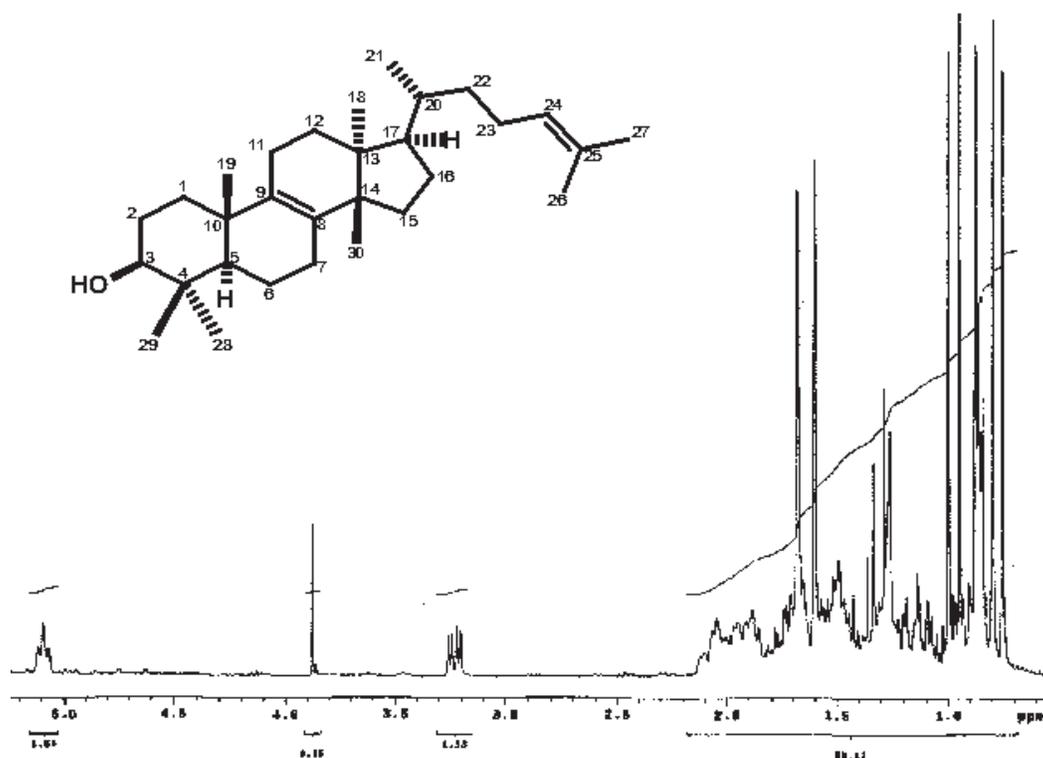
\* la asignación de las señales pueden estar intercambiadas

\* *Phytochemistry*, 21, 470 (1982)

Tabla VII. Desplazamientos de RM<sup>13</sup>C a 75 MHz de estructuras con esqueleto de lupano obtenidos de fuentes naturales.

cetona, para la asignación del resto de los valores de los desplazamientos se realizó por la comparación de los desplazamientos químicos de estructuras similares con esqueleto de lupano obtenidos por nosotros en estudios previos y por los datos reportados en la literatura ver la Tabla VII.

De las fracciones eluidas en una polaridad de hexano-cloruro de metileno 1:1, hasta cloruro de metileno puro se obtuvo un compuesto cuyo espectro de RM<sup>1</sup>H es mostrado en la Figura 16, el análisis de las señales y la comparación de los datos reportados en la literatura correspondió al eufa-8,14-dien-3β-ol LXVIII.



**Figura 16.- Espectro de RM<sup>1</sup>H del Eufa-8,14-dien-3β-ol LXVIII**

El espectro de RM<sup>13</sup>C DEPT de la Figura 17 (parte superior), en el barrido de la parte inferior puede apreciarse que de la totalidad de señales en la región de los carbonos *sp*<sup>3</sup> algunas se encuentran traslapadas, por lo que una expansión del espectro en esta región revela la totalidad de las treinta señales esperadas para los carbonos de un triterpeno tetracíclico; en el barrido siguiente de la parte superior se encuentran solo 23 señales correspondientes a los carbonos protonados, esto significa que la diferencia respecto a los

carbonos totales, la estructura tiene siete carbonos cuaternarios, de los cuales tres de ellos se encuentran en la región de los carbonos vinílicos  $sp^2$  desplazados en 130.5 ; 133.5 y 134.1 ppm respectivamente y los otros cuatro correspondieron al carbono C-4 que sostiene al gem-dimetilo, a los carbonos del cierre de los anillos C-10 ; C-13 y C-14 ver los valores de la Figura 18 (parte inferior), los barridos hacia la parte superior mostraron la cinco carbonos metínicos CH en los que la señal en 78.7 ppm correspondió al carbono metínico base el oxhidrilo secundario y los otros cuatro fueron asignados por comparación con los reportados en la literatura<sup>80</sup>.

