



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN
NICOLÁS DE HIDALGO**



FACULTAD DE QUÍMICO FARMACOBIOLOGÍA

**“ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS EXTRACTOS HEXÁNICOS DE
LOS TALLOS DE TRES LOTES GUERRERO, PUEBLA Y OAXACA
DE *BURSERIA MIRANDAE*.”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

QUÍMICA FARMACOBIOLOGA

Presenta:

Yazmín Yuritzi Araiza Cabrera

Asesor

D.C. Juan Diego Hernández-Hernández

Morelia, Michoacán.

Enero 2016

El presente trabajo se llevó a cabo 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 dirección del D.C. Juan Diego Hernández-Hernández.

El tema de Tesis forma parte del proyecto

- 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 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Participaciones académicas

“ α -Felandreno obtenido del aceite esencial de frutos y ramillas de la *Bursera submoniliformis*, *B. graveolens*, *B. grabrifolia* y *B. hintonii*, especies de la cuenca superior del río Papaloapan”

9^a Reunión Internacional de Investigación en Productos Naturales, del 29 al 31 Mayo 2013, Mineral de la Reforma, Hidalgo.

“Metabolitos obtenidos de los extractos hexánicos de las ramas y frutillas de la *Bursera submoniliformis*”.

Juan D. Hernández-Hernández, Yazmín Yuritzí Araiza Cabrera.
2^o Verano Nicolaita de Investigación, del 24 de junio al 16 de agosto de 2013, Morelia, Michoacán.

“Triterpenos obtenidos del extracto hexánico de tallos y resina de la *Bursera altijuga* y *Bursera heliae*”.

Juan D. Hernández-Hernández, Yazmín Yuritzí Araiza Cabrera, Antonio Rodríguez-Luna, Cecilia Ruiz-Ferrer y Alejandra Corona-Loeza.

10^a Reunión Internacional en Productos Naturales, del 21 al 24 de mayo de 2014, Mérida Yucatán.

“Características foliares y aislamiento de un triterpeno mayoritario, obtenido de los extractos hexánicos de las ramas de *Bursera heliae* una *Bursera* no defoliante” Juan D. Hernández-Hernández, Yazmín Yuritzí Araiza Cabrera.

3^{er} Verano Nicolaita de Investigación, del 23 de junio al 15 de agosto de 2014, Morelia, Michoacán.

“Ácido morólico y 3-*epi*-lupeol, dos triterpenos aislados de los tallos de *Bursera altijuga*, *B. simplex*, *B. coyucensis*, *B. esparzae* y *B. arida*”.

Juan D. Hernández-Hernández, Yazmín Yuritzí Araiza-Cabrera, Karen D. Escobar-Flores, Isaías Tapia-Quintero, Luisa U. Román-Marín, Carlos M. Cerda-García-Rojas, Pedro Joseph-Nathan.

11^a Reunión Internacional en Productos Naturales, del 20 al 22 de mayo de 2015, San Carlos, Sonora, México. Trabajo al que se otorgó el primer lugar nivel licenciatura.

“Diterpenos hidrocarbonados volátiles de tallos y resina de cinco especies de cuajotes rojos”, un estudio estacional”. Juan D. Hernández-Hernández, Yazmín Yuritzí Araiza Cabrera.

4^o Verano Nicolaita de Investigación del 22 de junio al 14 de agosto de 2015, Morelia Michoacán.

ÍNDICE

Resumen -----	1
Abstract -----	1
Introducción -----	2
Parte Teórica -----	27
Discusión y Resultados -----	45
Parte Experimental -----	65
Conclusiones -----	68
Bibliografía -----	70

Resumen

La *Bursera mirandae* colectada en tres zonas distintas, en los estados de Guerrero, Puebla y Oaxaca se preparó en muestras para su clasificación botánica. Los tallos fueron cortados y macerados en hexano obteniendo sus respectivos extractos.

Los extractos hexánicos concentrados fueron sometidos a una separación en columna cromatográfica con polaridad ascendente. De las fracciones recolectadas se aislaron los metabolitos triperpénicos: acetato de 3-*epi*-lupeilo, 3-*epi*-amirina, 3-*epi*-lupeol, α -amirina y 3-lupenona.

Los metabolitos obtenidos de cada extracto hexánico fueron caracterizados por su análisis espectroscópico de RMN ^1H y ^{13}C , para posteriormente realizar el estudio comparativo en base a los desplazamientos de sus señales significativas ya obtenidas.

El periodo de colecta para las tres muestras fue en los meses de febrero a marzo, época en la que ninguna de las plantas tiene follaje, aunque el hábitat en el que crecen es diferente.

Palabras clave: Bullokia, *Bursera mirandae*, metabolitos, triterpenos, pentacíclicos.

Abstract

The *Bursera mirandae* collected in three different areas in the states of Guerrero, Puebla and Oaxaca prepared samples for botanical classification. The stems were cut and macerated in hexane to obtaining their respective extracts.

Concentrates hexane extracts were subjected to chromatographic separation column with ascending polarity. Of the collected fractions were isolated triterpene metabolites: acetate 3-*epi*-lupeilo, 3-*epi*-amyrin, 3-*epi*-lupeol, α -amyrin and 3-lupenona.

Metabolites of each hexane extract obtained was characterized by spectroscopic analysis ^1H and ^{13}C NMR, later to make a comparative study based on the displacement of their significant signals already obtained.

The collection period for the three samples was in the months of February to March time when none of the plants have foliage, although the habitat in which crecen is different.

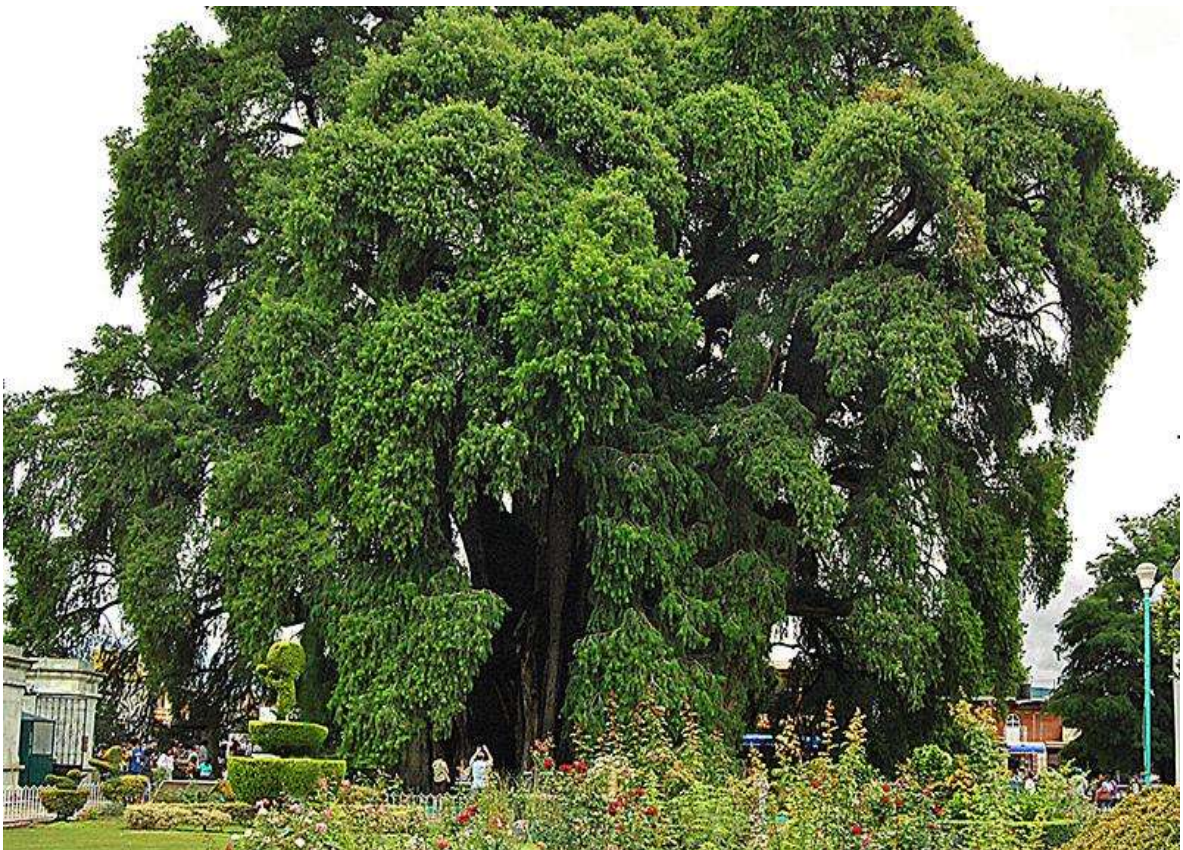
Keywords: Bullokia, *Bursera mirandae*, metabolites, triterpenes, pentacyclic.

INTRODUCCIÓN

Dependiendo de su historia y de sus capacidades de dispersión las especies pueden ocupar grandes extensiones de territorio o estar restringidas a pequeñas regiones.

Especie nativa

Especie que se encuentra dentro de su área de distribución natural u original de acuerdo con su potencial de distribución natural. La especie forma parte de las comunidades bióticas naturales del área. Por ejemplo, los ahuehuetes (*Taxodium mucronatum*) son nativos de México.¹⁻¹¹ Las especies nativas tienen relaciones evolutivas y ecológicas con otras especies con las que han compartido su historia y están bien adaptadas a las condiciones locales.²





Especie endémica

Especie que se encuentra restringida a una región. El término endémico es relativo y siempre se usa con referencia a la región. Por ejemplo, las cactáceas de la región de Cuicatlán en el estado de Oaxaca.¹²⁻²⁰ Las especies endémicas son frágiles ante las perturbaciones ya que la totalidad del área de distribución puede ser alterada.

Especie exótica

Especie introducida fuera de su área de distribución original. Muchas de las especies de plantas ornamentales son especies exóticas provenientes de otros continentes. La jacaranda (*Jacaranda mimoseaefolia*)²¹⁻²⁹ y la bugambilia (*Bougainvillea spp*), son ejemplos de especies exóticas originarias de Sudamérica.³⁰⁻³⁵

Las especies exóticas no tienen relaciones evolutivas con las especies con las que se encuentran en su nuevo territorio y pueden ocasionar fuertes problemas transmitiendo enfermedades desconocidas, compitiendo o depredando a las especies nativas.



Especie invasora

Especie que por sus nuevas condiciones creadas en su ambiente aumenta su población y distribución geográfica. Son especies con gran capacidad de distribución y colonización.³⁶⁻⁴⁶ Pueden ser especies nativas o exóticas. En general, causan daños al ambiente, a la economía y a la salud humana. De hecho, se consideran la segunda causa de extinción de especies, después de la pérdida de hábitat.



Cuenca del río Balsas

Los estados con mayor riqueza conocida y estimada de especies son Chiapas, Guerrero y Oaxaca. La cuenca del río Balsas es una de las más extensas e importantes en México, su superficie es de aproximadamente 112,320 km². Constituye una depresión con dirección este-oeste en la parte centro sur de México, en la que están comprendidas porciones de los estados de Guerrero, Jalisco, México, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Tlaxcala y la totalidad del estado de Morelos. Fisiográficamente está limitada por el eje neovolcánico y la Sierra Madre del Sur, entre las coordenadas 17°00' y 20°00' de longitud norte y 97°30' y 103°15' de longitud oeste.

La mayor parte del área presenta un clima cálido semiseco, siendo hacia el oriente donde se acentúa más la condición de aridez y por lo tanto donde se encuentra la mayor porción de elementos xerófilos.



Asimismo, por su posición entre dos macizos montañosos de gran importancia, esta región se caracteriza por tener varios tipos de vegetación, resultando principalmente de la variación climática que se da en relación al desnivel altitudinal, presentándose desde matorrales xerófilos y bosques tropicales, hasta bosques de encino y pino e incluso pastizales alpinos por arriba del límite de la vegetación arbórea.

La gran diversidad de condiciones ambientales que se dan en la cuenca del río Balsas, así como sus relaciones con las provincias florísticas circundantes, pertenecientes a dos regiones fisiográficas distintas, le confieren una gran riqueza florística.⁴⁷⁻⁵³

Siguiendo el criterio propuesto por Rzedowski, se reconocen los siguientes tipos de vegetación para la cuenca:

- I. Bosque tropical caducifolio
- II. Bosque tropical subcaducifolio
- III. Bosque espinoso
- IV. Matorral xerófilo
- V. Bosque de encino
- VI. Bosque de pino
- VII. Bosque mesófilo de montaña
- VIII. Vegetación acuática y subacuática

Bosque tropical caducifolio

Esta formación es el tipo de vegetación más extendido en la cuenca del río Balsas. Su área de distribución se encuentra entre los 0 y los 1,600 m de altitud; la temperatura media anual es del orden de 20 a 31°C y la precipitación media anual varía entre los 600 y los 1,200 mm.

En estado natural o de poca perturbación, este bosque es una comunidad densa cuya altura oscila entre 5 y 12 m, donde los elementos arbóreos pierden sus hojas casi por completo durante el período de sequía, comprendido entre diciembre y junio, y por lo general florecen a fines de la época seca o bien a principios de la temporada de lluvias.



La estructura de este tipo de vegetación es de un solo estrato arbóreo, aunque en ocasiones pueden existir dos; su composición florística es muy diversa y tiende a presentar algunas variaciones que se producen de acuerdo a las condiciones ecológicas imperantes en el sitio donde la vegetación prospera y además se reconoce que dentro de la cuenca las especies preponderantes pertenecen al género *Bursera*.⁵⁴⁻⁶⁰

Un bosque de este tipo se desarrolla entre los 900 y 1,600 m de altitud, en terrenos sumamente accidentados, formando una franja angosta e irregular de transición con los encinares subtropicales. Los componentes arbóreos de esta variante crecen sobre derrames basálticos y se caracterizan por tener un porte de mayor altura así como conservar por un período más prolongado el follaje durante la época de sequía, esto debido a un mayor grado de humedad existente en estas zonas.

Su área de distribución queda comprendida, principalmente en los declives meridionales de la cordillera neovolcánica en gran parte del estado de Michoacán, así como en algunas zonas de la vertiente interior de la sierra Madre del Sur en Michoacán y Guerrero.

Algunas de las especies más relevantes que constituyen este tipo de bosque son: las Burseraceas (*Bursera ariensis*, *B. diversifolia*, *B. hintonii*), la *Malvaceae* (*Ceiba aesculifolia*), la *Conzattia multiflora* perteneciente a la familia Fabaceae, conocida en el estado de Morelos como guayacán.



Familias como la *Moraceae*, misma que comprende especies laticíferas que generalmente son leñosas, se encuentran distribuidas sobre todo por los países tropicales. Las *Moraceae* están dominadas por árboles y arbustos, con hojas alternas y estípulas concrecentes y con flores unisexuales. Convencionalmente la familia se encuentra dividida por dos secciones; la *Moroideae*, a la que pertenece el género *Morus*, con inflorescencias masculinas y femeninas en amentos. Los sépalos del perigonio en la madurez se vuelven carnosos y participan en la formación de una particular inflorescencia, la mora, cuyo verdadero fruto son las núculas, que están envueltas por el perianto carnosos.

En la segunda sección esta la *Arctocarpeae*, a la que pertenece el género más abundante, el *Ficus* que cuenta con alrededor de 700 especies, de las cuales la más característica es la higuera o *Ficus carica*. Esta familia ha sido importante económicamente desde tiempos remotos; un ejemplo es el árbol del pan, un árbol originario de Asia y actualmente adoptado en América central e introducido al estado de Nayarit por primera vez con fines de reproducción.

Artocarpus heterophyllus, árbol del pan etimológicamente su nombre deriva del griego *artos*, pan, y *karpos*, fruto, aludiendo a las bondades de su fruto, y *atilis* del latín *atilis*, engordar o alimentar, en referencia a su fruto altamente nutritivo. Es una especie que crece rápidamente en condiciones favorables dependiendo del nivel del mar en el que se cultive, su floración principal se produce durante los meses de lluvia, su fruto, la yaca, tarda aproximadamente 20 semanas en alcanzar su madurez, produce entre 150 y 200 frutos en un año (esto dependerá de la edad, la variedad y el hábitat en donde se encuentre).



El género *Ficus* que cuenta con gran variedad de especies en el bosque tropical caducifolio se distribuye prácticamente en todo su territorio, aunque aún no se conoce con precisión, la única revisión taxonómica en la que ha tratado de incluir a todas las especies mexicanas de *Ficus* fue elaborada por Standley, basada en un trabajo previo que incluyó la taxa de México y Centroamérica. Varias décadas después, Ibarra-Manríquez y Wendt describieron cinco especies para el subgénero *Pharmacosycea* en Veracruz. Posteriormente, Carvajal propuso dos nuevas subespecies para *F. insipida* Willd. Carvajal y Peña-Pinela describieron una nueva especie *F. jacquelineae*,⁶⁷⁻⁷⁰ estrechamente relacionada con *F. cotinifolia* Kumth. En 2001 Quintana y Carvajal publicaron un estudio para las 14 especies nativas de *Ficus* de Jalisco. En este mismo año, Carvajal y colaboradores establecieron nuevas combinaciones subespecíficas para *F. cotifolia* y *F. petiolaris*, ambas pertenecientes al subgénero *Urostigma*. Carvajal discutió la validez del uso del nombre *F. americana* Aublet, en sustitución de *F. perforata* L. Finalmente, Serrato,⁷¹ en un análisis biogeográfico de *Ficus* en México, reconocieron 21 especies (seis endémicas al país), de las cuales cinco están incluidas en *Pharmacosycea* y 16 en *Urostigma*. Para el estado de Morelos Standley registró cuatro especies *Ficus* como: el *Ficus cotinifolia* o amate, *Ficus goldmanii*, *Ficus kellermanni* y *Ficus petiolaris*.

Heliocarpus reticulatus es otra familia que forma parte del matorral subtropical de la selva baja caducifolia o del bosque espinoso y encinares de ambientes secos y algunas zonas perturbadas (orillas de carreteras, brechas, terrenos de cultivo).



Es un árbol o arbusto caducifolio perteneciente a la familia *Tiliaceae*⁷²⁻⁷³ conocido popularmente como secua, zicuito, cicua, cicuita, guazima, o jolotzin. Su tamaño va de los 4 a 5 m de altura, florece de agosto a octubre y fructifica de septiembre a diciembre.

En las mismas condiciones de disturbio, en este bosque suele darse lugar a un matorral secundario como la *Ipomoea pauciflora* o casahuate, la que pertenece al género *Ipomoea* de la familia Convolvulaceae⁷⁴⁻⁷⁸ y que agrupa representantes de los más conspicuos y llamativos que forman parte de la flora mexicana, manifestándose principalmente durante los meses lluviosos del año, pero sin faltar durante la época seca.



Estas plantas muestran una gran diversidad en su morfología, por lo que es común encontrar desde pequeñas herbáceas, hasta grandes lianas, arbustos y algunos árboles. Exhiben una amplia variedad de colores que varían desde el blanco hasta los matizados de azul como el de la *Ipomoea cairica*, el fucsia de la *Ipomoea digitata*, el amarillo de *Ipomoea ochracea* o el rojo de la *Ipomoea quamoclit*. Todas ellas manifiestan diferentes tonalidades, tamaños y formas diversas.