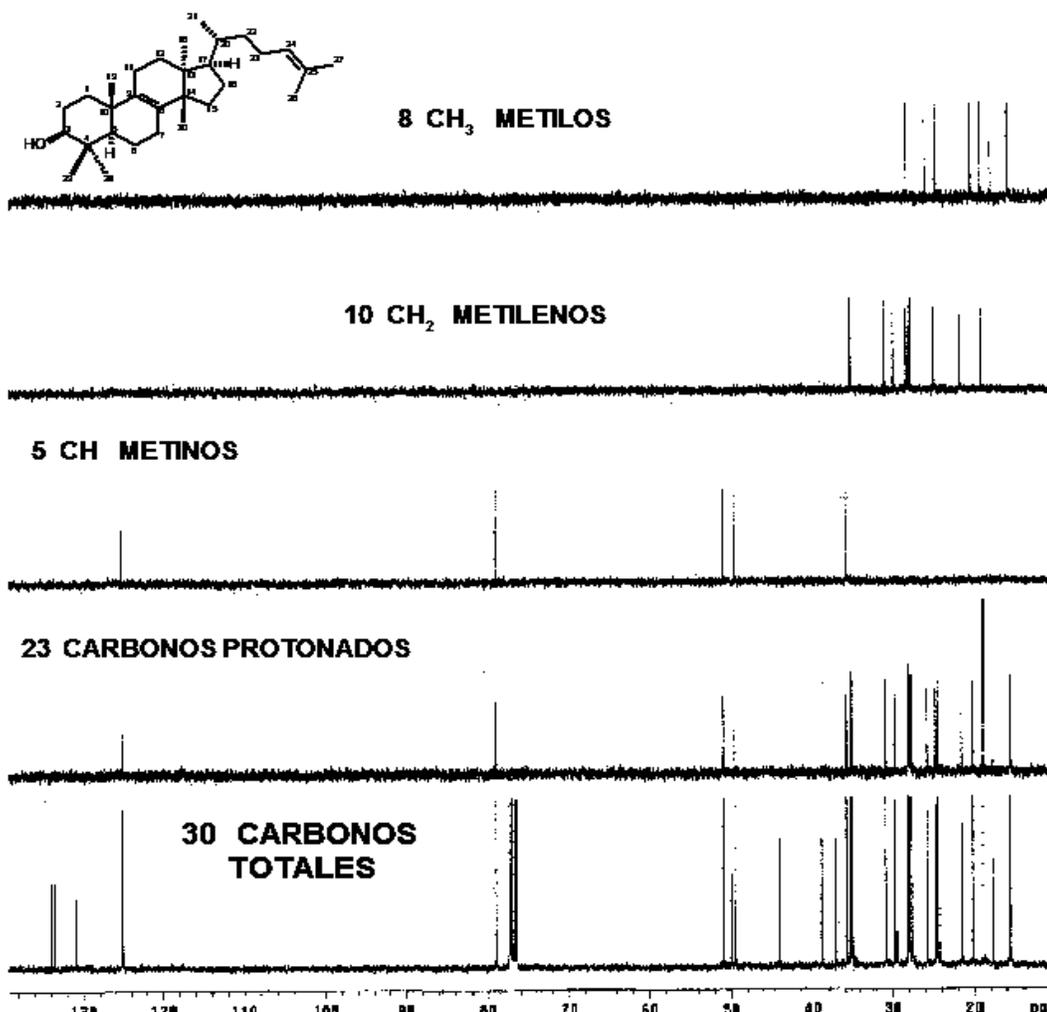
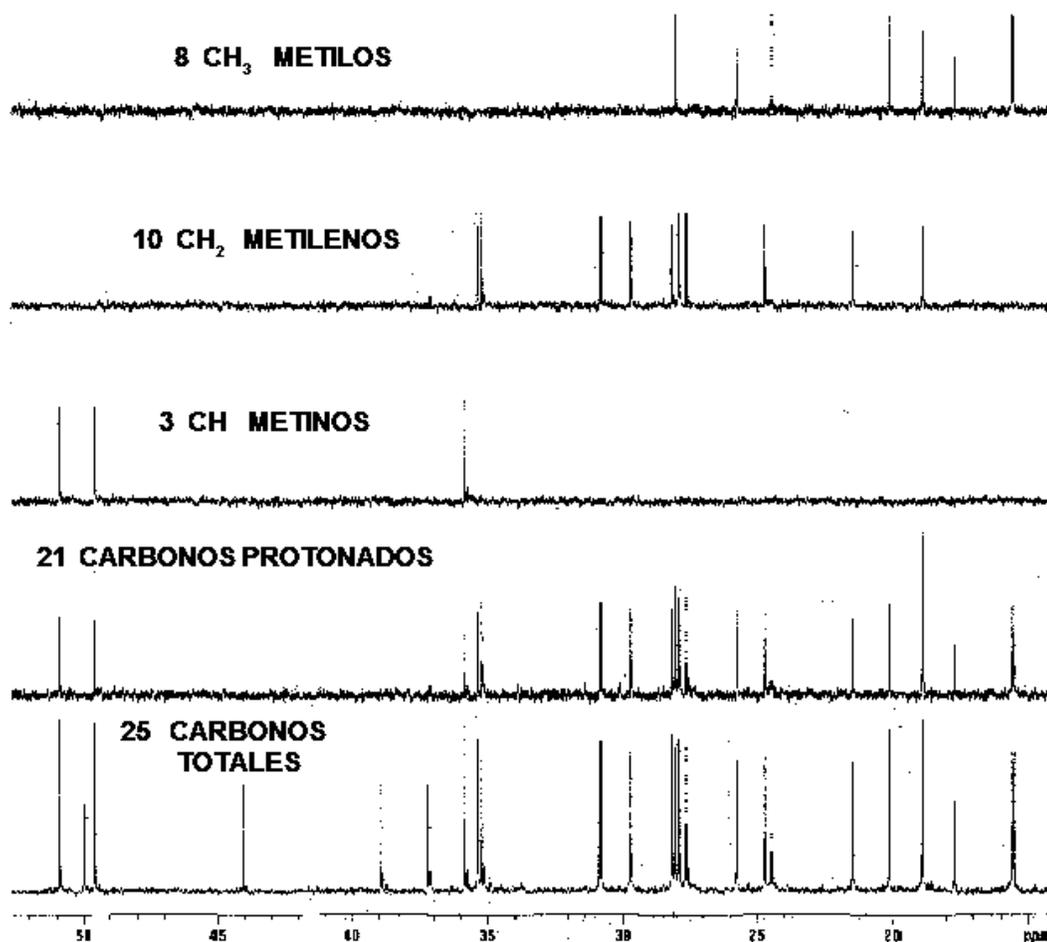


Figura 17.- Espectro de RMN de <sup>13</sup>C DEPT del eufa- 8,14-dien-3β-ol LXVIII



<p>LXVIII Lit.</p>	C-1	35.5	C-11	21.5	C-21	18.9
	C-2	27.7	C-12	28.1	C-22	35.9
	C-3	78.7	C-13	44.1	C-23	24.7
	C-4	38.9	C-14	50.0	C-24	125.3
	C-5	51.0	C-15	30.9	C-25	130.5
	C-6	18.9	C-16	29.8	C-26	17.6
	C-7	27.9	C-17	49.6	C-27	25.7
	C-8	134.1	C-18	15.6	C-28	24.5
	C-9	133.5	C-19	20.1	C-29	28.1
	C-10	37.2	C-20	35.3	C-30	15.6

**Figura 18.-** Espectro de RMN de  $^{13}\text{C}$  DEPT ampliación en la región entre 15 y 52 ppm del Eufa- 8,14-dien-3 $\beta$ -ol LXVIII (parte superior) y los valores de los desplazamientos de RMN de  $^{13}\text{C}$  (parte inferior).