Otra planta de esta región es la *Guazuma ulmifolia*⁷⁹⁻⁸⁵ que se desarrolla en sitios abiertos como laderas de montañas bajas y cañadas, márgenes de ríos y arroyos, sitios desmontados, siendo común en áreas secas y húmedas, como en represas y es propia de zonas bajas cálidas, desarrollándose en temperaturas que van de los 20 a 30 °C con períodos secos de 4 a 7 meses. Es una *Sterculiaceae* cuyo nombre conocido es Cuaulote en los estados de Oaxaca, Morelos, Guerrero y Chiapas. Es una especie caducifolia, en la época seca pierde sus hojas durante un corto período, florece casi todo el año especialmente de abril a octubre.



La *Glicidia sepium*,⁸⁶ de nombre popular Cacahuananche. Su madera, principalmente la de árboles viejos es excelente como leña, el duramen quema lentamente, produciendo buenas brasas y poco humo. Su utilidad como leña se complementa con su buena capacidad de rebrote y facilidad para podarla y cortarla.

Otra variante del bosque tropical caducifolio, lo encontramos desarrollándose en altitudes que fluctúan entre los 400 y 800 m aproximadamente, sobre suelos someros con pendiente moderada, de origen metamórfico o bien sedimentario. Este bosque se desarrolla generalmente en condiciones de alto disturbio, debido fundamentalmente a las actividades agrícolas y ganaderas de la región.

Se localiza en una amplia zona de la parte occidental de la cordillera costera del sur, comprendiendo la mayor parte de las subcuencas de los ríos Tepaltepec, Cutzamala, Tacámbaro o Carácuaro, en el estado de Michoacán y la parte media del río Balsas, que corresponde al estado de Guerrero.



Las principales especies arbóreas que forman este tipo de vegetación son: *Lysiloma divaricatum*⁸⁷⁻⁹⁵ de nombre popular Tepemezquite, la *Cordia elaeagnoides*, *Cyrtocarpa procera*, *Tabebuia impetiginosa*, *Haematoxylon brasiletto* o Palo de Brazil, la *Julianeaceae Amphipterygium adstringens* conocida como Cuachalalate,⁹⁶⁻¹⁰⁴ (debido a su sobreexplotación se encuentra en peligro de extinción) *Ruprechtia fusca*, *Vitex pyramidata*, *Pterocarpus orbiculatus*, *Ceiba aesculifolia* o Pochote, *Bursera copallifera*, *B. hintonii*, *B. kerberi* y *B. trímera*.



Cochlospermum vitifolium,¹⁰⁵⁻¹⁰⁶ de nombre común Pánicua, en Michoacán; una especie cuya distribución es ininterrumpida desde México hasta Sudamérica, prospera en climas secos, pero sus flores son más grandes en las zonas húmedas. Se desarrolla en suelos de tipo: arcilloso, moreno-seco y roca caliza. Su madera produce un tinte amarillo-naranja que se usa para teñir ropa de algodón.



Cuando este tipo de bosque es destruido generalmente por las prácticas de cultivo en el sistema roza-tumba-quema, con el tiempo se genera en su lugar una vegetación secundaria rica en leguminosas arbustivas y algunas otras especies arbustivas y arbóreas. Estas asociaciones secundarias reciben el nombre de “renovales”, teniendo gran importancia alimentaria para el ganado.

Algunas de las principales especies que se encuentran en los renovales suelen ser las *Fabaceae* *Acacia angustissima*, *A. cochliacantha*, *A. farnesiana*, *A. macilenta*, *A. pennetula*, *Gliricidia sepium*, *Cordia elaeagnoides*, *Piptadenia flava*, *Mimosa polyantha*, *M. langlassei*, *Senna skinneri*, *Caesalpinia eriostachys*, *C. platyloba*, *C. pulcherrima*, *Pithecellobium acatlense* y *Guazuma ulmifolia*.



En estos mismos lugares se genera un tipo de vegetación riparia a lo largo de los lechos de ríos y arroyos de temporal, entre los cuales destacan algunos árboles de talla sobresaliente y arbustos, estos últimos generalmente trepadores, conservan en su mayoría el follaje todo el año. Especies que destacan en esta vegetación son: *Andira inermis*, *Licania arborea*, *Enterlobium cyclocarpum*, *Pithecellobium dulce*, *Ficus cotinifolia*, *F. goldmanii*, *F. maxima*, *Astianthus viminalis*, *Thouinidium decandrum*, *Pterocarpus orbiculatus*, *Muntingia calabura*, *Crateava tapia*, *Morisonia americana* y *Celtis iguanaea*.

La porción más baja del río Balsas se encuentra dominada por un bosque tropical caducifolio cuyas características fisionómicas y estructurales varían con respecto al bosque tropical caducifolio típico, esto debido a las condiciones de aridez que se acentúan en esta área, sobre todo en las cercanías de la presa de Infiernillo, donde la altitud varía entre los 100 y 300 m, la temperatura alcanza 30 y 31 °C, la precipitación anual oscila entre 460 y 1,000 mm, correspondiendo a los límites superiores a las serranías que bordean esta área. Un rasgo característico de esta región es el corto periodo de lluvias seguido de una larga y fuerte temporada de sequía.



En general, fisionómicamente las comunidades vegetales que ocupan esta área son más abiertas y la altura de sus componentes principales oscila entre los 4 y 8 m; su composición florística presenta un alto porcentaje de cactáceas columnares, incluso llegando a dominar en algunas laderas, dando lugar a un matorral crassicaule típico. Otras familias bien representadas en este tipo de bosques son las Burseraceae y Leguminosae.

Algunas de las especies mejor representadas son: la *Boraginaceae* *Cordia elaeagniodes*, *Lysiloma tergeminum*, *Apoplanesia paniculata*, *Bursera coyucensis*, *B. crenata*, *B. grandifolia*, *B. paradoxa*, *B. trimera*, *Ziziphus mexicana*, *Randia capitata*, *Mimosa spirocarpa*, *M. guatemalensis*, *M. langlassei*, *M. nelsonii*, *M. palmeri*, *M. rosei*, *Stenocereus fricii*, *S. griseus*, *S. pruinosus*, *S. quevedonis* y *S. weberi*.



En el estado de Puebla para la región del Alto Balsas, Guizar ha descrito un tipo de bosque tropical caducifolio, distribuido en las partes altas de los cerros, y en cuya composición florística resaltan entre otras: *Bursera aptera*, *B. fagaroides*, *B. lancifolia*, *B. morelensis*, *B. schlechtendalii*, *Actinocheita filicina*, *Euphorbia fulva*, *Acacia bilimekii*, *A. coulteri*, *A. pennatula*, *Conzanttia multiflora*, *Croton rzedowskii*, *Pithecellobium acatlense*, *Tecoma stans* y *Wimmeria pubescens*. Con respecto a las partes bajas de los cerros y orillas de los cauces, encontramos elementos florísticos como son *Hauya elegans*, *Cedrela salvadorensis*, *Bursera grandifolia*, *B. vejar-vazquizi*, *Sideroxylon capari*, *Lasiacis divaricata*, *Dorstenia drakeana*, *Euphorbia antisiphylitica*, *E. fulva*, *Cytocarpa procera*, *Thevetia thevetioides* y *Ceiba parviflora*.

En general, la distribución de los vegetales está determinada por la interacción entre la naturaleza individual de las plantas y los factores ambientales que la rodean, los cuales pueden ser de carácter climático, como lo son la temperatura, la luz, la lluvia, etc., y de carácter dependiente de la naturaleza propia del suelo y de los elementos biológicos que lo componen. La temperatura es uno de los factores más importantes que operan en el proceso de la floración, ya que su margen de fluctuación entre máxima y mínima determina la germinación de las semillas, su distribución geográfica y la estación del año en que la especie se desarrolla y florece.





En la porción central de dicho territorio, en la región centro se encuentra Eduardo Neri municipio del estado de Guerrero, en el que se presenta una vegetación característica de la selva baja caducifolia, con asociaciones de matorral xerófilo y en la parte alta bosque de encino. Un análisis de la riqueza de especies y géneros, permitió conocer la abundancia.

Tabla 1. Abundancia de especies y géneros en el municipio de Eduardo Neri.

	Especie	Género
Asteraceae	156	77
Leguminosae	139	53
Gramineae	77	41
Euphorbiaceae	71	17
Convolvulaceae	45	-
Rubiaceae	41	14
Labiatae	34	-
Boraginaceae	31	-
Acanthaceae	30	13
Solanaceae	30	-
Burseraceae	28	-
Cactaceae	28	-
Orchidaceae	28	15

Un análisis de distribución general de las especies, permitió conocer los endemismos específicos del estado de Guerrero que se encuentran en el municipio de Eduardo Neri, estos son: *Aeschynomene lyonnetii* Rudd, *Beaucarnea hiriartiae* L. en la que la *Beaucarnea gracilis* es un elemento florístico importante en el valle de Cuicatlán en el estado de Oaxaca; la Fabaceae *Brongniartia guerreronis* J. Jiménez Ram. et J. L. Contr., *Bursera bonetii* Rzed., *Bursera chemapodicta* Rzed., *Bursera mirandae* C. A. Toledo, *Bursera suntui* C. A. Toledo, *Croton websteri* Martínez-Gordillo et J. Jiménez Ram., *Dandya balsensis* López-Ferrari et Espejo, *Desmanthus balsensis* J. L. Contr., *Esenbeckia* sp. nov. ined., *Fouquieria leonilae* Miranda, *Gossypium laxum* L., *Hechtia mooreana* B. L. Sm., *Jatropha elbae* J. Jiménez Ram., *Jatropha websteri* J. Jiménez Ram., *Justicia zopilotensis* Henrick et Hiriart, *Lonchocarpus huetamoensis* M. Sousa et J. C. Soto ssp. *xochipalensis* M. Sousa et J. C. Soto, *Mammillaria guerreronis* (Bravo) Backeb., *Manihot obovata* J. Jiménez Ram., *Merremia macdonaldii* Valencia et Martínez-Gordillo, *Peniocereus zopilotensis* (Meyran) Buxb., *Pilocereus guerreronis* (Beckeb) Byles et G. D. Rowley, *Pseudosmodingium barkleyi* Miranda, *Ruellia fruticosa* Sessé et Moc., *Rhus nelsonii* F. A. Barkley, *Selaginella rzedowskii* Lorea-Hern., *Tetramerium glutinosum* Lindau y *Thompsonella xochipalensis* Gual, Peraltaet Pérez-Calix.





La *Bursera mirandae* es una especie que pertenece a la sección *Bullockia*, dividida actualmente en subgrupos, una de ellos es el subgrupo de la *Bursera glabrifolia*, el cual presenta cuatro clados importantes que se pueden caracterizar por su patrón de distribución geográfica, el clado 4 es el que comprende la región del Balsas Oriental-Papaloapan¹⁰⁷⁻¹¹³ y

está constituido por tres especies relacionadas biogeográficamente la *Bursera bonetti*, la *Bursera biflora* y la *Bursera mirandae* cuya distribución se encuentra restringida a la parte oriental del río Balsas y su región vecina en el valle de Tehuacan-Cuicatlán.





Es una especie poco frecuente, originalmente sólo conocida de la parte central de Guerrero, aunque también se ha registrado en los estados de Puebla y Oaxaca, en este último estado crece tanto en la cuenca del Papaloapan, como en la del río Tehuantepec; esta especie posee una variación morfológica de su corteza lo que le confiere características especiales, por lo que se considera perteneciente a la sección *Bullockia*, aunque la especie presente en su corteza poca exfoliación.

La *Bursera mirandae* colectada en el estado de Guerrero midió alrededor de 7 m de altura, su tronco medio 16 cm de diámetro, su corteza es de color café-rojizo oscuro a grisáceo, las exfoliaciones que presenta forman pequeños relieves verticales poco continuo. En tanto la *Bursera mirandae* colectada en el estado de Puebla midió alrededor de 8 m de altura, su tronco medio 18 cm de diámetro, su corteza color café-rojizo claro y las exfoliaciones que presenta forman relieves verticales más grandes y continuos. De la colectada en el estado de Oaxaca, la totalidad de su corteza es de color café-rojizo diferente para las tres especies, los relieves son de consistencia acartonada.





Estas diferencias en las características de la exfoliación pueden deberse a las condiciones climáticas, dado que la especie del estado de Guerrero crece en un clima de mayor temperatura, respecto a las otras dos *Burseras*, además no se sabe con exactitud si las tres tienen la misma edad, ya que las especies colectadas son de tamaño aproximado como referencia en la comparación.



Las hojas de las especies colectadas en los estados de Guerrero y Puebla son glabras y ambas se presentan aglomeradas en forma de rosetas que van de 5 a 11 cm de largo y de 2.6 a 3.7 cm de ancho con 4 a 8 pares de folíolos, pero más frecuentemente de 6 pares de folíolos, el raquis es no alado, el margen asimétricamente dentado,

el ápice va de agudo a acuminado, base aguda redondeada, las nervaduras, el raquis y



el peciolo son levemente glandulares y algo pilosos para ambos casos, y el color de las hojas es idéntico. Las hojas de la especie colectada en el estado de Oaxaca son mas chicas, de un color más oscuro, los bordes son escasamente aserrados más aglomerados, y las nervaduras son más definidas.

En los tres casos, las rosetas se encuentran rodeadas de varias series de catafolios; su inflorescencia es tetrámera, la cual aparece en los meses de junio y julio por lo general antes de que las lluvias lleguen y antes de que brote el follaje; los frutos son ovobados fructificando de septiembre hasta noviembre.



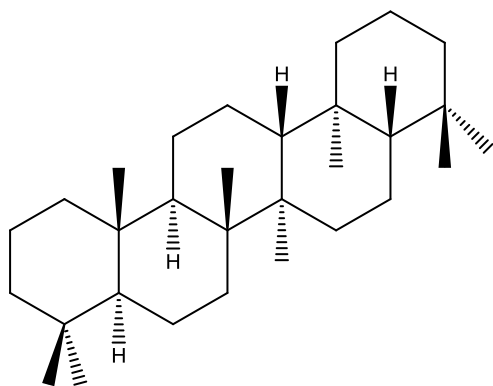
Las muestras colectadas en las tres localidades fueron preparadas para su clasificación en el mes de julio de 2013 a 8 km al este de Xochipala, en el municipio de Zumpango del Río sobre la carretera a Milpillas en Guerrero. En el estado de Puebla se colectó en el mes de septiembre de 2014 y la muestra colectada en el estado de Oaxaca fue realizada en el mes de agosto de 2014 a 18 km hacia el sur por la carretera que conecta San Pablo Villa de Mitla con San Bartolo Albarradas.

Las tres especies de *Bursera mirandae*, son plantas que crecen y se encuentran en sitios con particular concentración de taxa endémicos, como la cuenca del río Balsas o las sierras Madre Occidental y Oriental.

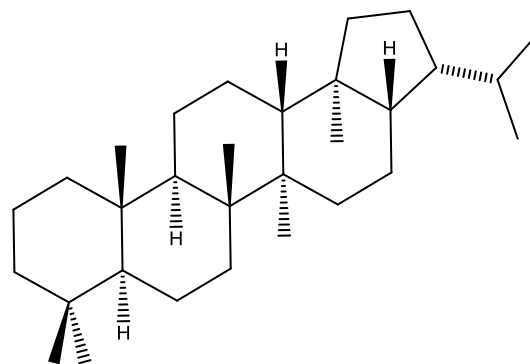
El estudio comparativo de los extractos hexánicos de los tallos de los tres lotes de *Bursera mirandae* colectados en los estados de Guerrero, Puebla y Oaxaca, es el objeto del presente trabajo de investigación.

PARTE TEÓRICA

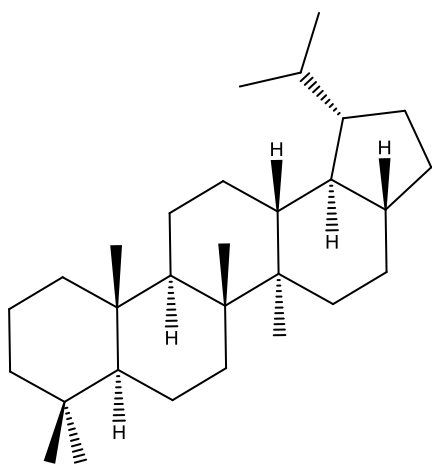
Los triterpenos son estructuras que constan de 6 unidades isoprénicas. A la fecha se han aislado más de 20,000 triterpenos, entre ellos los tetracíclicos y los pentacíclicos, cabe mencionar que éstos últimos son los más abundantes. Pueden encontrarse como metabolitos en forma libre formando parte de una aglicona (sapogeninas) o glicosidados unidos a unidades de azúcar, los cuales podrían ser glucósidos triterpénicos, en los que la unidad del azúcar fuera glucosa; estos glucósidos y en particular los glucósidos son llamados también saponinas. Los triterpenos pentacíclicos se dividen en subgrupos, como los gammaceranos **1**, hopanos **2**, lupanos **3**, oleananos **4**, ursanos **5**, etc. Todos ellos se diferencian unos de otros en función de su esqueleto hidrocarbonado.¹¹⁴⁻¹¹⁹



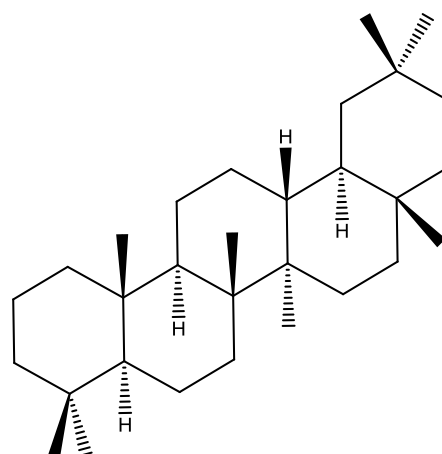
GAMMACERANO (1)



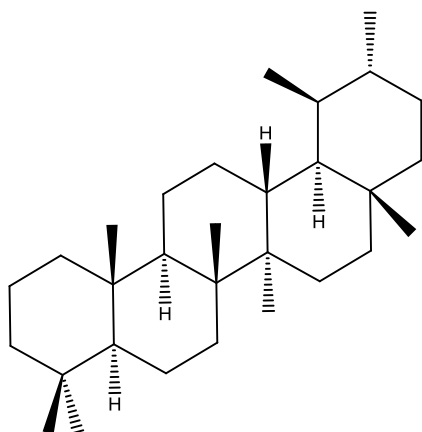
HOPANO (2)



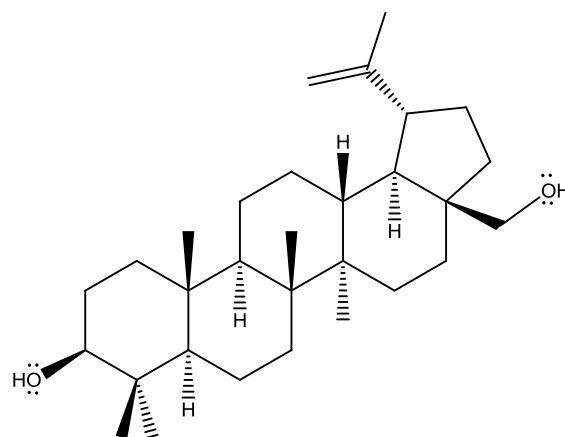
LUPANO (3)



OLEANANO (4)



URSANO (5)



BETULINA (6)

La betulina fue uno de los primeros productos naturales aislados de plantas; fue descrita por vez primera en 1876 por Hausmann. Investigaciones detalladas incluyeron su análisis elemental; su estructura básica es la de un triterpeno pentacíclico con esqueleto de lupano, se le conoce también como betuliol y se encuentra descrita en el





Chemical Abstracts como lup-20(29)-en-3,28-diol,(3 β) 6. Se encuentra distribuída ampliamente en la naturaleza, se ha usado en estudios geoquímicos, en el seguimiento de las variaciones, fijación y diagénesis de materia orgánica depositada en sedimentos a lo largo de los márgenes continentales. Posee alta estabilidad térmica y sus dos grupos oxhidrilo uno primario y el otro secundario presentan baja reactividad. La Betulina muestra actividad antitumoral y antiviral.