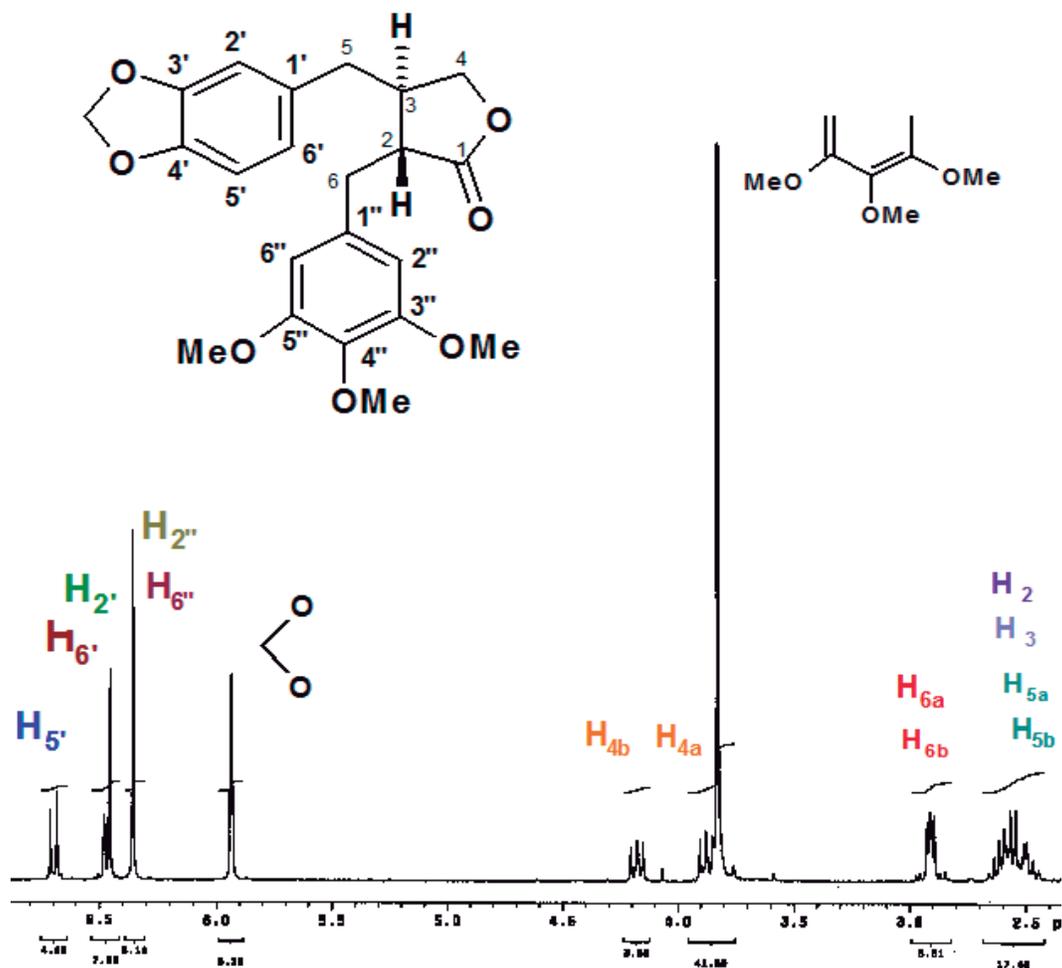


Figura 19.- Espectro de RM<sup>1</sup>H de la yateína LXIX

De las fracciones F-62 a F-66 , eluidas en una polaridad de cloruro de metileno-acetato de etilo 9:1 se obtuvo un compuesto de naturaleza lignánica cuyo espectro de RM<sup>1</sup>H es mostrado en la Figura 19, en las que apareció un grupo de señales múltiples desplazadas a campo alto correspondientes al sistema de la lactona, en los que los desplazamientos de los hidrógenos metínicos H-2 y H-3 , se encontraron traslapados con los valores de los desplazamientos de los hidrógenos del metileno bencílico H-5a y H-5b del anillo aromático que tiene el grupo metiléndioxi, en tanto la señal múltiple desplazada en 2.90 ppm correspondió a los hidrógenos del metileno bencílico H-6a y H-6b respecto al anillo aromático que tiene los tres grupos metoxilo; en 3.82 ppm apareció una señal simple alta que integró para nueve hidrógenos correspondientes a tres grupos metoxilo; hacia campo

bajo aparecieron dos señales múltiples centradas en 3.85 y 4.17 ppm que integraron ambas para un hidrógeno cada una, las cuales correspondieron a los hidrógenos del metileno H-4a y H-4b de la lactona; en 5.92 ppm apareció una señal simple ligeramente acoplada que integró para dos protones, característica del metileno de un grupo metilendioxi; entre 6.34 y 6.73 ppm apareció un grupo de señales características de hidrógenos aromáticos, tri y tetra sustituidos.

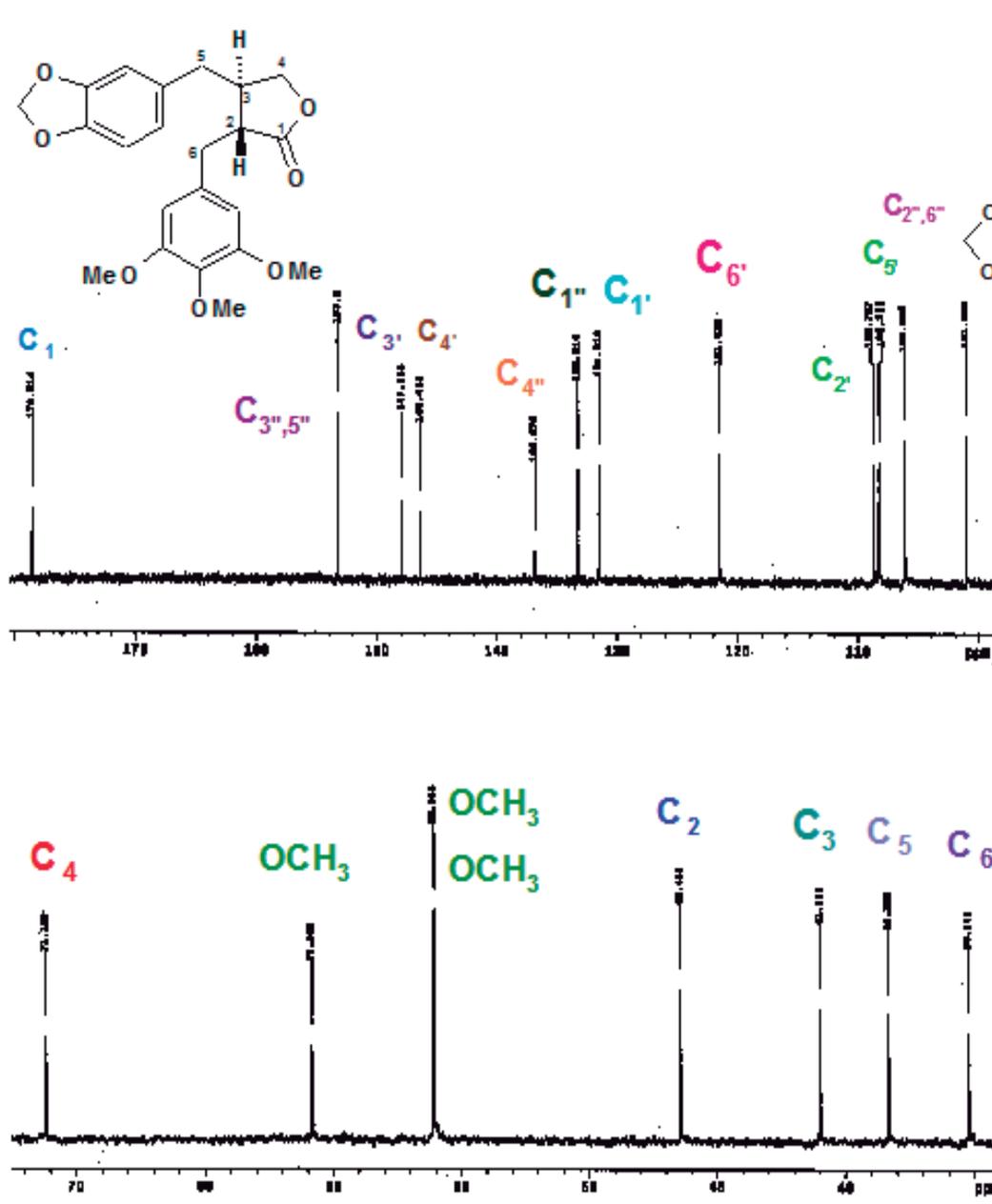


Figura 20.- Espectro de RM<sup>13</sup>C de la yateína LXIX

La figura 20 muestra una ampliación del espectro de RM  $^{13}\text{C}$  de la región de los carbonos  $sp^3$  (parte inferior) y en de la región de los carbonos  $sp^2$  (parte superior) donde apareció también la señal característica del carbono metilénico del grupo metilendioxi en 101.09 ppm. Todas las asignaciones de los valores de los desplazamientos químicos para los carbonos de la yateína LXIX <sup>73</sup> y <sup>92</sup> son mostrados en la fórmula de la Figura 21.

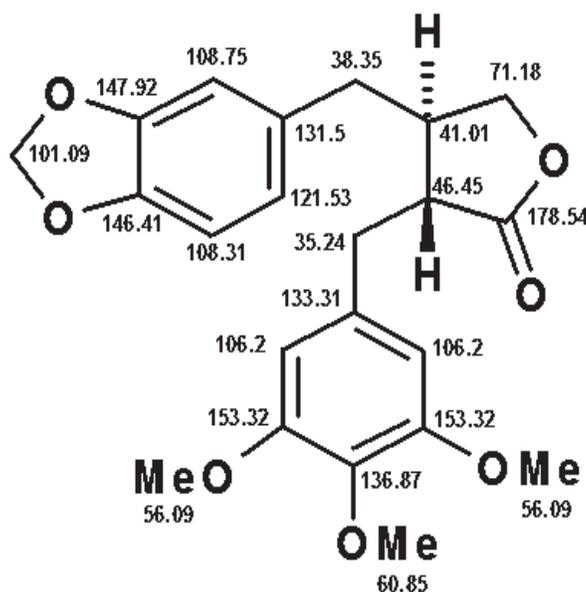


Figura 21.- Asignaciones de los valores de los desplazamientos químicos de RM $^{13}\text{C}$  para la yateína LXIX

De las fracciones F-70 a la F-76 colectadas en una polaridad de cloruro de metileno-acetato de etilo 7:3, se obtuvo en pequeña cantidad diacetato del [2-(3,4-metilendioxi-bencil)-3-(3',4'-dimetoxibencil)-1,4-butanodiol] (LXX) llamada por nosotros la ariensina B de estructura lignánica, aislada previamente de la resina de la *Bursera fagaroides*. En su espectro de RM $^1\text{H}$  mostrado en la Figura 22 aparecieron un conjunto de señales en la región de los protones aromáticos entre 6.48 y 6.8 ppm los cuales correspondieron a un sistema aromático trisustituido, en 5.92 ppm se reveló una señal simple que integró para dos hidrógenos, característica del metileno de un grupo metilendioxi; la señal múltiple centrada en 4.19 ppm correspondió a los hidrógenos base de los acetatos H-9,H-9'; las dos señales simples en 3.84 y 3.80 ppm que integraron para tres hidrógenos cada una,

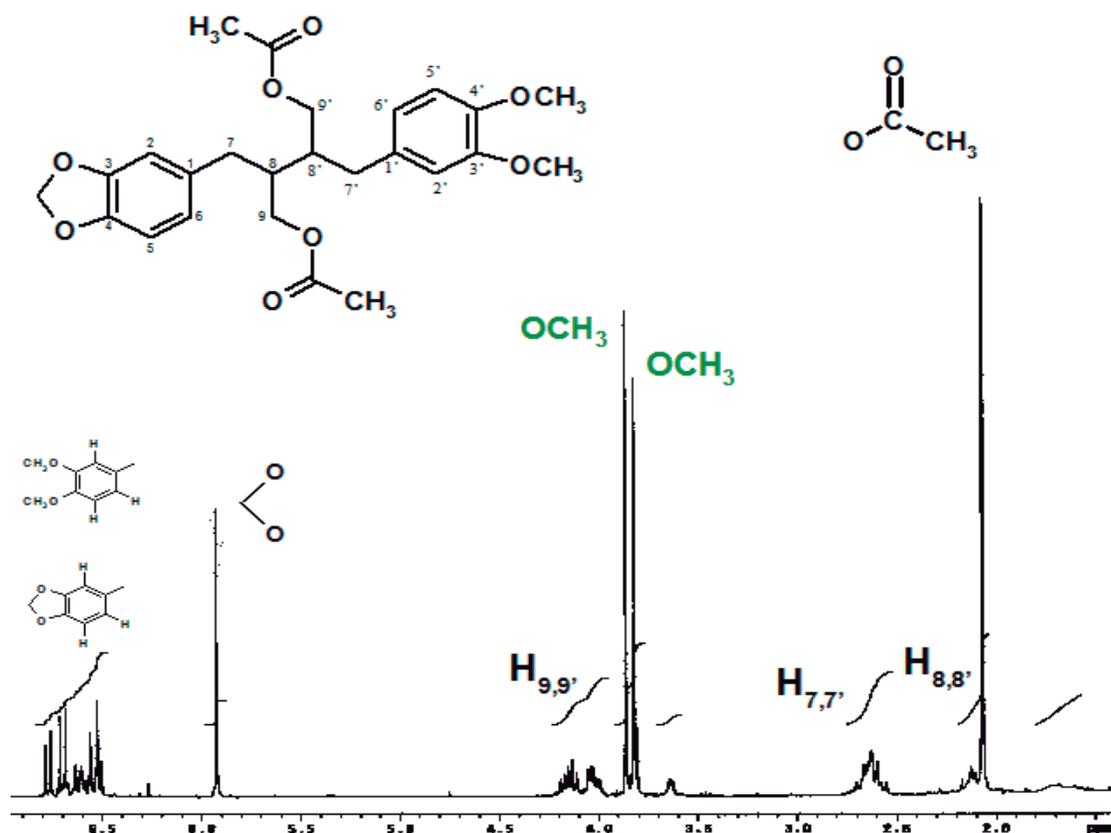


Figura 22.- Espectro de  $\text{RM}^1\text{H}$  del diacetato del [2-(3,4-metilendioxibencil)-3-(3',4'-dimetoxibencil)-1,4-butanodiol] (LXX).