De la corteza del abedul se han aislado entre el 10-14% de betulina, además ha sido utilizada como antiséptico y en la medicina popular se usa para tratar una amplia variedad de enfermedades. Además, los nativos americanos utilizaban la corteza de aliso rojo o *Alnus rubra* (que contiene betulina y lupeol) para el tratamiento de envenenamiento, picaduras de insectos e irritaciones de la piel. También presenta actividad bacteriostática contra *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Shigella flexneri* y *Staphylococcus aureus*. Algunos ejemplos de plantas que contienen betulina y se encuentran sistemáticamente distribuídas dentro de las Angiospermas son predominantemente árboles y

arbustos como la *Betula verrucosa* que se caracteriza porque sus ramas jóvenes tienden a encontrarse caídas, pendulantes y sus hojas contienen el betulinol (6) que tiene acción febrífuga y su empleo como antitérmico da buenos resultados. La savia tiene acción diurética y antirreumática.

Fraxinus americana, es un árbol que presenta algunas variedades como:

Fraxinus americana var. *biltmoreana* (Beadle) J.Wright ex Fern.

Fraxinus americana var. *crassifolia* Sarg.

Fraxinus americana var. *curtissii* (Vasey) Small

Fraxinus americana var. *juglandifolia* (Lam.) Rehder

Fraxinus americana var. *microcarpa* Gray



Es popularmente conocido como fresno blanco americano, fresno americano o fresno blanco. Esta especie es una de las más conocidas del género *Fraxinus* y son árboles que llegan a medir hasta 35 m de altura.

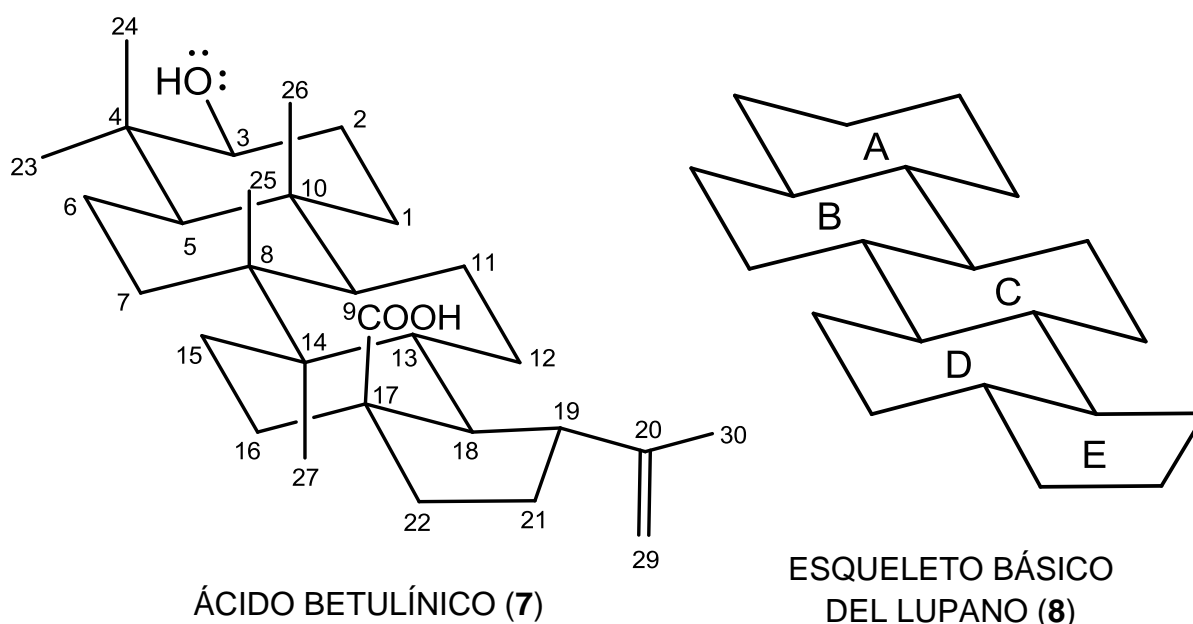


La *Llex verticillata* es una planta arbustiva de tamaño mediano y su nombre popular es Winterberry. Apreciada como planta ornamental por el color brillante de sus bayas, las cuales son muy densas en la planta y su visibilidad aumentada por la pérdida de follaje. Siempre verde sus hojas no son perennes; el follaje verde púrpura se vuelve negro con la primera helada; sus flores son poco visibles, sin embargo, son seguidas por densos racimos de bayas rojas brillantes que permanecen en las ramas durante todo el invierno.

Extremadamente vistoso a finales de otoño y principios de invierno, cuando se cubre con sus frutos. Estos arbustos son planta masculina o planta femenina, una característica típica de la familia del acebo. Los pájaros son atraídos fácilmente a ellos; éste arbusto crece en sitios húmedos o secos; es una planta fácilmente adaptable de manera natural.

La especie de *Llex decidua*, se encuentra en los matorrales y sitios húmedos desde el estado de Virginia hasta Texas EE.UU. También tiene la fruta roja distintiva de los acebos. Las ramas desnudas de sus hojas, cubiertas de bayas también son populares para el corte.

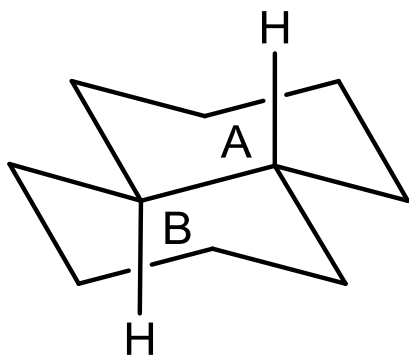
Una estructura cercanamente relacionada a la betulina es la del ácido betulínico **7** llamado también ácido 3 β -hidroxi-lup-20(29)-en-28-oico. Se ha obtenido de la corteza del árbol del abedul o *Betula pendula* y de la planta *Platanus acerifolia*, de nombre popular plátano de sombra, que pertenece a la familia Platanaceae. Es una especie que presenta una longevidad de 300 años. Estudios de los derivados amídicos del ácido betulínico **7** mostraron que presenta una actividad específica contra el crecimiento de células de melanoma, además de establecer un nuevo mecanismo de acción contra la replicación de virus de inmunodeficiencia humana.



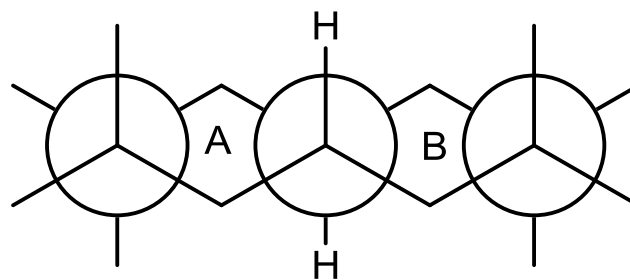
Las estructuras derivadas del esqueleto básico del lupano **8**, constan de cinco anillos (A-E), de estos cuatro son de seis miembros (A-D) y presentan una conformación de silla, siempre y cuando no se encuentren presentes enlaces dobles. El quinto anillo D es de cinco miembros y presenta conformación plegada tipo sobre. El análisis conformacional de un anillo de seis miembros establece que el conformero más estable es el de silla y en esta conformación no existe desviación alguna del ángulo normal del enlace de todos y cada uno de los seis átomos de carbono que

forman parte del anillo, por lo que éste se encuentra plegado, dando como resultado que cada átomo de carbono se encuentra unido a dos átomos de carbono y éstos a dos átomos de hidrógeno.

La manera en que se unen entre sí los anillos de seis miembros en su conformación más estable es la *trans*, es decir de los dos átomos de carbono cabeza de puente de la *trans*-decalina **9** o biciclo-[4.4.0]-decano, de nombre común perhidronaftaleno. Los átomos de carbono comunes a los dos anillos son los carbonos metínicos CH. Éstos tienen sus enlaces C-H formando un ángulo diedro con una separación angular entre ellos de 180° como en el caso de **10**.

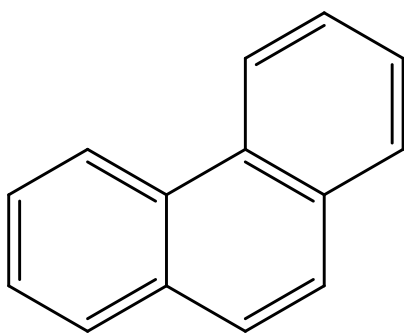


trans-DECALINA (**9**)



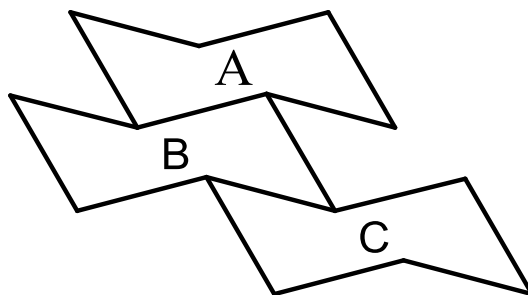
PROYECCION DE NEWMAN
DE LA *trans*-DECALINA (**10**)

Si se toma en consideración un anillo más, los anillos A, B y C el patrón de referencia estructural se deriva de un sistema aromático. Para éste de tres anillos aromáticos de seis miembros correspondería el fenantreno **11** que tiene dos arreglos posibles, el lineal y el modo angular. De éste último, el anillo central cuenta con un anillo vecino con el que comparte dos átomos de carbono, los cuales son comunes a ambos anillos. Los átomos de carbono de los tres anillos presentan un estado de hibridación sp^2 y la fórmula molecular de este sistema es $C_{14}H_{10}$.



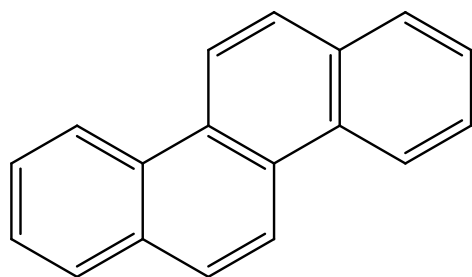
FENANTRENO (**11**)

El correspondiente sistema saturado presenta un estado de hibridación sp^3 para todos sus átomos de carbono y su fórmula molecular es $C_{14}H_{24}$. La estructura es llamada perhidrofenantreno **12**.

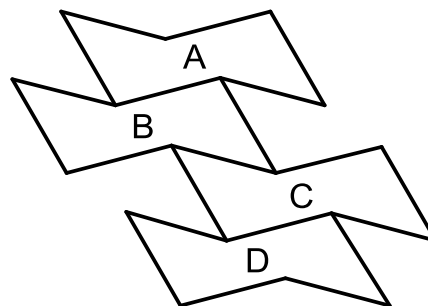


PERHIDROFENANTRENO (12)

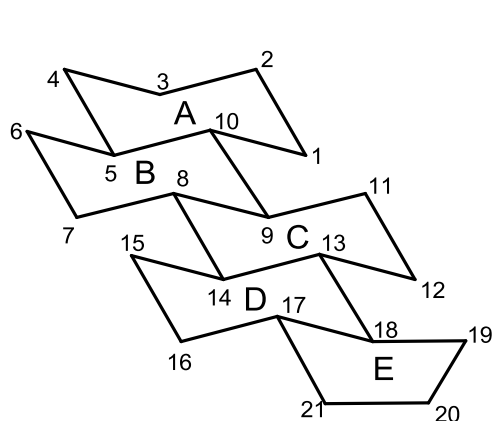
Tomando en consideración un anillo más, los anillos A, B, C y D cuya nomenclatura es la de un sistema de cuatro anillos aromáticos de seis miembros, su arreglo continua siendo lineal al modo angular y la fórmula molecular de éste sistema es $C_{18}H_{12}$ correspondiendo al criseno **13**. El sistema totalmente saturado en el cual todos los átomos de carbono presentan un estado de hibridación sp^3 , tiene la fórmula molecular $C_{18}H_{24}$ y es llamado perhidrocriseno **14**.



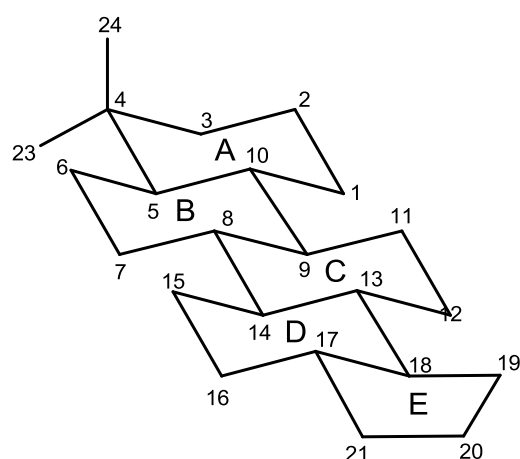
CIRSENO (13)



PERHIDROCRISENO (14)

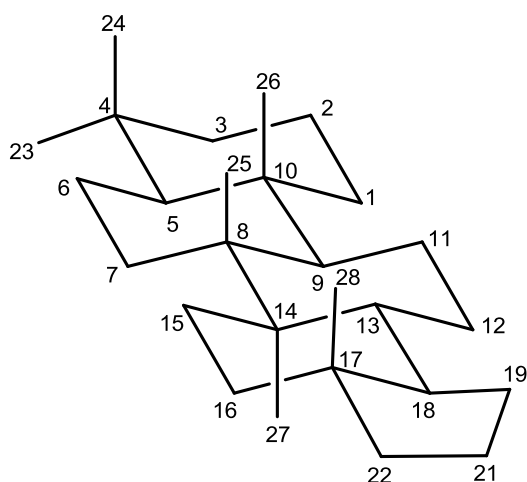


CICLOPENTANO
PERHIDROCRISENO (15)



4,4'-DIMETIL CICLOPENTANO
PERHIDROCRISENO(16)

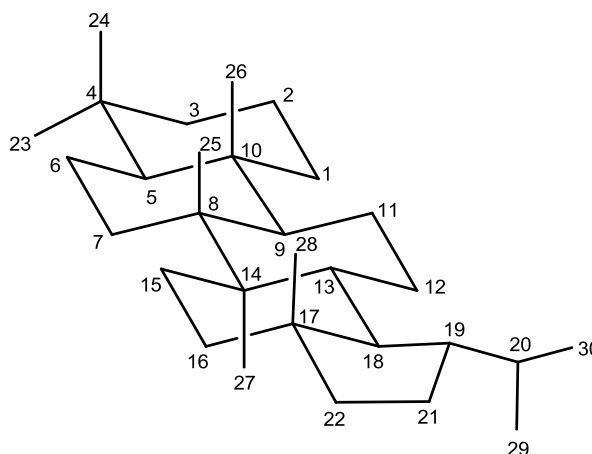
Al agregar un anillo más A, B, C, D y E el sistema es de cinco anillos, cuatro de ellos son de seis miembros y el quinto es de cinco, continuando la extensión anular de manera lineal, correspondiendo al ciclopentanoperhidrocristeno **15**. Dicha estructura tiene el esqueleto básico del lupano C_{21} , el resto de átomos de carbono para completar la estructura de los triterpenos, en éste caso pentacíclicos, se colocan de la siguiente manera: Dos grupos metilo sostenidos geminalmente en C-4 **16**; correspondientes a los



4,4',8,10,14,17-HEXAMETILCICLOPENTANO
PERHIDROCRISENO (17)

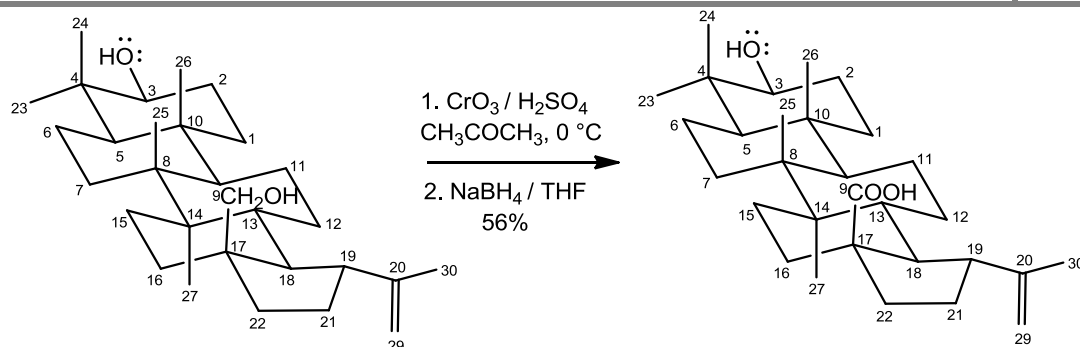
metilos Me-23 α y Me-24 β , de acuerdo al número que les corresponde en el sistema del lupano. Posteriormente se colocan los llamados metilos angulares, sostenidos en los carbonos cuaternarios C-8, C-10, C-14 y C-17, cuya numeración y orientaciones corresponden al sistema del lupano como Me-25 β , Me-26 β , Me-27 α y Me-28 β de la estructura representada en el compuesto **17**, que es de C_{27}

Para completar el sistema de los triterpenos C-30, faltan tres átomos de carbono, los cuales corresponden a un grupo isopropilo en C-19 y con orientación alfa, correspondiente al lupano **18**.



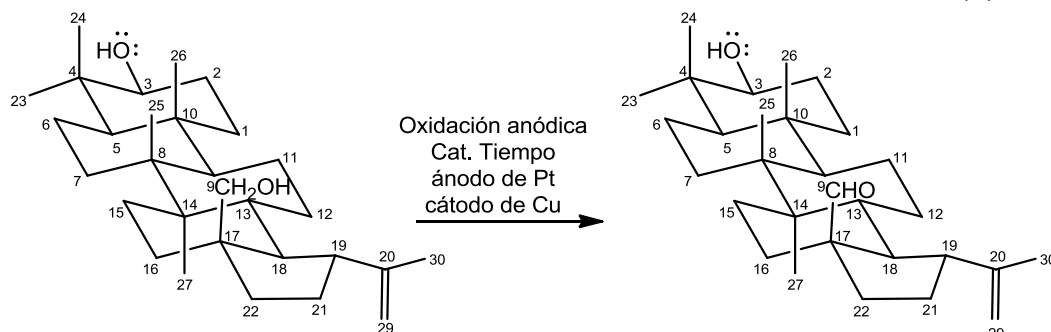
4,4',8,10,14,17-HEXAMETIL-19-ISOPROPIL
CICLOPENTANOPERHIDROCRISTENO (**18**)

Es una estructura que consta de ocho metilos (Me-23 α , Me-24 β , Me-25 β , Me-26 β , Me-27 α , Me-28 β , Me-29 y Me-30), la orientación de los metilos del grupo isopropilo, en C-19, no se especifica, ya que estos tienen giro libre debido al enlace simple C-19 con C-20 y además el C-20 no es un centro estereogénico. Tiene también once metilenos (C-1, C-2, C-3, C-6, C-7, C-11, C-12, C-15, C-16, C-21 y C-22), seis carbonos metínicos de los cuales cinco de ellos son centros estereogénicos (C-5, C-9, C-13, C-18 y C-19) y el sexto es el carbono metínico del grupo isopropilo (C-20, C-29 y C-30). Tomando en consideración la suma de los carbonos de los ocho grupos metilo, la de once metilenos y la de seis carbonos metínicos hay un total de 25 átomos de carbono protonados, quedando únicamente cinco átomos de carbono sin protonar, que corresponden a los carbonos cuaternarios (C-4, C-8, C-10, C-14 y C-17), respectivamente.