correspondieron a los dos grupos metoxilo, en 2.60 ppm apareció una señal múltiple, la cual correspondió a los hidrógenos de los metilenos bencílicos  $\text{H}-7$ ,  $\text{H}-7'$ ; una señal ensanchada múltiple centrada en 2.15 ppm, la que correspondió a los hidrógenos metínicos  $\text{H}-8$  y  $\text{H}-8'$ , la cual se encontró ligeramente traslapada con la señal simple aguda en 2.06 ppm debida al metilo de los dos grupos acetato.

En el espectro de  $\text{RM}^{13}\text{C}$  DEPT de la Figura 23, en el barrido de la parte inferior puede apreciarse los carbonos protonados, se observaron seis señales en la región de los carbonos  $sp^2$  y fueron las correspondientes a los seis carbonos metínicos de los dos anillos bencénicos o sea los carbonos C-2, C-2', C-5, C-5', C-6 y C-6'; en el barrido siguiente de la parte superior se encuentran las señales de los carbonos metínicos aromáticos y la de los carbonos C-8, C-8', los siguientes barridos hacia la parte

superior correspondieron a los metilenos bencílicos C-7 ; C-7' ; C-9 y C-9' y al metileno del grupo metilendioxi, en tanto que el último barrido de la parte superior correspondió a los carbonos de los grupos metilo de los dos metoxilos y de los metilos de los dos grupos acetato respectivamente.

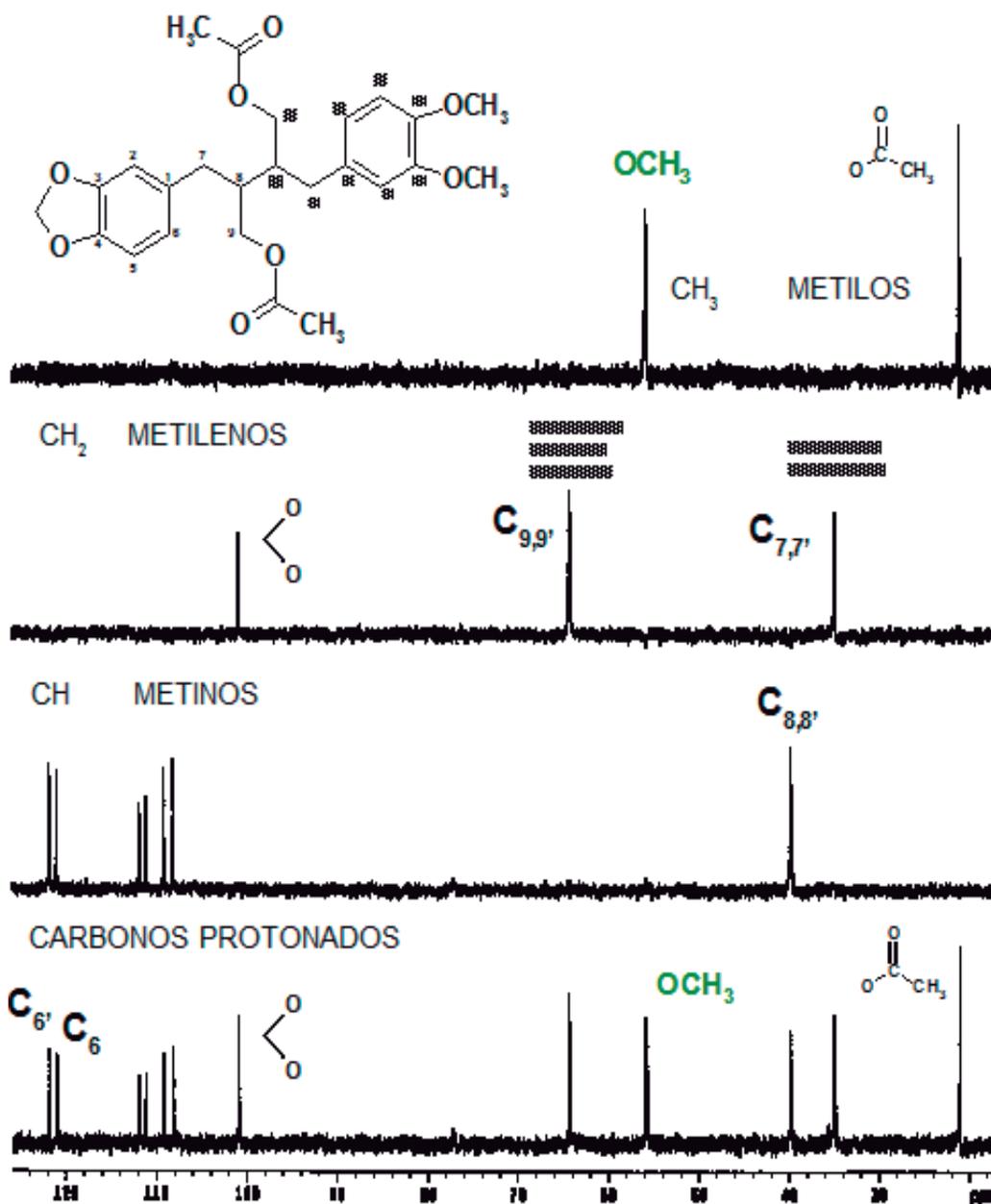


Figura 23. Espectro de RM $^{13}\text{C}$  DEPT del diacetato del [2-(3,4-metilendioxiencil)-3-(3',4'-dimetoxibencil)-1,4-butanodiol] (LXX).

## CONCLUSIONES

Del extracto hexánico de los tallos de *Bursera aptera* Ramírez se aislaron mayoritariamente como aceites ligeros y oleosos de olor característico dos monoterpenos, uno alicíclico que correspondió al mirceno LIX aislado con anterioridad de otras especies de *Burseras*, como la *Bursera attenuata* y además el monoterpeno monocíclico (-)-limoneno LX, el cual es el metabolito secundario más distribuido mayoritariamente en las especies de *Bursera* defoliantes y en particular las del grupo de los «cuajotes amarillos». Se aisló también un diterpeno ent-kaurenoide correspondiente al (+)-ent-kaur-16-en-3-ol LXI, del que se prepararon sus derivados esterificados, el acetato LXV y mesilato LXVI respectivamente, es importante mencionar que el acetato del ent-kaur-16-en-3-ol ya había sido preparado también del ent-kaurenol correspondiente obtenido de un arbusto que crece en la Región de los Himalayas el *Phyllanthus flexuosos*, mientras que el correspondiente mesilato respectivo no se encuentra reportado en la literatura, además se obtuvieron dos componentes triterpenoides; el de esqueleto pentacíclico derivado del lupano correspondiente al Betulonal LXVII obtenido también de otras especies de *Burseras* como la *Bursera fagaroides* var *elongata* y la *Bursera morelensis*, ambas pertenecientes a la Sección *Bursera* y el otro triterpeno de esqueleto tetracíclico correspondió al Eufa- 8,14-dien-3 $\beta$ -ol LXVIII, obtenido previamente de algunas especies del género *Stevia*, finalmente fueron obtenidos en menor cantidad dos lignanos como aceites densos, uno fue la yateína LXIX y el segundo fue el diacetato del [2-(3,4-metilendioxibencil)-3-(3',4'-dimetoxibencil)-1,4-butanodiol] LXX, ambos obtenidos de otras especies de *Burseras*, particularmente de las especies defoliantes como la *Bursera bolivarii* y de algunas variedades de *Bursera fagaroides*.

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 RM<sup>1</sup>H y de RM<sup>13</sup>C, DEPT incluyendo también espectros en dos dimensiones., con respecto a los valores de los desplazamientos químicos reportados en la literatura.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Oliver, M.A. y R. Webster. 1990. Kriging: a method of interpolation for geographical information systems. *International Journal of Geographical Information Systems* 4:313-332.
- 2.- T. Escalante, 2009. Un ensayo sobre regionalización biogeográfica. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80:551-560.
- 3.- Morrone, J. J. y J. Márquez. 2003. 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.
- 4.- CONABIO. 1997. Provincias biogeográficas de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F.
- 5.- Luis Fuentes Aguilar, Regiones Naturales del Estado de Puebla, Instituto de Geología, UNAM, México, 1972.
- 6.- Ramírez, Felipe (2009): «La Altiplanicie Central, del Preclásico al Epiclásico». En *El México Antiguo. De Tehuantepec a Baja California*, Pablo Escalante Gonzalbo Centro de Investigación y Docencia Económicas, Fondo de Cultura Económica, Tomo I, Cap. 2, México.
- 7.- INEGI (2005): *Puebla. Anuario estadístico 2005*. Aguascalientes
- 8.- Villaseñor, J. L., Dávila, P & Chiang, F. 1990. Fitogeografía del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. *Bol. Soc. Bot.* 50: 135-149.
- 9.- Salas S., L. Schibli, E. Torres, G. Ramírez & A. González. 1995. Análisis de la vegetación y uso actual del suelo en el estado de Oaxaca III. (Cañada y Mixteca). Informe técnico final SERBO A.C.
- 10.- SEMARNAT-UAM. 1997. Estudios climáticos y de la vegetación de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán. Informe Técnico. 192 pp.
- 11.- Smith, C.E. 1965. Flora, Tehuacán Valley. *Fieldiana, Bot.* 31: 101-143.
- 12.- Zavala, H.J.A. 1982. 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.
- 13.- Ezcurra, E. & Medina I.R. 1997. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Fascículo 18. Instituto de Biología, UNAM, 13 pp.
- 14.- CONABIO Workshop, Mexico, D.F., November 1997. Ecological and Biogeographical Regionalization of Mexico.

- 15.- Funk, V. A. y K. S. Richardson. 2002. Systematic data and biodiversity studies use it or lose it. *Systematic Biology* 51:303-316.
- 16.- García, E. 1998. Climas. Escala 1:1,000,000. México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), México, D.F.
- 17.- Tambutti, M., Silva, A., García-Mendoza, A. & Eguiarte, L. 1995. 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.
- 18.- Dahlgren, R. M.; Clifford, H. T., Yeo, P. F. (1985). *The families of the monocotyledons*. (Springer-Verlag edición). Berlín.
- 19.- Gilmartin, A. J.; Brown, G. K. (1987). «Bromeliales, related monocots and resolution of relationships among Bromeliaceae subfamilies.». *Syst. Bot.*(12): pp. 493-500.
- 20.- Benzing, D. H. 1980. The biology of the bromeliads. Eureka, CA: Mad River Press. 305 pp.
- 21.- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa, México, D. F. , p.432
- 22.- Rzedowski, G. C. de , Rzedowski, J. 2001. 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.
- 23.- F. Miranda, “ Estudios sobre la Vegetación de México V“, 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.- J. Rzedowski y R McVaugh, Synopsis of *Bursera* in Western Mexico with notes of the material of *Bursera* collected by Sessé & Mociño, *Kew. Bull.*, **18**, 317-382 (1965).
- 27.- Rzedowski, J., Notas sobre el género *Bursera* (Burseraceae) en el Estado de Guerrero, *An. Esc. Nac. Cienc. Biol. Méx.*, **17**, 17-36 (1968).

- 28.- Altamirano, F., Catálogo de la colección de productos naturales indígenas. Remitida por la Sociedad Mexicana de Historia Natural á la Exposición Internacional de Filadelfia. *La Naturaleza* III, 382-392, **(1876)**.
- 29.- Bullock, A. A., Contributions to the flora of tropical America: xxxvii. Notes on the Mexican species of *Bursera*, *Kew Bull.* , 346-387 **(1936)**.
- 30.- Bullock, A. A. . Further notes on the genus *Bursera*. *Kew Bull.*, 447-458, **(1937)**.
- 31.- Oliva, L., Flora médica. El copal. *La Naturaleza* I, 37-43, **(1869)**.
- 32.- Ramírez, J., Datos para el estudio de los cuajotes. *An. Inst. Med. Nac.*, **2**, 14-18, **(1896)**.
- 33.- Humboldt, A., A. Bonpland & K. S. Kunth, Burseraceae, In, *Nova genera et species plantarum*, **7**, 23-35, 611-612, **(1825)**.
- 34.- Schlechtendal, D. F. L. . De plantis Mexicanis a G. Schiede, M.Dr., Car. Ehrenbergio allisque, 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.- Engler, A., Burseraceae. In: Engler, A. & K. Prantl. *Dienatürlichen Pflanzenfamilien*. ed. 2. **19a**, 405-456 **(1931)**.
- 38.- Rzedowski, J., Notas sobre el género *Bursera* (Burseraceae) en el Estado de Guerrero, *An. Esc. Nac. Cienc. Biol. Méx.*, **17**, 17-36 **(1968)**.
- 39.- Rzedowski, J., *Plantae Guerrerenses Kruseanae*. **Ciencia**, **28**, 49-56 **(1978)**.
- 40.- 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)**.
- 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*. Instituto de Ecología, A.C. Publicación No. 12. México, D.F., 45-125 **(1984)**.
- 42.- J.L. Villaseñor, *Bol. Soc. Bot. Méx.*, **47**, 65-86 **(1987)**.
- 43.- 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)**.