BETULINA (6)

ÁCIDO BETULÍNICO (7)



BETULINA (6)

3β-HIDROXI-20(29)-EN-LUP-28-AL (19)

ÁCIDO BETULÍNICO (7)

También se ha descrito en la literatura la transformación de la betulina en el ácido betulínico, debido a que de varias fuentes naturales se ha aislado la mezcla de



ambos, por lo que la separación de esta mezcla no es fácil y lo más práctico es interconvertirlos. En esta transformación el compuesto intermedio obtenido **19** correspondiente al 3β-hidroxi-20(29)-en-lup-28-al es semejante al metabolito secundario obtenido de la cromatografía de los extractos hexánicos de los tallos de la *Bursera aptera*.

De las fracciones eluidas en HEX-CH₂Cl₂ 7:3, resulto el betulonal **20** o lup-20(29)-en-28-al-3-ona, del cual se muestra su espectro de RMN de ¹H (Figura 1). La diferencia en la estructura reside únicamente en que el oxhidrilo secundario en C-3 del compuesto **19**, se encuentra oxidado a la cetona correspondiente.

Se puede apreciar la señal simple a campo bajo desplazada a 9.84 ppm característica del hidrógeno y a campo alto las señales correspondientes para los metilos del grupo aldehído, además las dos señales simples de los hidrógenos vinílicos del grupo isopropilideno y el grupo de señales traslapadas.

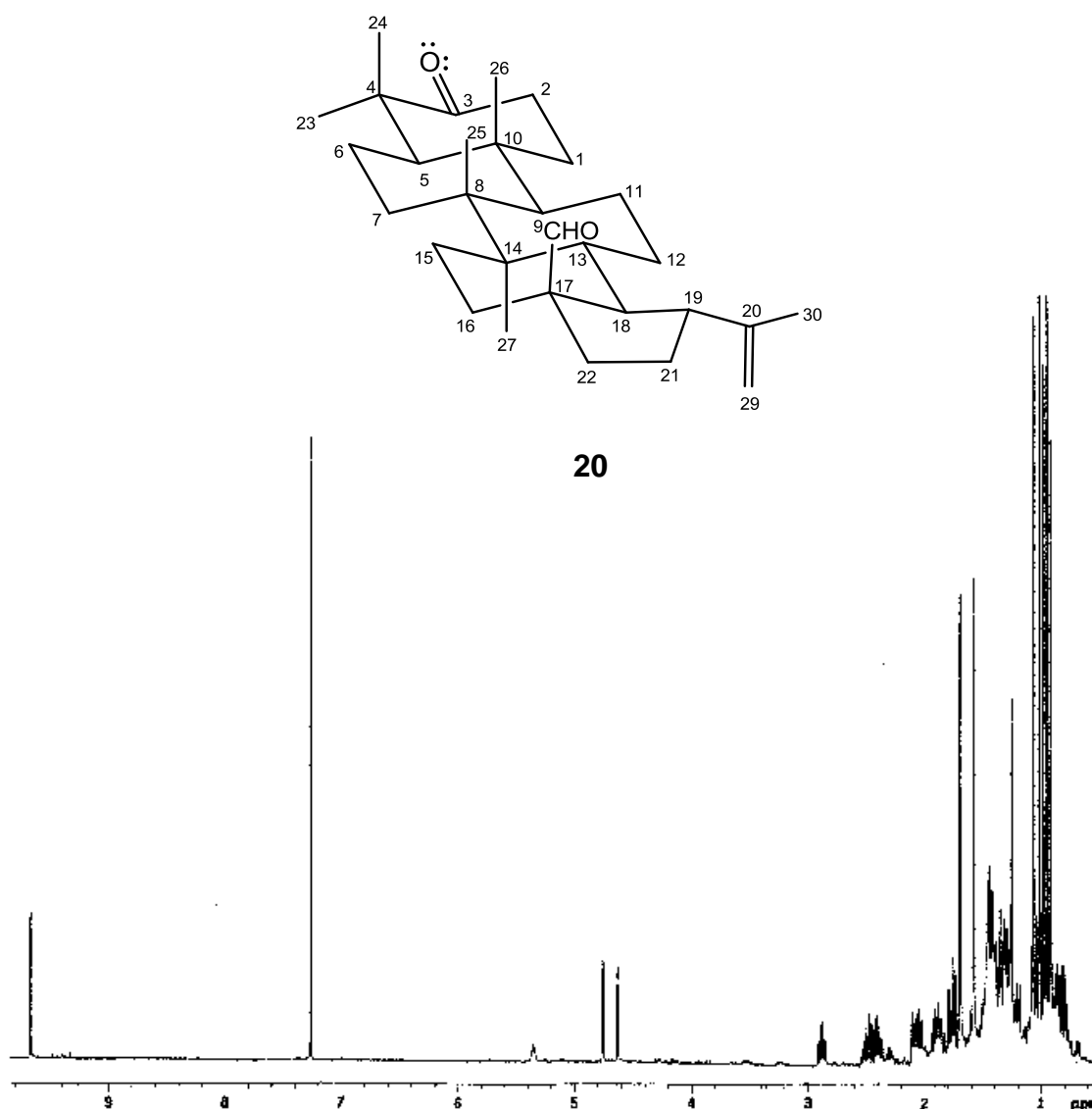


Figura 1. Espectro de RMN de ¹H a 200 MHz del betulonal

Se han obtenido a partir de la betulina **6** derivados funcionalizados (Figura 2).

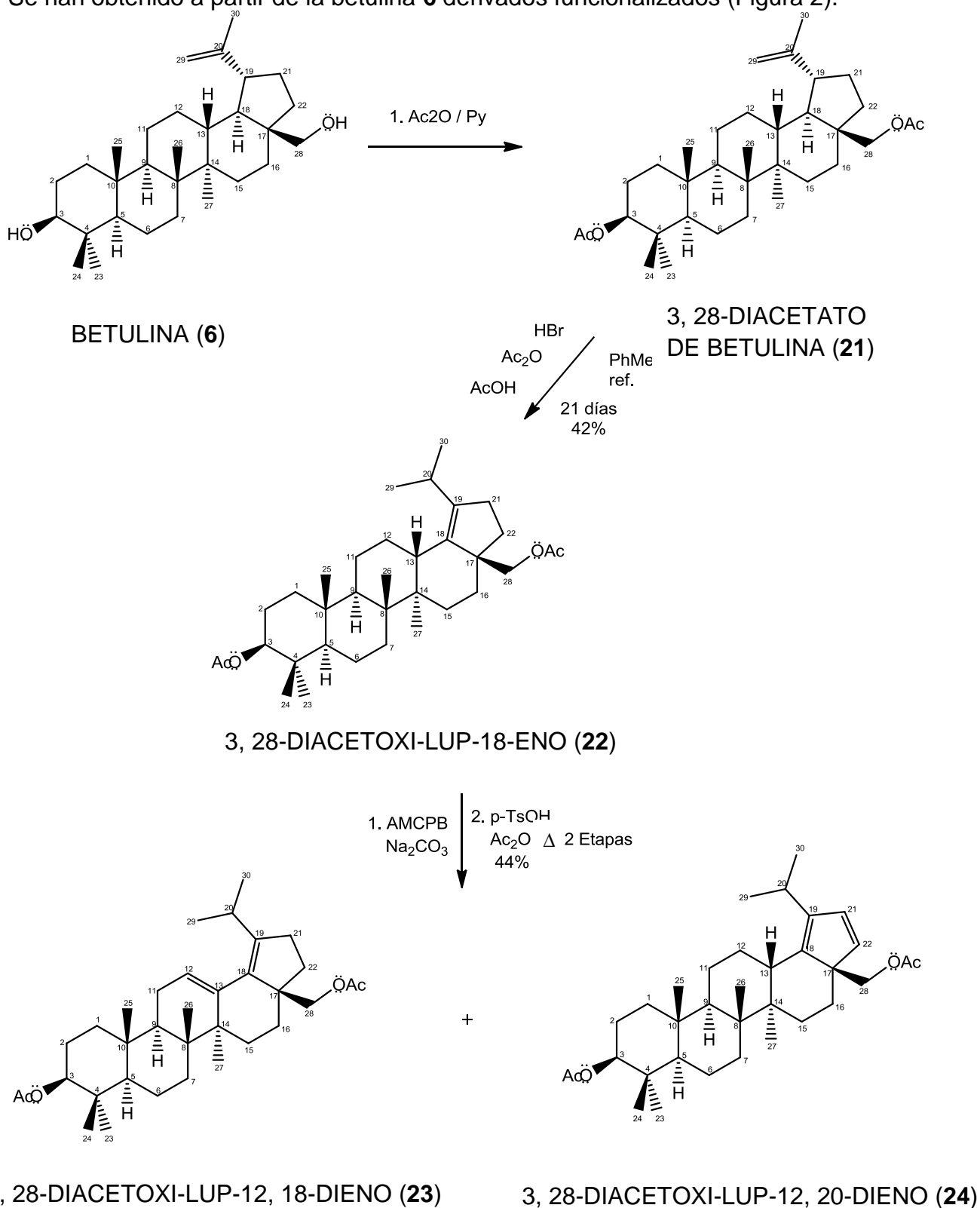


Figura 2. Derivados en-funcionalizados a partir de la Betulina.

Asimismo se ha aislado el 3-*epi*-lupeol **25** de los tallos y resina de varias especies de *Bursera*, principalmente las que pertenecen a la Sección *Bullockia* que son árboles o arbustos en los que su corteza no presenta defoliación y que comúnmente se les conoce como copales, entre ellas la *Bursera cuneata* y la *Bursera bonetii*. Por lo general se encuentra mezclado con otros triterpenos de esqueleto de oleanano, como se muestra en el espectro de RMN de ^1H (Figura 3).

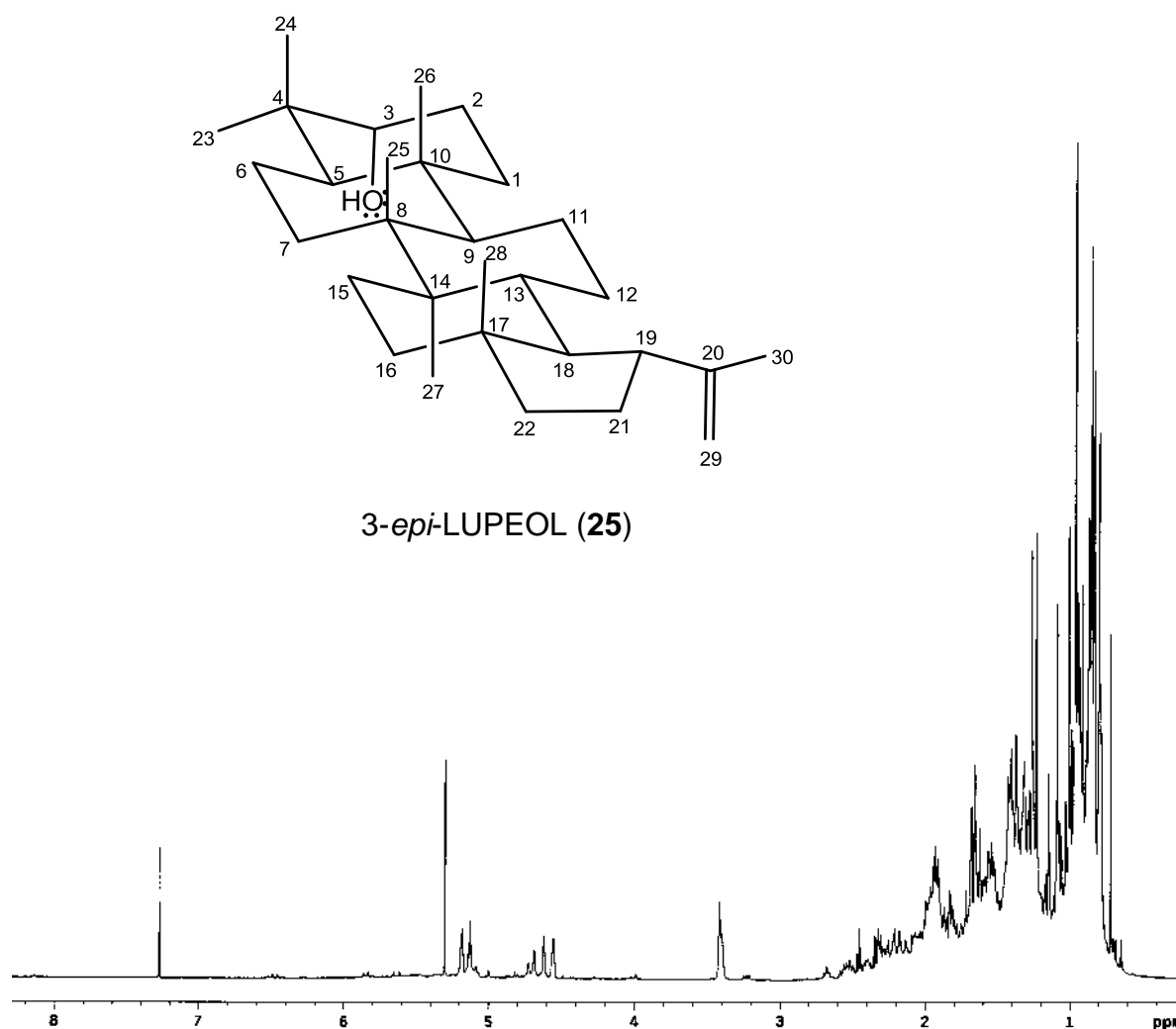
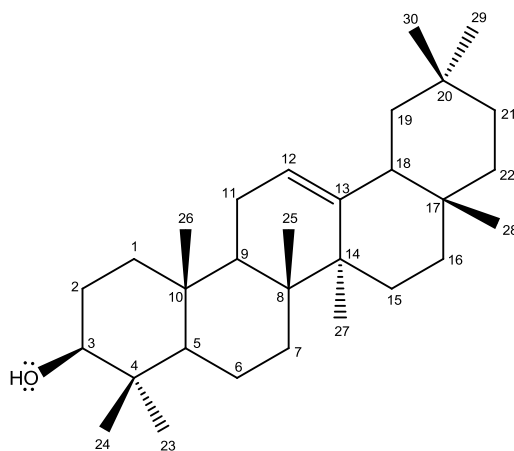


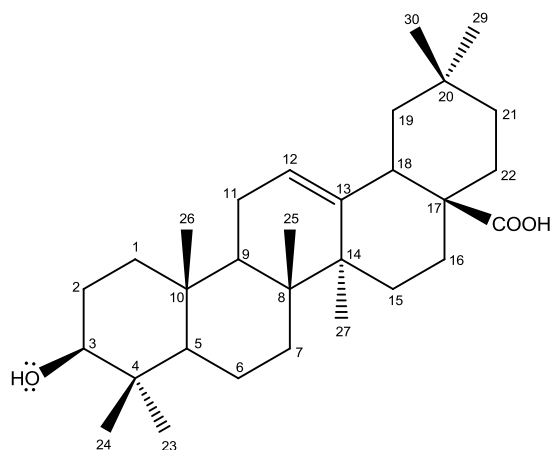
Figura 3. Espectro de RMN de ^1H a 200 MHz del extracto hexánico de la resina de *Bursera bonetii*, colectada en Eduardo Neri, Guerrero.



Los triterpenos de esqueleto de oleanano **4**, se encuentran como metabolitos provenientes de tallos y resina de algunas burseras como derivados de la β -amirina **26** y derivados del ácido oleanólico **27** y frecuentemente se encuentran mezclados con otros triterpenos. Por lo que los procesos de separación cromatográfica son difíciles, dado que sus estructuras son similares.

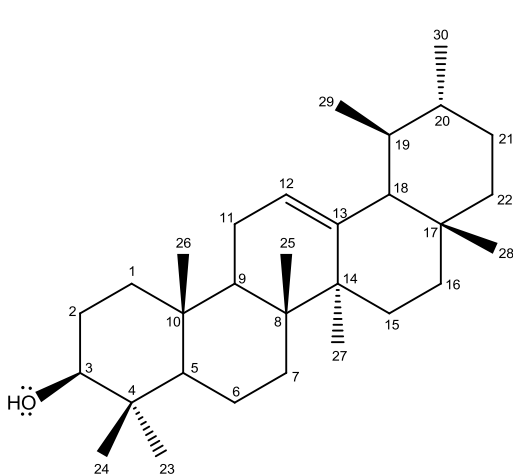


β -AMIRINA (**26**)

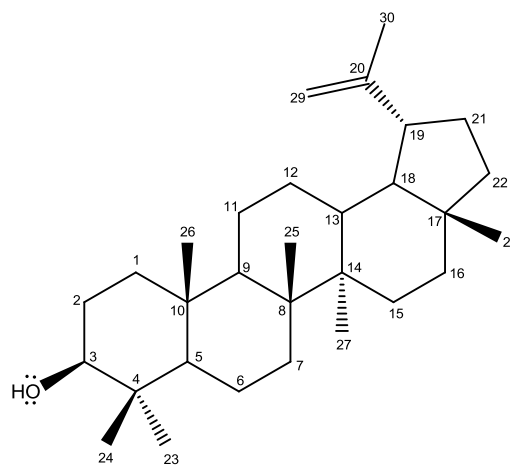


ÁCIDO OLEANÓLICO (27)

Los triterpenos de esqueleto tipo ursano **5**, se encuentran ampliamente distribuidos en el género *Bursera*. El metabolito con éste esqueleto es la α -amirina **28** aislada de tallos y resina de varias especies del género, la cual frecuentemente se encuentra mezclada con el 3-*epi*-lupeol **25**.



α -AMIRINA (28)



3-*epi*-LUPEOL (25)

En la Figura 4 se muestra el espectro de RMN de ^1H de una de las fracciones cromatográficas del extracto hexánico de tallos de la *Bursera mirandae*, colectada en el estado de Puebla, en donde se revela que la mayor proporción de la mezcla es la del triterpeno α -amirina **28** respecto al 3-*epi*-lupeol **25**.

En el espectro el grupo de señales características son las del hidrógeno base del oxhidrilo en C-3 de la α -amirina **28** desplazadas en 3.22 ppm; las señales características de los hidrógenos geminales vinílicos en C-29 del grupo isopropilideno del 3-*epi*-lupeol **25** aparecen en 4.55 ppm y 4.68 ppm, respectivamente. Las alturas relativas de estas señales indican su proporción y para saber con más exactitud la relación que guardan, se obtienen las integrales de estas señales y el valor numérico que las representa da aproximadamente la relación de estos metabolitos en la mezcla.