- 44.- Cuevas G., R. y J. Rzedowski. Una especie nueva de *Bursera* (Burseraceae) del occidente de México, *Acta Bot. Mex.* **46**, 77-81 (1999).
- 45.- 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).
- 46.- Shapiro K, Gong WC. Natural products used for diabetes. *J. Am. Pharm. Assoc.*, (Wash). 2002 Mar-Apr;42(2):217-26.
- 47.- Galati EM, Monforte MT, Tripodo MM, d'Aquino A, Mondello MR. Antiulcer activity of *Opuntia ficus indica* (L.) Mill. (Cactaceae), ultrastructural study, *J. Ethnopharmacol.* , 2001 Jun;76(1):1-9.
- 48.- Lewis, G. P. 1998, *Caesalpinia*, A revision of the *Poincianella Erythrostemon* group. (Caesalpinia Poin-Ery) 152–158.
- 49.- Ulibarri, E. A., 1996. Sinopsis de *Caesalpinia* y *offmannseggia* (Leguminosae - Caesalpinioideae) de sudamérica. *Darwiniana* 34:315.
- 50.- 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 Administrations: 151-153.
- 51.- Allen, O.N.; Allen, Ethel K. 1981. *The Leguminosae: a sourcebook of characteristics, uses, and nodulation*. Madison, WI: University of Wisconsin Press., p.812
- 52.- Athar, M.; Mahmood, A. 1982. New records of legume nodulation from Pakistan, *Pakistan Journal of Botany*. 14: 36.
- 53.- Butani, D.K. 1978. Insect pests of tamarind and their control. *Pesticides*. 12(11): 34-41.
- 54.- 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.
- 55.- Hernández, L., Una especie nueva de *Beaucarnea* (Nolinaceae) del occidente de México, *Acta Bot. Mex.* **18**, 25-29 (1992).
- 56.- Cardel. Y., Rico-Gray, J.G. García-Franco y L.B. Thien. 1996. Ecological Status de *Beaucarnea gracilis*. Lem. (Nolinaceae), An endemic species of the Semiarid Tehuacan Valley, México. *Conservation Biology* 322. 16 pp.

- 57.- Cardel. Y., Rico-Gray, J.G. García-Franco y L.B. Thien. 1997. Ecological Status de *Beaucarnea gracilis*, An endemic species of the Semiarid Tehuacan Valley, México. *Conservation Biology* 1, 1(2):367-374.
- 58.- Hernández, L., 1993, Cladistic analysis of the American genera of Aspagales and the systematic study of *Beaucarnea* (Nolinaceae) and *Hemiphylicus* (Hyacinthaceae), Ph. D. dissertation, University of Texas, Austin.
- 59.- J. Rzedowski, R. Medina y G. Calderón de Rzedowski *Acta Botánica Mexicana*, **81**, 45-70 (2007).
- 60.- Agustina Rosa Andrés-Hernández y David Espinosa Organista. *Bol. Soc. Bot. Méx.*, **70**, 5-12 (2002).
- 61.- Espinosa, D.J. y J.J. Morrone, Historical Biogeographical patterns of Burseraceae and their Taxonomic implications. *Journal of Biogeography*, **28**, 293-304 (2006).
- 62.- J. Rzedowski, 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).
- 63.- Ezequiel Hernández-Pérez, Mariuo González-espinosa, Irma Trejo y Consuelo Bonfil, "Distribución del Género *Bursera* en el Estado de Morelos , México y su relación con el clima.", *Revista Mexicana de Biodiversidad*, **82**, 964-976 (2011).
- 64.- Agarwal, R.B., Rangari y V.D., , P. G., *Ind. J. Pharmacol.*, **3**, 384-867 (2003).
- 65.- Syamasundar, K.V., y Mallavarapu, G. R., *Phytochemistry* , **40**, 337-339 (1995).
- 66.- "Ariensin , a new lignan from *Bursera ariensis* HBK" J.D. Hernández, L.U. Román, J. Espiñeira and P. Joseph-Nathan, *Planta Medica*, **47**, 193 (1983).
- 67.- "Aislamiento y Estudio Químico de los componentes de la resina de *Bursera ariensis* HBK." Tesis para obtener el Título de Químico Farmacobiólogo, presentada por Sergio Manzo Andrade a la Facultad de Químico-Farmacobiología de la U.M.S.N.H. el 10 de agosto de (1988).
- 68.- "Estudio Químico de la Resina del Papelillo" J.D. Hernández, L.U. Román, S. Manzo y P. Joseph-Nathan. *Revista de la Sociedad Química de México*, **31**, 172 (1987).

- 69.- “Análisis de partes aéreas de cuajotes amarillos.” Juan Diego Hernández-Hernández, Rocío Alvarez-García y Luisa Urania Román-Marín. *Rev. Soc. Quím. Méx.*, **45**, C/2, 98 , (2001) XXXVI Congreso Mexicano de Química.
- 70.- “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).
- 71.- “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).
- 72.- “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 (2000). XXXV Congreso Mexicano de Química, San Luis Potosí, S.L.P.
- 73.- “ Absolute Configuration of Podophyllotoxin related lignans from *Bursera fagaroides*, 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).
- 74.- “Preparación de derivados lignánicos del 2-(3,4-dimetoxibencil)-3-(3,4- metilendioxabencil)-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).
- 75.- “Preparación de derivados bromados y nitrados del diacetato de 2- (3,4-metilendioxabencil)-3-(3',4'-dimetoxibencil)-1,4-butanodiol (I), obtenido de *Bursera bolivarii*.” Juan D. Hernández-Hernández, Norma Herrero, Perla Y. López, L. U. Román-Marín, C.M. Cerda-García-Rojas y P. Joseph-Nathan. *Rev. Soc. Quím. Méx*, **47** , C/96 , 147 , (2003).