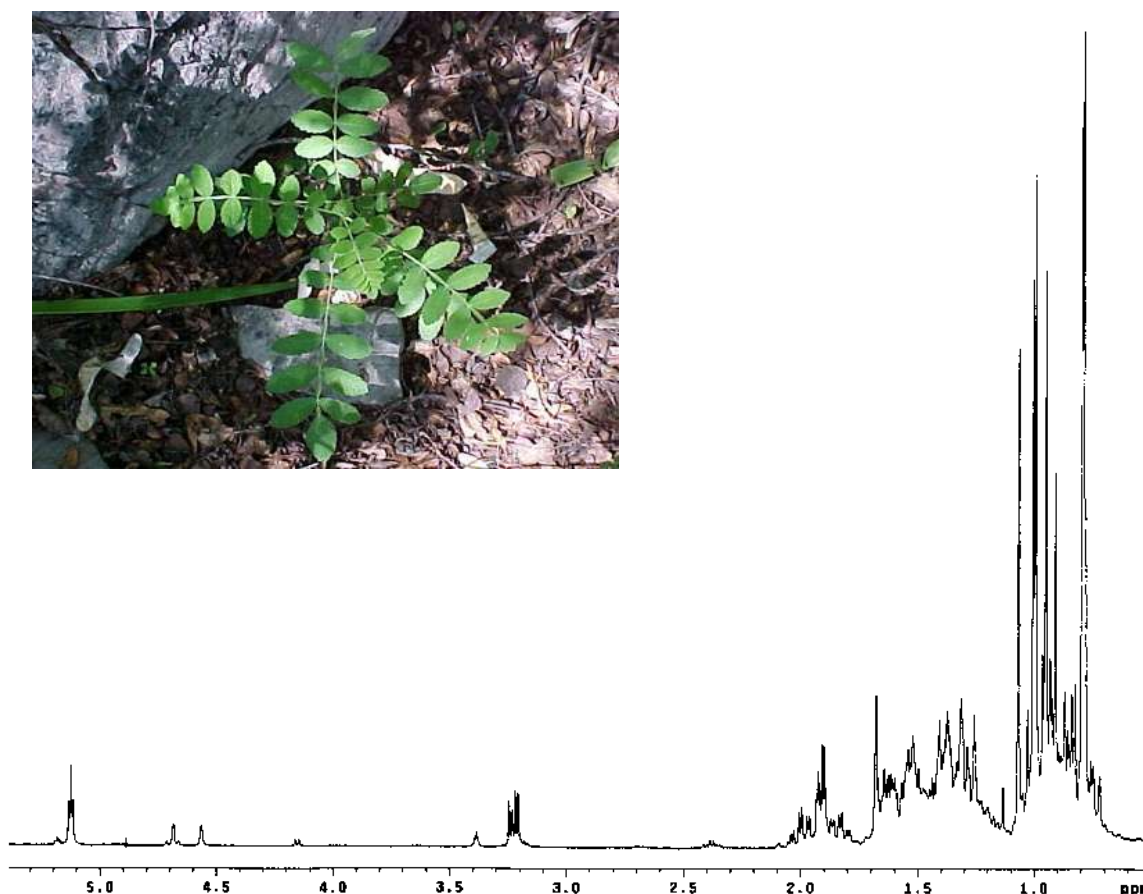
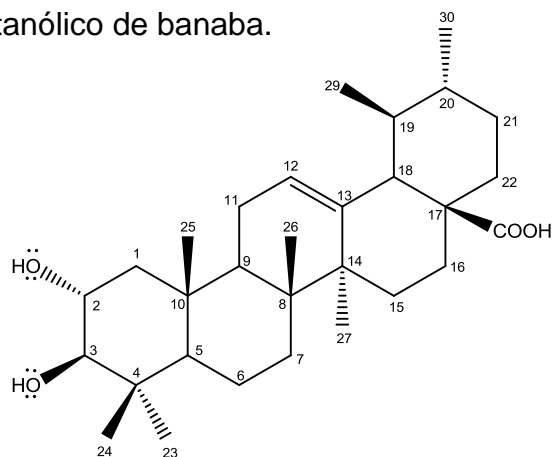


Figura 4. Espectro de RMN de ^1H a 200 MHz del extracto hexánico de la resina de *Bursera mirandae*, colectada en Petalcingo, Puebla.



Una estructura con el esqueleto de ursano **5** que posee propiedades medicinales es la correspondiente al ácido corosólico, obtenido de las hojas de *Lagerstroemia speciosa* (Lythraceae). Éste es un árbol conocido como banaba o árbol de hoja caduca. Crece en la India y la madera se utiliza para durmientes en las vías del ferrocarril. Es muy apreciado como planta medicinal y se consume tradicionalmente de diversas formas; los filipinos lo usan para el tratamiento de la diabetes por su efecto hipoglucémico (reductor de los niveles de glucosa en sangre). El extracto de las hojas de banaba produce un efecto similar al de la insulina. El ácido corosólico **29** se aisló a partir del extracto metanólico de banaba.



ÁCIDO COROSÓLICO (**29**)

DISCUSIÓN Y RESULTADOS



El nombre de la *Bursera mirandae* fue dedicado en honor del Dr. Faustino Miranda, pionero del estudio de la vegetación de la cuenca del Balsas.

La *Bursera mirandae* es una especie endémica de la cuenca del Balsas y del Papaloapan, crece en los Estados de Guerrero, Puebla y Oaxaca, florece desde el mes de mayo hasta principios de julio y permanece sin follaje desde noviembre hasta completar el ciclo en mayo.

Se ha encontrado entre los 500 hasta los 1550 m de altitud y con más frecuencia entre los 800 y los 1200 msnm.

En su hábitat crecen también otras especies, como la *Bursera aptera*, la *Bursera bolivarii*, *Bursera longipes*, *Bursera morelensis*, *Bursera schlechtendalii* y *Bursera suntui*, que pertenecen a la Sección *Bursera*, así como también la *Bursera bonetii* y la *Bursera xochipalensis*, que pertenecen a la Sección *Bullockia* por mencionar algunas, además otro tipo de plantas como la *Fouqueria leonilae* Miranda clasificada en 1961. El género incluye el ocotillo *Fouqueria splendens* y el cirio *Fouqueria columnaris*, que destacan por tener tallos suculentos y puntas más delgadas con hojas que sobresalen de éstos.





No están relacionados con los cactus y no se les asemejan; sus tallos son proporcionalmente más delgados que los cactus y sus hojas más grandes.

Se encuentra también la *Jatropha* sp, género que comprende aproximadamente 175 especies pertenecientes a la familia de las Euforbiaceae; Pueden ser arbustos o árboles (algunos son de hoja caduca, como *Jatropha curcas* L.). Las plantas de este género crecen de forma nativa en el continente Africano así como en Norteamérica y el Caribe. Los herbarios de la República Mexicana, tienen colecciones de estas plantas y su registro. Se han encontrado dos especies adicionales de *Jatropha*, además de la *Jatropha curcas*; la *Jatropha pereziae* que se encuentra presente en la región del río Balsas, en Michoacán y la *Jatropha dehganii* que crece en lomeríos del río Armería, en Jalisco.

Otras plantas que crecen en el hábitat en el que se encuentran varias especies de *Bursera* y en particular la *Bursera mirandae* son los matorrales del género

Neobuxbaumia Backeb, en particular la especie *N. mezcalaensis*. Familia de las Cactaceas que se distribuye en ambientes secos y semi-húmedos de la depresión del Balsas, en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, en la vertiente del Pacífico y vertiente del Golfo de México. Comprende plantas columnares simples o con ramificación de escasa a profusa, tallos cilíndricos con pocas o numerosas costillas; flores tubular-campanuladas o tubular-infundibuliformes, nocturnas; frutos ovoides con espinas, restos de perianto persistentes, dehiscencia vertical en forma de estrella y pulpa blanca y semi-seca; semillas largas a muy largas, de color negro o café oscuro, lustrosas, lisas y con quilla.



La *Bursera mirandae* al presentar una variación morfológica en su corteza tiene características especiales, y no obstante de ser clasificada en la sección Bullockia no correspondería exactamente a ésta sección, por no presentar exfoliación en su corteza, sin embargo la especie presenta su corteza un poco exfoliante, aunque la exfoliación es de un tipo diferente al que presentan las especies de la sección *Bursera* que generalmente son en capas papiáceas delgadas. La diferencia en la exfoliación es más bien en capas rígidas de consistencia acartonada y dispuestas en forma vertical, esta característica puede variar dependiendo la localidad en la que se encuentre del árbol.



Es un árbol, que a veces es arbusto dioico, llega a medir hasta 8 m de altura y en promedio de 2 a 7 m. El árbol o arbusto es resinoso y aromático al estrujarse, su tronco mide hasta 20 cm de diámetro, su corteza externa por lo general es color café-rojiza y sus exfoliaciones en relieves verticales, tiras gruesas y cartáceas, de consistencia acartonada, en algunos casos es color gris y no exfoliante, pero el aspecto del tronco es rugoso; las ramillas rojizas oscuras, casi negruzcas, son glabras, salvo las de crecimiento nuevo que son densamente pubérulas; las hojas en su mayoría crecen aglomeradas y su color varía de verde tierno a verde oscuro.

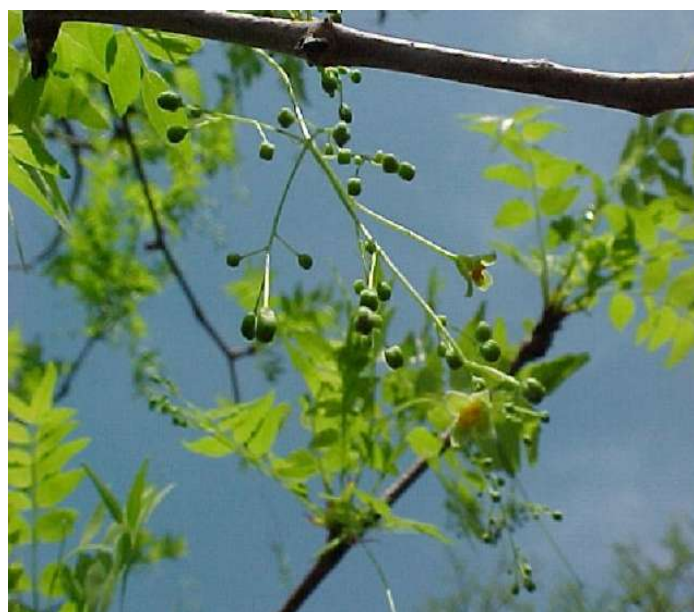
crecimiento nuevo que son densamente pubérulas; las hojas en su mayoría crecen aglomeradas y su color varía de verde tierno a verde oscuro.





Las aglomeradas son en forma de rosetas (fasciculadas), sobre extremos de ramillas cortas, o bien, alternas sobre ramillas originadas en años anteriores, también pueden estar esparcidas sobre ramillas tiernas, precedidas en su aparición por una roseta de catafilos triangulares a linear-trianguulares, hasta de 8 mm de largo, café-rojizos a negruzcos, glabros algo pubérulos, precozmente caducos, peciolo filiforme de 2 a 2.5 cm de largo, pubérulo o cortamente piloso y con escasos pelos glandulares, lámina oblonga en contorno general de 5 a 11 cm de largo y 2.5 a 4 cm de ancho, imparipinnada, con 2 a 8 pares de foliolos, la distancia entre pares es de 8 a 11.5 mm de largo, el raquis es filiforme y sin alas, o bien, con alas hasta de 0.2 mm de ancho; en los segmentos distales, los foliolos son sésiles, ovados a lanceoladas.





El foliolo terminal a menudo es romboide de (6)9 a 17(21) mm de largo y (3)4 a 10(12) mm de ancho, agudos cortamente acuminados o a veces redondeados en el ápice, van de cuneados a redondeados y con frecuencia oblicuos en la base, tosca e irregularmente serrados en el margen, algo lustrosos en el haz, y de textura cartácea en la madurez. La venación prominente en el envés, son pubérulos o con más frecuencia glabros en el haz, aunque en las principales nervaduras se observan numerosas glándulas sésiles o cortamente estipitadas, el envés más pubérulo a lo largo de las nervaduras y también glandular. La inflorescencia en forma de panícula laxa, hasta de 20 cm de largo y 8 cm de ancho, bractéolas lineares o subuladas, hasta de 3 mm de largo, pedicelos capilares, hasta de 8 a 10 mm de largo; flores masculinas tetrámeras, lóbulos del cáliz triangulares, de 0.4 a 0.5(0.8) mm de largo, glabros o algo pubérulos, margen ciliado, pétalos blanquecinos o verdosos, oblongos a oblanceolados, de 1.7 a 2.3 mm de largo, glabros o algo pilosos por fuera, 8 estambres, filamentos de ca.

1 mm de largo, anteras oblongas de ca. 1 mm de largo ovario vestigial; flores femeninas similares a las masculinas, estaminodios con anteras de ca. 0.4 mm de largo, ovario bilocular, 2 estigmas; fruto obovoide, bivalvado de 7 a 8 mm de largo y 5 a 7 mm de diámetro, apiculado en el ápice, glabro, rojizo en la madurez, hueso lenticular de 5 a 6 mm de largo, cubierto hasta la mitad de su longitud por un pseudoarilo rojo o anaranjado y la parte expuesta negra. Crece escasamente en el bosque tropical caducifolio, en altitudes que van de 1450 hasta 1650 msnm.



Las muestras de *Bursera mirandae* colectadas en diferentes localidades de los estados de Guerrero, Puebla y Oaxaca fueron preparadas para su procesamiento obteniéndose los respectivos extractos hexánicos que posteriormente se purificaron en columna cromatográfica

Para cada uno de los lotes, las primeras fracciones F-1 a F-5 fueron eluidas con hexano y dieron un componente volátil de naturaleza ligeramente aceitosa y transparente. El espectro de RMN de ^1H mostró señales características del monoterpeno bicíclico α -pineno **30** representado en la Figura 5 del que se obtuvieron las cantidades representadas en la Tabla 2. De estos resultados se dedujo que la *Bursera mirandae* de la localidad de Guerrero, produce mayor rendimiento considerando las cantidades de cada extracto hexánico obtenido.

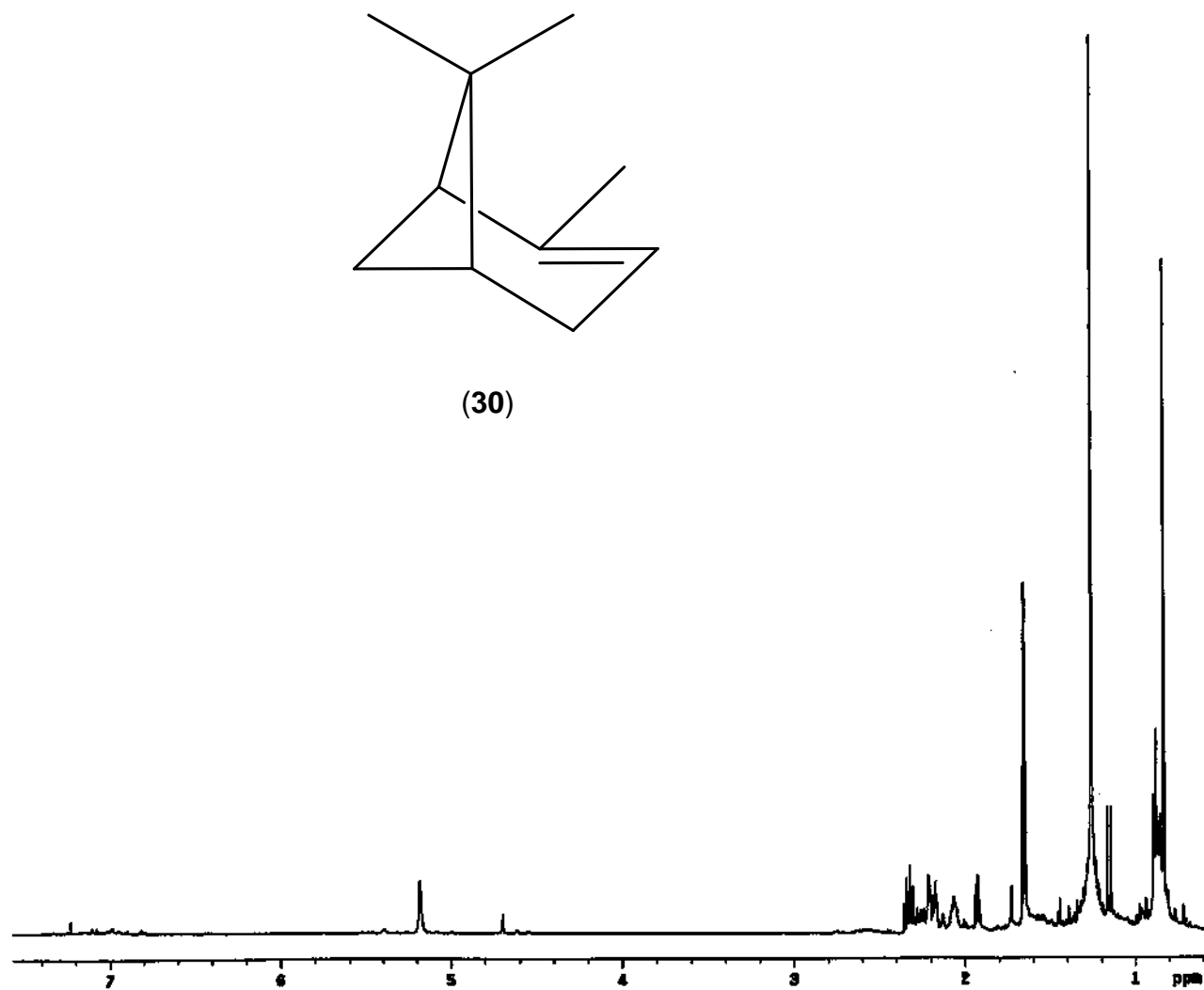


Figura 5. Espectro de RMN ^1H de la fracción F-2 de tallos y ramillas de *Bursera mirandae* correspondiente al α -pineno **30**.

Tabla 2. Rendimiento del α -pineno **30** obtenidos de extractos hexánicos.

Localidad	Peso del Extracto	α -pineno	Rendimiento
Guerrero	8.1 g	0.3 ml	3.7 %
Puebla	7.8 g	0.1 ml	1.28 %
Oaxaca	6.2 g	0.2 ml	3.23 %

Cabe hacer notar que los datos obtenidos para este componente monoterpénico, no son exactos ya que se trata de un metabolito volátil, y el aislamiento es variable debido al proceso de evaporación del extracto original, hasta las fracciones donde fue eluído dicho monoterpeneo.

Las fracciones F-9 y F-10 eluídas también con hexano dieron un aceite denso ligeramente amarillento, cuyo espectro de RMN de ^1H correspondió a una estructura derivada de un triterpeno pentacíclico caracterizado como el acetato del 3-*epi*-lupeílo **31** (Figura 6), del cual se obtuvieron las cantidades representadas en la Tabla 3. Mostrando que en la fracción del estado de Guerrero, se obtiene en mayor cantidad.

Tabla 3. Rendimiento del acetato de 3-*epi*-lupeílo **31** obtenido de extractos hexánicos.

Localidad	Peso del Extracto	Acetato de 3- <i>epi</i> -lupeílo	Rendimiento
Guerrero	6.1 g	21 mg	0.34 %
Puebla	5.8 g	17 mg	0.29 %
Oaxaca	4.2 g	11 mg	0.26 %

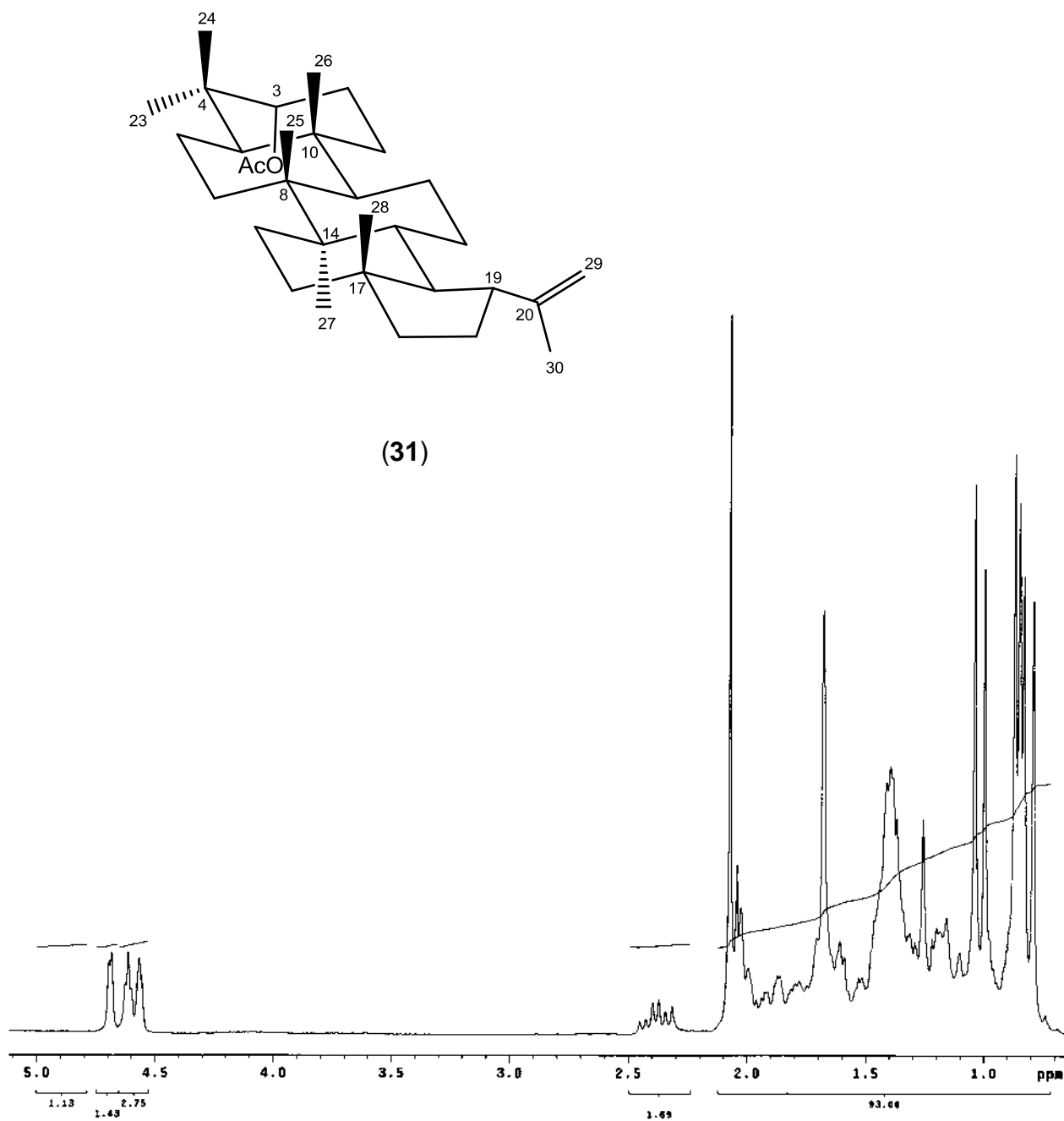


Figura 6. Espectro de RMN ^1H a 200 MHz de la fracción F-10 de tallos y ramillas de *Bursera mirandae*.

De las fracciones F-17 a F-21 eluidas con Hex-CH₂Cl₂ 9:1 resultó un sólido blanquecino, que en su espectro de RMN de ¹H mostró señales para una estructura derivada del triterpeno pentacíclico 3-*epi*-α-amirina **32** (Figura 7).

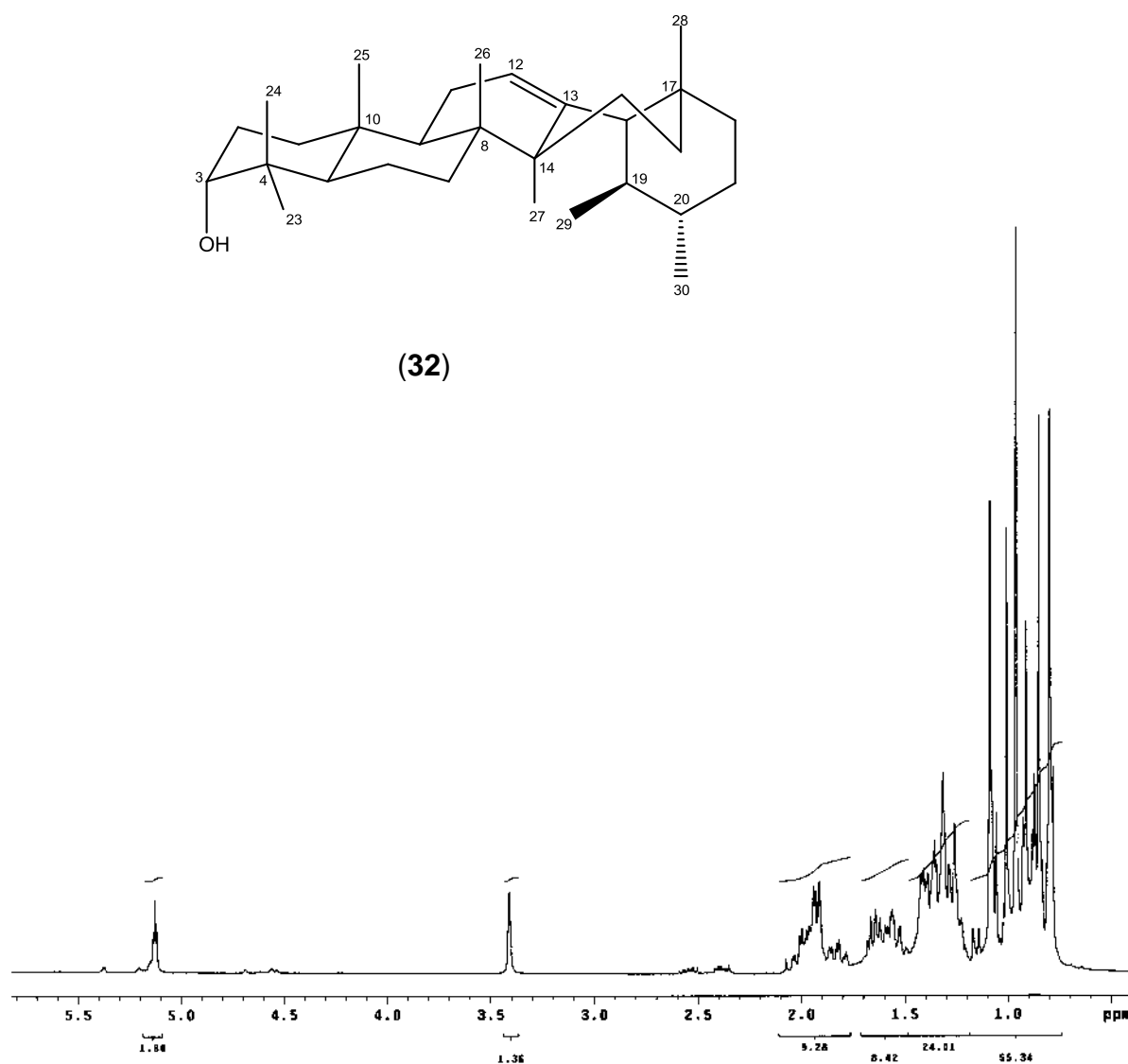


Figura 7. Espectro de RMN ¹H de la fracción F-17 de tallos y ramillas de *Bursera mirandae* correspondiente a la 3-*epi*-α-amirina **32**.

Las cantidades obtenidas se representan en la Tabla 4. Nuevamente, las fracciones provenientes de la cromatografía del extracto hexánico de tallos y ramillas de la *Bursera mirandae* del estado de Guerrero, fueron de mejor rendimiento.

Tabla 4. Rendimiento del acetato de la 3-*epi*- α -amirina **32** de extractos hexánicos de tallos y ramillas de *Bursera mirandae*.

Localidad	Peso del Extracto	3- <i>epi</i> - α -amirina	Rendimiento
Guerrero	6.1 g	37 mg	0.61%
Puebla	5.8 g	18 mg	0.30%
Oaxaca	4.2 g	7 mg	0.17%

De las fracciones F-24 a F-37 eluidas con Hex-CH₂Cl₂ 8:2 dieron un aceite denso cristalino ligeramente amarillento, cuyo espectro de RMN de ¹H mostró ser una mezcla de triterpenos, de la cual no pudieron ser separados dos de ellos (Figuras 8).

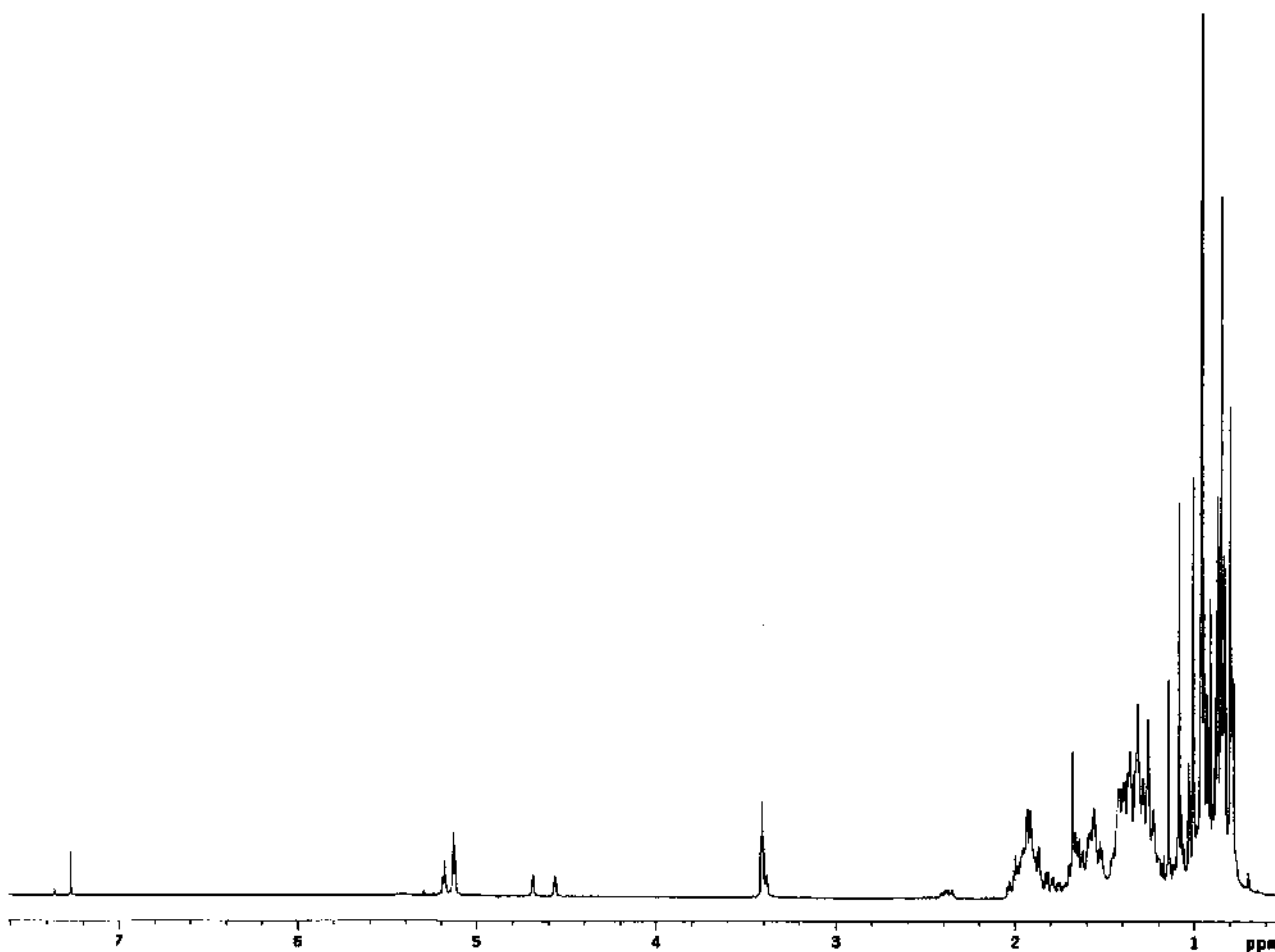


Figura 8. Espectro de RMN ¹H a 400 MHz de la fracción F-24 de tallos y ramillas de *Bursera mirandae* de la mezcla de triterpenos.

En las Figuras 8-10 se muestran los espectros de RMN de ^1H , donde se puso de manifiesto el incremento de la intensidad de las señales de los hidrógenos vinílicos desplazados en 4.55 y 4.68 ppm del grupo isopropilideno del 3-*epi*-lupeol **25** desde la fracción F-24 (Figura 8); seguido de la fracción F-27 (Figura 9) y finalmente la fracción F-37 (Figura 10). Estas señales son más altas que las correspondientes a las dos señales triples anchas, desplazadas entre 5.1 y 5.2 ppm.

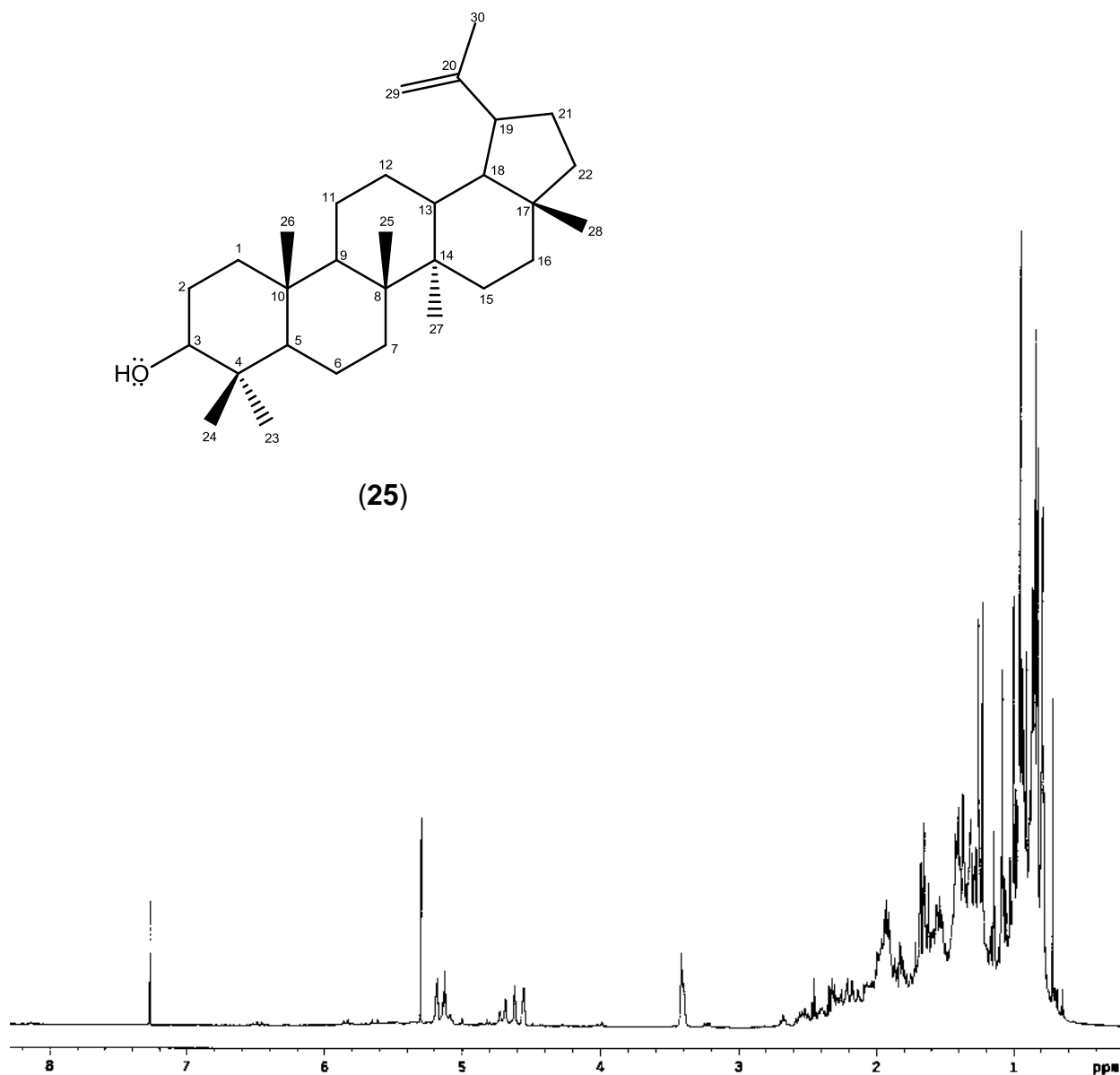


Figura 9. Espectro de RMN ^1H a 400 MHz de la fracción F-27 de tallos y ramillas de *Bursera mirandae*.