- 76.- Química y Espectroscopía de los Componentes obtenidos de los Extractos Hexánicos de algunas *Burseras*.” J.D. Hernández, M. García, R. Herrera y L.U. Román II Encuentro Universitario de Investigación Científica, Tecnológica y Humanística, Noviembre **(1992)**, Morelia, Mich.
- 77.- “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 Rocío Alvarez García a la Facultad de Químico-Farmacobiología de la U.M.S.N.H. el 10 de enero del **(2001)**.
- 78.- Doyle, J.A., H. Sauquet and T. Scharaschkin “ Phylogeny, molecular and fossil dating, and biogeographic history of Annonaceae and Myristicaceae (Magnoliales) “*International Journal of Plant Sciences* **165** (4): 55–67, **(2004)**.
- 79.- Fries, R. E. , Annonaceae, Flora of Peru, *Mus. Nat. Hist., Bot. Ser.*13(2/3): 700–766 **(1938)**.
- 80.- S. A. Knight, The Carbon-13 NMR Spectra of Lanosatenol, Euphadienol and Euphenol, *Tetrahedron Letters* , No 1 , 83-86, **1973**.
- 81.- Brako, L. & J. L. Zarucchi. 1993. Catalogue of the Flowering Plants and Gymnosperms of Peru. Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard. 45, 1–1286.
- 82.- Davis, Patricia (2000): «Aromatherapy An A-Z».Vermilion:Ebury Publishing, London.
- 83.- Maas, P. J. M. et al. 1994. Studies in Annonaceae. XXI. Index to species and infraspecific taxa of neotropical Annonaceae. *Candollea* 49:418. [lists as *C. penduliflora* (Sessé & Moç. ex Dunal) Baill.].
- 84.- Murray, N. A. . Revision of *Cymbopetalum* and *Porcelia* (Annonaceae). *Syst. Bot. Monogr.* 40:42, 1993.
- 85.- Siriporn Saepou, Manat Pohmakotr, Vichai Reutrakul, Chalobon Toosook, Jitra Kasisit, Chanita Napaswady Patoomratana Tuchinda. Anti-HIV-1 Diterpenoids from leaves and Twigs of *Polyalthia sclerophylla*. *Plant. Med.*, 76, 721-725, (2010).
- 86.- P. Torres Campello, Tesis de Licenciatura, Universidad de Alicante, España.
- 87.- E. Rodríguez, G.H.N. Towers y J.C. Mitchell. *Phytochemistry* , **15** , 1573 **(1976)**.
- 88.- A. Pinar, B. Rodríguez y A. Alemany, *Phytochemistry* , **17** , 1637 **(1978)**.

- 89.- A. Pinar, *Phytochemistry*, **23**, 2075 (1984).
- 90.- Balbino Juan Mandeño Magan, «Diterpenos Tetracíclicos de las raíces de *Elaeoselinum tenuifolium* y *Elaeoselinum asclepium* sub. *meioides*, Tesis Doctoral, Universidad de Alicante, España.
- 91.- J. Jesús Martín Torres Valencia “Análisis del extracto butanólico de hojas de *Stevia subpubescens* Lag. ; Estructura de una Isoaglicona” Escuela de Químico-Farmacobiología de la U.M.S.N.H.8 de diciembre de 1989.
- 92.- Elvia Celina Alvarez Cisneros “Productos Químicos naturales y algunos derivados obtenidos a partir de los extractos de la resina de *Bursera fagaroides* HBK , *Bursera ariensis* HBK y de la inflorescencia de *Montanoa grandiflora* DC” Escuela de Químico-Farmacobiología de la U.M.S.N.H. 6 de abril de 1990.
- 93.- Morrison y Robert Neilson Boyd, "Química Orgánica, 3ª edición, Fondo Educativo Interamericano. pág. 307-310, New York, N.Y.,(1976).
- 94.- Andrew Streitweiser, Jr. y Clayton H. Heathcock, "Química Orgánica", 1ª Ed., Nueva Editorial Interamericana. pág. 611-614, México, D.F. (1979).
- 95.- Juan Diego Hernández Hernández, "Notas de Química Orgánica I" Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Mich. (2007).
- 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.- “Estudio Químico de la Parte Aérea de *Bursera cuneata* y de *Eupatorium arsenei* Rob.” Tesis para obtener el Título de Químico Farmacobiólogo, presentada por Manuel García Velgara a la Facultad de Químico-Farmacobiología de la U.M.S.N.H., el 8 de febrero de (1996).
- 99.- “Cromatografía de Gases de Aceites Esenciales de Frutos de Siete Especies de *Burseras*”. Juan Diego Hernández, Juan Carlos Guzmán, Leticia García y Luisa Urania Román. *Anuario VII del Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas*, pág. 69-86 (1997).

100.- "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).

101.- "α-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 Científica, Tecnológica y Humanística, *Memorias*, pág. 29, (1999).

102.- "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 (2000). XXXV Congreso Mexicano de Química, San Luis Potosí, S.L.P.

103.- "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. XI Encuentro Universitario de Investigación Científica, Tecnológica y Humanística. *Memorias*, pág. 27, (2001).

104.- Química y Espectroscopía de los Componentes obtenidos de los Extractos Hexánicos de algunas *Burseras*." J.D. Hernández, M. García, R. Herrera y L.U. Román II Encuentro Universitario de Investigación Científica, Tecnológica y Humanística, Noviembre (1992), Morelia, Mich.

105.- "Distribución de terpenoides en *Burseraceae*." Juan D. Hernández-Hernández, A. Hernández, R. Alvarez, Juan C. Guzmán-Martínez, L. Beiza, Y. López, I. Tapia, N. Herrero y Luisa U. Román-Marín. XIII Congreso Italo-Latinoamericano de Etnomedicina, CO/35 (2004). *Planta Medica*, 47, 193 (1983).

106.- Reiko Tanaka y Shunyo Matsunaga *Phytochemistry* , 27 , 2273-2277 (1988).

107.- Manuel García Velgara "Estudio Químico de la Parte Aérea de *Bursera cuneata* y de *Eupatorium arsenei* Rob." Escuela de Químico-Farmacobiología de la U.M.S.N.H. 8 de febrero de 1996

108.- Joel de Jesús Trujillo Serrato "Agliconas flavonoides de *Stevia connata* y Terpenoides de *Verbesina greenmannii*." Escuela de Químico-Farmacobiología de la U.M.S.N.H. 6 de enero de 1993.

109.- "Terpenoid Constituents from Leaves of *Guarea kunthiana*." Fernanda R. Garcez, Walmir S. Garcez, Ana Francisca G. da Silva, Rita de Cassia Bazzo y Ubirazilda M. Resende.  
*J. Braz. Chem. Soc.*, **15**, No. 5, 767-772 (2004).