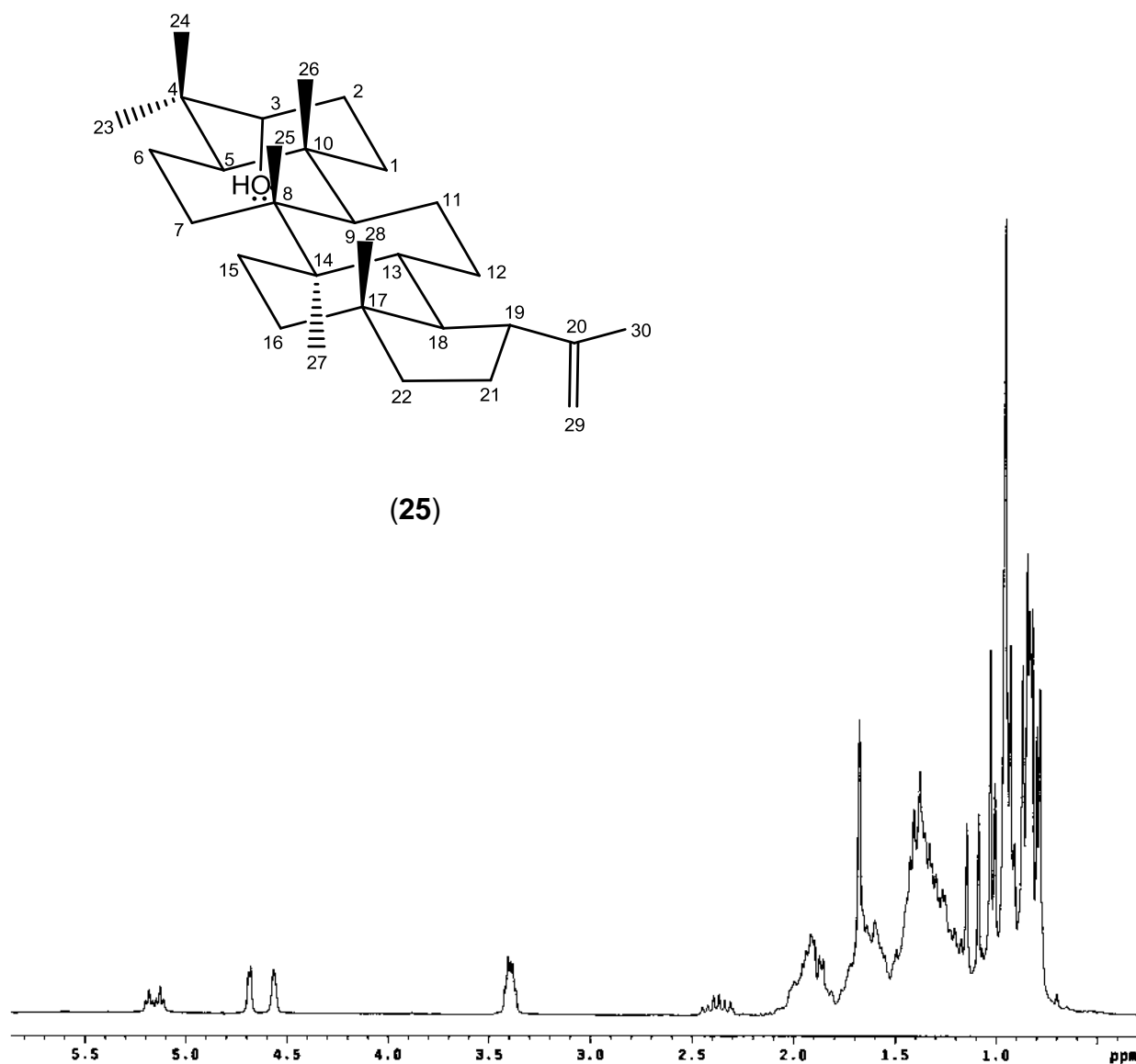


Figura 10. Espectro de RMN de ^1H a 400 MHz de la fracción F-37 de tallos y ramillas de *Bursera mirandae*.

Por lo que respecta a la cantidad obtenida de estos triterpenos, fue variable en el rango de elución en que se colectaron, debido a que fueron mezclas no separables y por su composición variable, no se registró el peso de cada una de las fracciones, ni el promedio total.

De las fracciones eluidas con polaridad Hex-CH₂Cl₂ 7:3 correspondiente a las fracciones F-39 a F-47, se obtuvo el 3-*epi*-lupeol **25** la fracción F 45, como un sólido blanco En la Figura 11 se muestra su espectro DEPT.

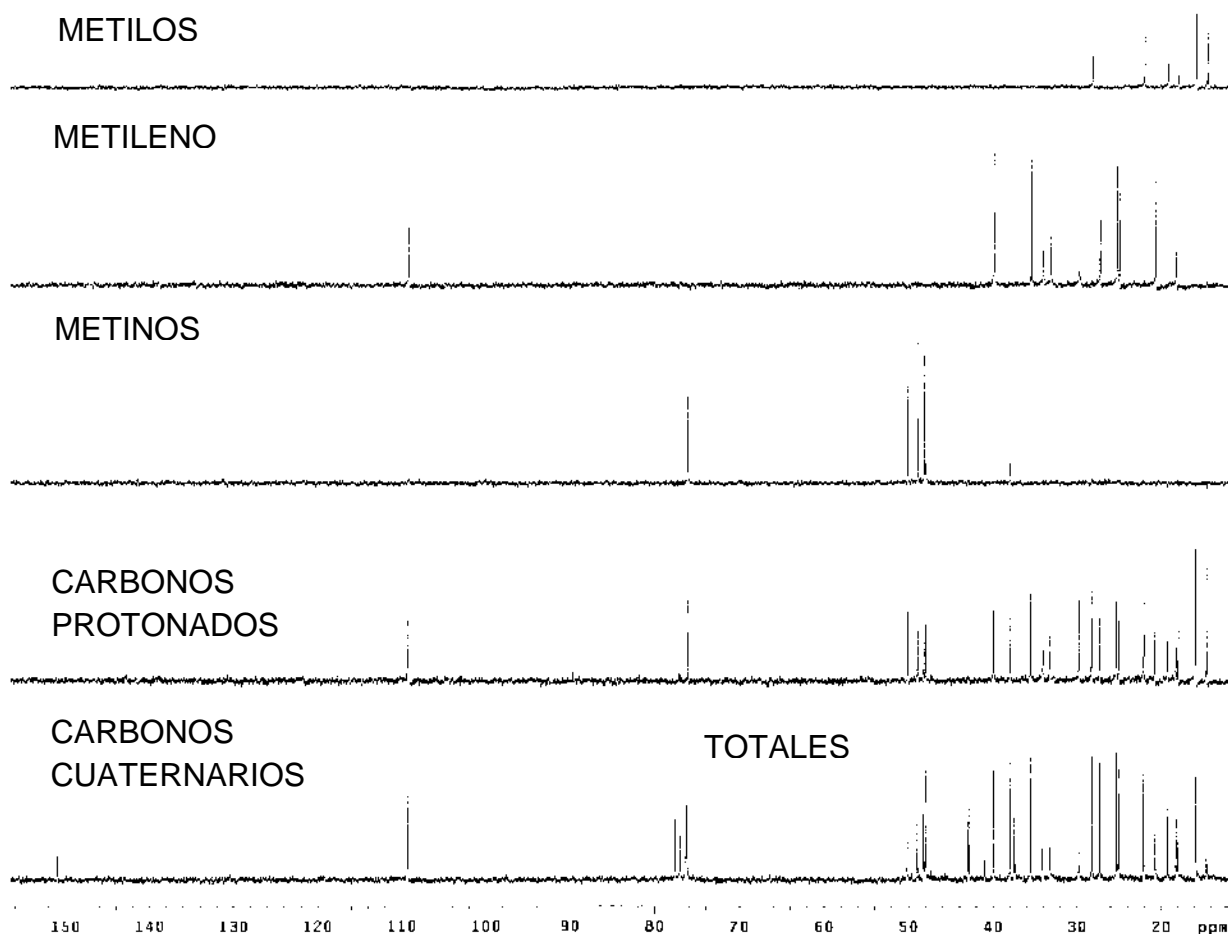


Figura 11. Espectro de RMN ¹³C DEPT del 3-*epi*-lupeol (**25**) de la fracción F-45 de tallos y ramillas de *Bursera mirandae*.

Estas señales aparecieron a campo bajo en el espectro DEPT y correspondieron a los desplazamientos en 76.228 ppm para el carbono base del oxhidrilo C-3; la señal en 109.29 ppm correspondiente al metileno vinílico C-29 del grupo isopropilideno sostenido en el carbono metínico C-19 y al carbono cuaternario desplazado en 150.986 ppm correspondiente al C-20; se puede apreciar que en el barrido de los carbonos protonados esta señal ya no aparece, indicando que se trata de un carbono que no posee enlaces con hidrógeno.

Ampliación del espectro de RMN ^{13}C en la región de los carbonos sp^3 entre 14 ppm y 51 ppm, en donde se aprecian 27 señales y las tres señales faltantes para completar la estructura triterpénica, correspondieron a los carbonos sp^2 del doble enlace gem-disustituído del grupo isopropilideno y al carbono base del oxhidrilo en C-3 (Figura 12).

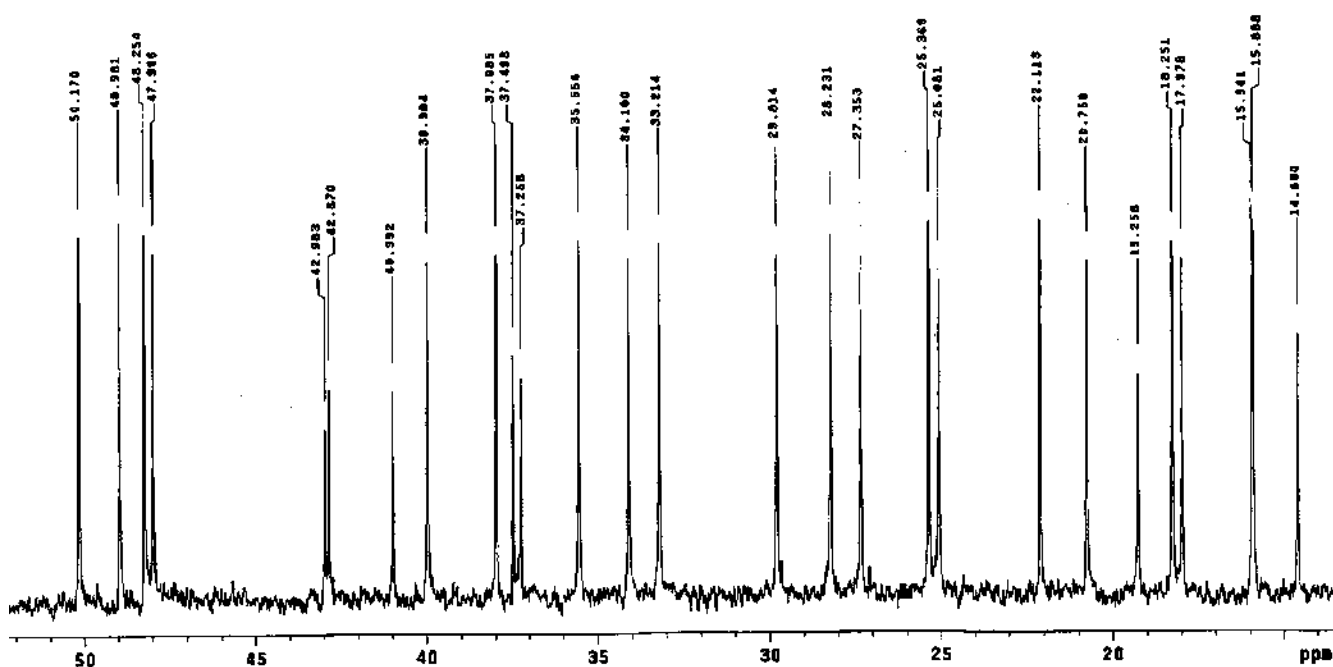


Figura 12. Ampliación del espectro de RMN ^{13}C del 3-*epi*-lupeol (**25**) de la fracción F-45 de tallos y ramillas de *Bursera mirandae*.

Tabla 5. Rendimiento del 3-*epi*-lupeol **25** obtenido de los extractos hexánicos de tallos y ramillas de la *Bursera mirandae*.

Localidad	Peso del Extracto	3- <i>epi</i> -lupeol	Rendimiento
Guerrero	6.1 g	87mg	1.43%
Puebla	5.8 g	31 mg	0.53%
Oaxaca	4.2 g	34 mg	0.81%

Al continuar con la elución cromatográfica de las fracciones con polaridad 7:3 Hex-CH₂Cl₂ hasta 6:4, se obtuvo en la fracción F-52 una mezcla de dos triterpenos, uno ya obtenido, el 3-*epi*-lupeol **25** (Figura 13) y otro en la fracción F-59, cuyo espectro de RMN de ¹H es mostrado en la Figura 14.

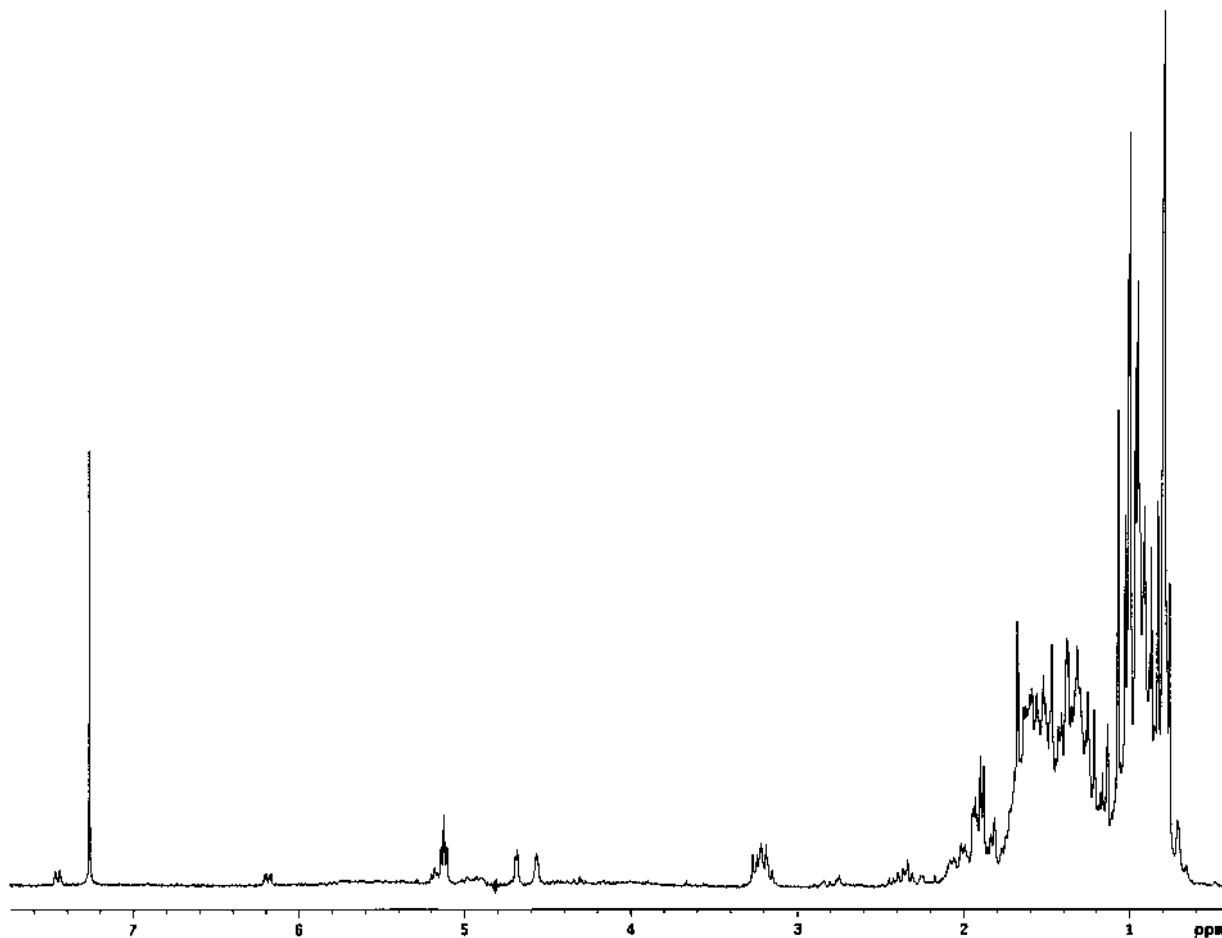


Figura 13. Espectro de RMN ¹H a 400 MHz de la fracción F-52 de tallos y ramillas de *Bursera mirandae*.

En el espectro se observó la disminución considerable de las señales características de los hidrógenos vinílicos entre 4.5 ppm y 4.7 ppm del grupo isopropilideno; en 4.695 ppm para la señal más desplazada y 4.567 ppm para la menos desplazada, además la señal triple del hidrógeno base del oxhidrilo secundario en C-3 centrada en 3.386 ppm.

En ambas señales los desplazamientos no corresponden a las mostradas en la Figura 14 de la fracción F-59, en donde se vio el triterpeno α -amirina **28**, caracterizado por comparación de los desplazamientos con una muestra auténtica obtenida de los extractos hexánicos de tallos, ramillas y resina de burseras de la sección Bullockia, representadas en la Tabla 6, que fueron colectadas en distintos estados de la República Mexicana, principalmente en Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Puebla, Morelos y Zacatecas, en las cuales la α -amirina **28**, se obtuvo como metabolito mayoritario.

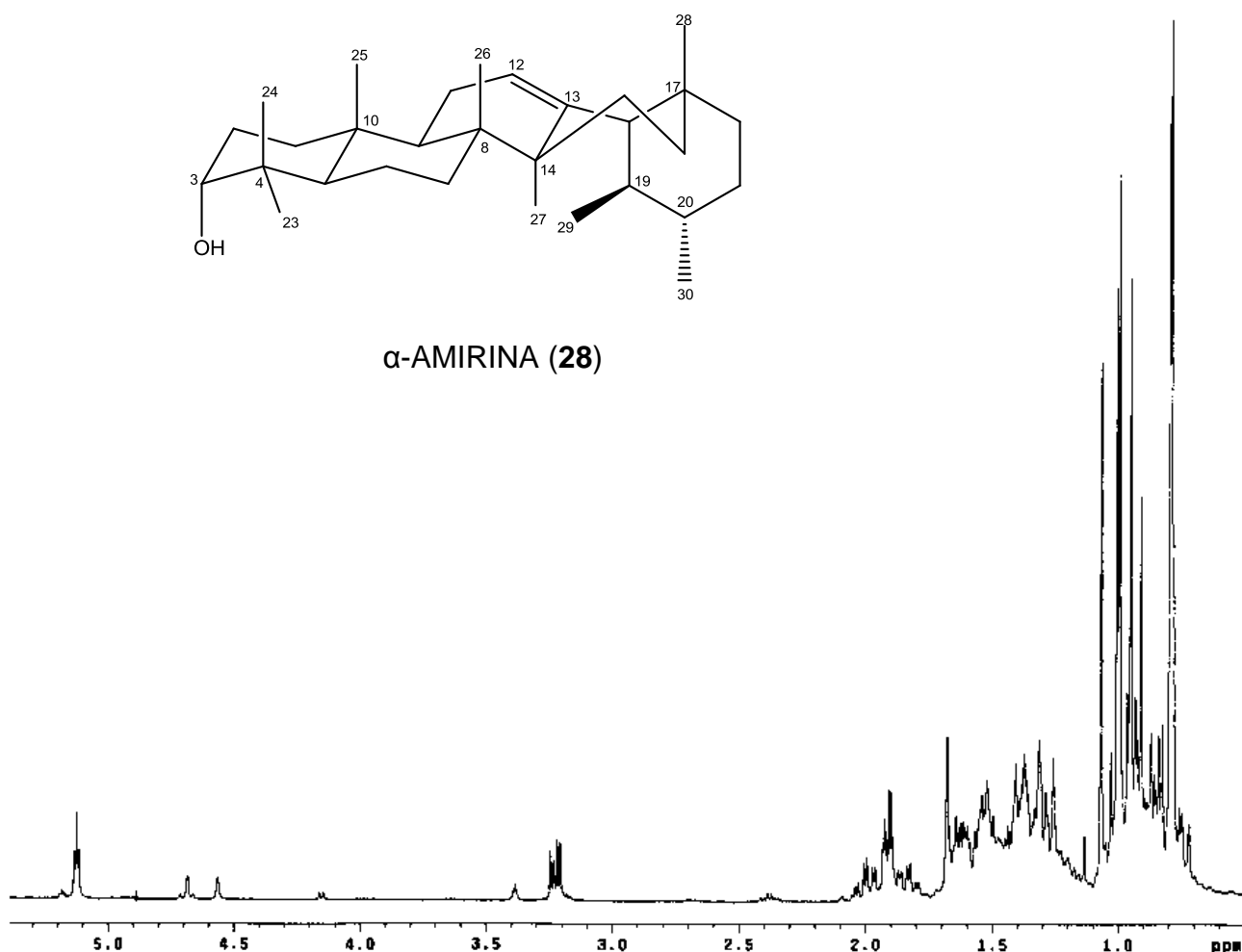


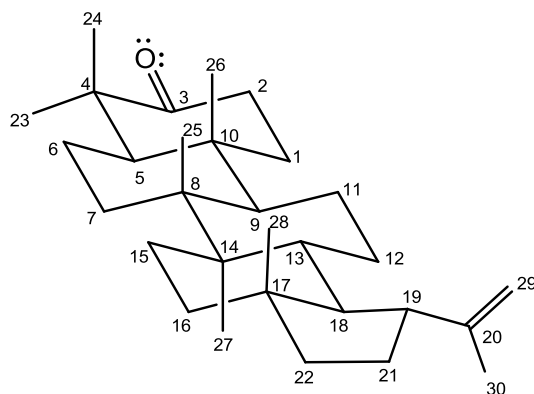
Figura 14. Espectro de RMN ^1H a 400 MHz de la fracción F-59 de tallos y ramillas de *Bursera mirandae*

Tabla 6. Especies de *Bursera* de la Sección Bullockia de donde se obtiene la α amirina **28** a partir de extractos hexánicos de tallos, ramillas y resinas.

<i>Bursera asplenifolia</i>	<i>Bursera altijuga</i>	<i>Bursera bonetii</i>
<i>Bursera copallifera</i>	<i>Bursera infernidialis</i>	<i>Bursera heliae</i>
<i>Bursera palmeri</i>	<i>Bursera sarukhanii</i>	<i>Bursera simplex</i>
<i>Bursera vellutina</i>	<i>Bursera véjar-vazquezii</i>	<i>Bursera xochipalensis</i>

Por último en la elución con polaridad 1:1 Hex-CH₂Cl₂ a partir de la fracción F-62, se obtuvo una mezcla. En el espectro de RMN de ¹H de la fracción F-70 se observa la mezcla de α -amirina **28** y 3-lupenona **33** (Figura 16). Se aprecian las señales en la región de los hidrógenos vinílicos entre 4.5 ppm y 4.7 ppm correspondientes al grupo isopropilideno, en 4.794 ppm para la señal más desplazada y 4.572 ppm para la menos desplazada; además de que la señal triple del hidrógeno base del oxhidrilo secundario en C-3 ya no aparece, en cambio se distingue una señal entre 2.3 y 2.5 ppm correspondientes al metileno C-2 adyacente al carbonilo cetónico C-3.

Este espectro por comparación correspondió a la 3-lupenona **33**, la cual también se ha aislado de otras burseras pertenecientes a la Sección Bullockia, cabe señalar que en todos los casos este metabolito se ha obtenido minoritariamente.



3-LUPENONA (33)

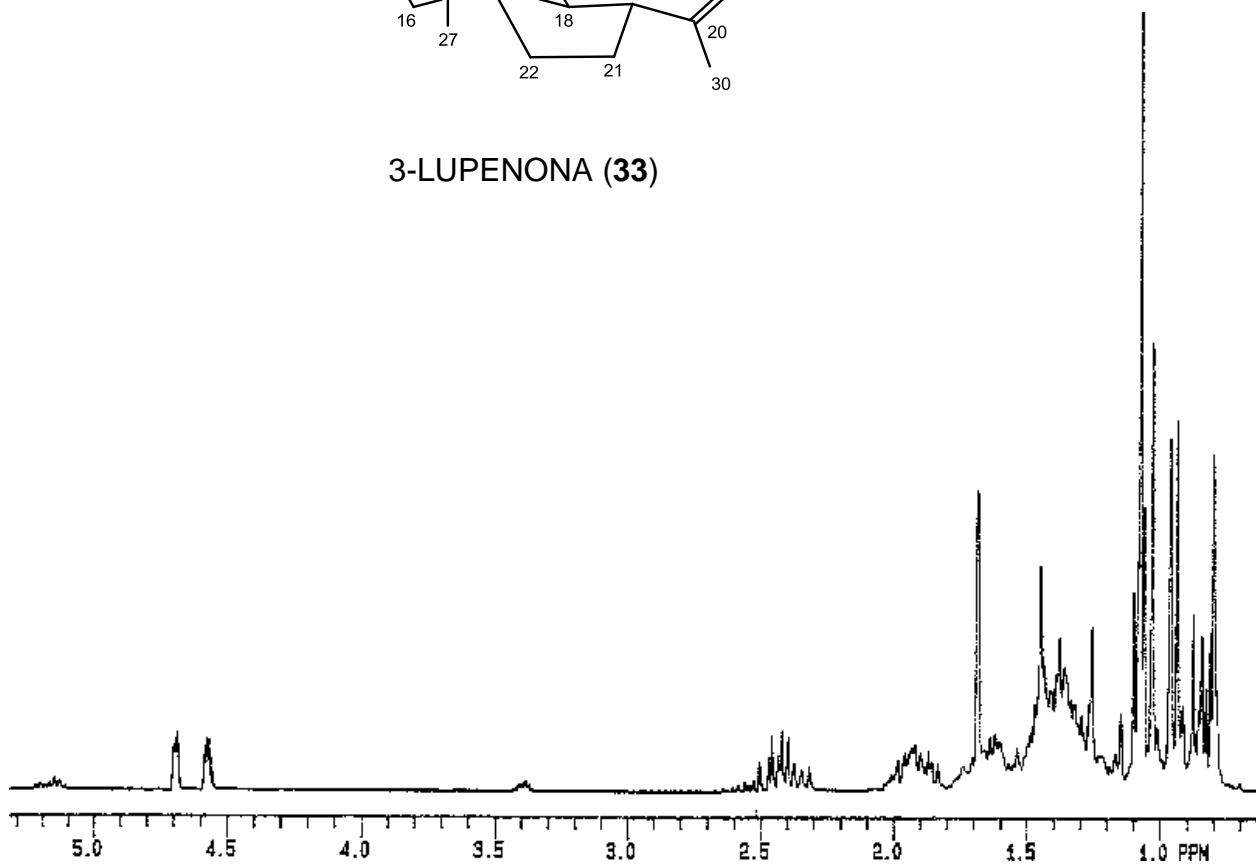


Figura 16. Espectro de RMN ¹H de la fracción F-70 de la elución de la C.C. de los tallos y ramillas de *Bursera mirandae*.

Finalmente de la polaridad de CH₂Cl₂ no se obtuvieron cantidades detectables de otros metabolitos.

PARTE EXPERIMENTAL



Para la preparación de las muestras de la *Bursera mirandae*, se cortaron las ramas y ramillas, se introdujeron en un bidón de plástico de 20 L hasta casi completar el



volumen, los cuales una vez pesados, dieron aproximadamente de 9 a 12 kg. Posteriormente, cada uno fue sometido a una maceración hexánica, adicionandol a cada bidón alrededor de 7 a 8 L de hexano. La maceración se dejó entre 7 y 15 días. Una vez transcurrido este tiempo se concentró cada macerado por separado, reciclando el hexano hasta la obtención de los extractos totales. Los datos obtenidos son mostrados en la Tabla 7. Las características de cada extracto no variaron significativamente ya que todos fueron líquidos, de color verdoso oscuro y ligeramente aceitosos.

Tabla 7. Relación peso total de los extractos por número de maceraciones

Localidad	No. de Maceraciones	Peso Total del Extracto
Guerrero	2	68 g
Puebla	2	57g
Oaxaca	1	31 g

El procedimiento de purificación se llevó a cabo tomando alícuotas de peso variable de 6 a 8 g por columna, el soporte utilizado fue gel de sílice y 1% en peso de alúmina, para las tres muestras por separado.



La elución se llevó a cabo a partir de la polaridad del hexano con posteriores incrementos de la polaridad Hex-CH₂Cl₂ de 9:1, 8:2, 7:3 hasta CH₂Cl₂. Las primeras fracciones obtenidas fueron aceites densos y ligeramente amarillentos. Las posteriores se eluyeron con mezclas de CH₂Cl₂-AcOEt las cuales fueron de una coloración verdosa. Finalmente hasta la polaridad de AcOEt la intensidad de la coloración se fue acentuando conforme se incrementó la polaridad en la elución, el número de fracciones eluidas para cada lote fue entre 80 a 110.



Fracciones representativas usadas para el análisis espectroscópico de RMN de ^1H y RMN de ^{13}C .

CONCLUSIONES

Al termino del presente trabajo se llegó a las siguientes conclusiones:

Las características morfológicas de las tres especies de *Bursera mirandae* colectadas en los estados de Guerrero, Puebla y Oaxaca difieren de cierta manera.

La *Bursera mirandae* colectada en el estado de Puebla presenta una coloración del tallo grisácea-rojiza menor, poco "defoliante" y más resinosa; la especie colectada en el estado de Oaxaca es menos arbórea, la coloración del tallo es más rojizo-grisácea, aunque la "defoliación" es mayor que la especie de Puebla, pero menor que la del de Guerrero.

De los extractos hexánicos provenientes de tallos y ramillas de *Bursera mirandae* colectada en las lotificaciones de los tres estados, se pudo apreciar que la muestra proveniente del estado de Guerrero fue la que dio mejor rendimiento de todos los metabolitos aislados. Le siguió la colectada en Oaxaca y finalmente la del estado de Puebla (Datos en las Tablas 1-5).

Con respecto a los metabolitos obtenidos en cada una de las columnas de los extractos hexánicos de los tallos y las ramillas, en las fracciones menos polares el α -pineno **30** fue aislado de las muestras de las tres colectas en los diferentes estados, obteniéndose de la muestra proveniente del estado de Guerrero el mejor rendimiento.

Las estructuras triterpénicas fueron obtenidas en las fracciones de baja y mediana polaridad y presentan esqueleto de oleanano y lupano, funcionalizados solamente en C-3 como el acetato de 3-*epi*-lupeól **31**, del que se obtuvo en mayor cantidad de la muestra de Guerrero, luego la de Puebla y finalmente la de Oaxaca. Se obtuvo también la 3-*epi*-amirina **32** donde la muestra de Guerrero tuvo el mejor rendimiento; para el triterpeno 3-*epi*-lupeol **25** que se aisló en mayor cantidad en relación a los otros triterpenos, el mejor rendimiento fue de la muestra de Guerrero, seguida de la de Oaxaca y de Puebla la menor cantidad. La α -amirina **28** y la 3-lupenona **33** obtenida de muestras de las tres localidades dieron un rendimiento menor al 0.1%.

Las cantidades reportadas son relativas, ya que dependen del período y la localidad de la colecta, en este caso las muestras fueron procesadas durante el período de secas (noviembre-mayo).

La caracterización de los metabolitos terpenoides de los extractos hexánicos de tallos y ramillas de la *Bursera mirandae*, se hizo en base a la comparación de los datos espectroscópicos de RMN de ^1H y RMN de ^{13}C de muestras auténticas de otras especies de burseras pertenecientes a la sección *Bullockia* fundamentalmente, y por corroboración de sus datos espectroscópicos con los descritos en la literatura.



La primera imagen corresponde a la *Bursera mirandae* colectada en Xochihuehuetlán Guerrero en las coordenadas geográficas 17°45' latitud norte y 98°01' latitud oeste a una altitud de 1035 msnm; la segunda a la del estado de Puebla del tramo carretero



Chila-Petalcingo en la región baja de la Sierra Mixteca en las coordenadas geográficas 18°02'58" latitud norte y 97°53'59" latitud oeste, altitud de 1487 msnm. La última pertenece a la colectada en el tramo carretero entre el Zacatal y Ayutla Oaxaca en las coordenadas geográficas 16°59'49" latitud norte y 96°07'32" latitud oeste a una altitud de 1935 msnm.

BIBLIOGRAFÍA

1. F. Hernández 1577. *Historia de las plantas de Nueva España, Tomo I*. Publicada en 1942 de la versión española de Ximénez. Instituto de Biología–Prensa Universitaria, UNAM, México.
2. Martínez, M. 1994. Catálogo de Nombres Vulgares y Científicos de las Plantas Mexicanas. Fondo de cultura económica, México, D.F.
3. Martínez, L. y A. Chacalo. 1994. Los Árboles de la Ciudad de México. UNAM-Azcapotzalco. México.
4. Niembro, A. 1986. Árboles y Arbustos Útiles de México. Limusa. México D.F.
5. Martínez, M. 1953. Las pináceas Mexicanas. SAG, México D.F.
6. Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa, México D.F.
7. Standley, P. C. 1926. Trees and Shrubs of Mexico. Contributions from the United States National Herbarium Vol. 23, Washington Government Printing Office.
8. Fonseca, R. M. 1994. Flora de Guerrero No. 2, Cupressaceae y Taxodiaceae, Las Prensas de Ciencias, México, D.F.
9. Carranza González, E. 1992. Flora del Bajío y de regiones adyacentes, Fascículo 4, familia Taxodiaceae. Instituto de Ecología A.C, Centro regional del Bajío, Pátzcuaro.
10. Altamirano, F., Catálogo de la colección de productos naturales indígenas. remitida por la Sociedad Mexicana de Historia Natural a la Exposición Internacional de Filadelfia. *La Naturaleza* III, 382-392, (1876).
11. Sánchez-Cordero. V. A., T. Peterson y P. Escalante-Pliego. 2001. El Modelado de la distribución de especies y la conservación de la diversidad biológica. *In*: H.M. Hernández, A.N. García Alderete, F. Álvarez Y M. Ulloa (Comp.). *Enfoques contemporáneos para el estudio de la biodiversidad*. Instituto de Biología, UNAM. pp. 359 – 379.
12. Barthlott, W. & N. P. Taylor. 1995. *Notes towards a monograph of Rhipsalideae (Cactaceae)*. *Bradleya* 13: 43-79
13. Barthlott, W. & D. R. Hunt. 1993. *Cactaceae*. In: Kubitzki, K. (ed.) *The families and genera of vascular plants*, Vol. II. Springer, Berlin Heidelberg New York Tokio, pp 161-197.
14. F. Miranda y E. Hernández X., “Los sobre Tipos de Vegetación de México y su Clasificación”. *Bol. Soc. Bot. Méx.*, 28, 29-179 (1963).

15. Blanckaert, I., R. L. Swennen, M. Paredes Flores, R. Rosas López y R. Lira Saade. 2004. Floristic composition, plant uses and management practices in homegardens of San Rafael Coxcatlán, Valle de Tehuacán-Cuicatlán, México. *J. Arid Environ.* 57: 39.
16. Canales M., T. Hernández, J. Caballero, A. Romo de Vivar, G. Ávila, A. Durán y R. Lira., 2005. Informant consensus factor and antibacterial activity of the medicinal plants used by the people of San Rafael Coxcatlán, Puebla. México. *J. Ethnopharmacol.* 97: 429-439.
17. Casas, A., A. Valiente-Banuet, J. L. Viveros, P. Dávila, R. Lira, L. Cortés, R. Medina e I. Rodríguez Arévalo. 2001. Plant resources of the Tehuacán-Cuicatlán Valley, México. *Econ. Bot.* 55(1): 129-166.
18. Casas, A., J. L. Viveros y J. Caballero. 1994. Etnobotánica mixteca. Sociedad, cultura y recursos naturales en la montaña de Guerrero. Instituto Nacional Indigenista. México, D.F. 366 pp.
19. Fernández, B. M. N. 1999. Análisis de la dinámica de comunidades vegetales con relación a la evolución del paisaje, en la zona semiárida de Coxcatlán, Puebla. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 115 pp.
20. Barthlott, W. & D. R. Hunt. 1993. *Cactaceae*. In: Kubitzki, K. (ed.) The families and genera of vascular plants, Vol. II. Springer, Berlin Heidelberg New York Tokio, pp 161-197
21. Burger, W.C. & A.H. Gentry. 2000. Family 194. Bignoniaceae. In: W. Burger (ed.), *Flora Costaricensis*. Fieldiana, Bot., n.s. 41: 77–161.
22. Forzza, R. C. 2010. Lista de espécies Flora do Brasil <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2010>. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
23. Gentry, A. H. 1982. Bignoniaceae. *Fl. Veracruz* 24: 1–222.
24. Gentry, A.H. 1992. Bignoniaceae—Part II (Tribe Tecomeae). *Fl. Neotrop.* 25(2): 1–370.
25. Idárraga-Piedrahita, A., R. D. C. Ortiz, R. Callejas Posada & M. Merello. (eds.) 2011. *Fl. Antioquia: Cat. 2*: 9–939. Universidad de Antioquia, Medellín.
26. Molina Rosito, A. 1975. Enumeración de las plantas de Honduras. *Ceiba* 19(1): 1–118.
27. Nasir, E. & S. I. Ali (eds). 1980-2005. *Fl. Pakistan Univ. of Karachi*, Karachi.
28. Standley, P. C. & L. O. Williams. 1974. Bignoniaceae. In Standley, P.C., Williams, L.O. & Gibson, D.N. (Eds), *Flora of Guatemala-Part X*, Number 3. Fieldiana, Bot. 24(10/3): 153–232.
29. Stevens, W. D., C. Ulloa Ulloa, A. Pool & O. M. Montiel Jarquín. 2001. *Flora de Nicaragua. Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.* 85: ixlii.

-
30. Funk, V. A., P. E. Berry, S. Alexander, T. H. Hollowell & C. L. Kelloff. 2007. Checklist of the Plants of the Guiana Shield (Venezuela: Amazonas, Bolivar, Delta Amacuro; Guyana, Surinam, French Guiana). *Contr. U.S. Natl. Herb.* 55: 1–584.
31. Hokche, O., P. E. Berry & O. Huber. 2008. 1–860. In O. Hokche, P. E. Berry & O. Huber *Nuevo Cat. Fl. Vasc. Venezuela*. Fundación Instituto Botánico de Venezuela, Caracas.
32. Lack, H. W. 2012. The discovery, naming and typification of *Bougainvillea spectabilis* (Nyctaginaceae). *Willdenowia* 42: 117–126.
33. Nee, M. 2004. Magnoliidae, Hamamelidae y Caryophyllidae. 2: 1–209. In M. Nee *Fl. Reg. Parque Nac. Amboró Bolivia*. Editorial FAN, Santa Cruz.
34. Pérez, A., M. Sousa Sánchez, A. M. Hanan-Alipi, F. Chiang Cabrera & P. Tenorio L. 2005. Vegetación terrestre. 65–110. In *Biodivers. Tabasco*. CONABIO-UNAM, México.
35. Cotton, C. M. 1997. *Ethnobotany. Principles and applications*. John Wiley & Sons. Chichester. 424 pp. Biological diversity in the Tehuacán-Cuicatlán Valley, México. *Biodiversity and Conservation* 11: 421-442.
36. Dávila, P., M. C. Arizmendi, A. Valiente-Banuet, J. L. Villaseñor, A. Casas y R. Lira. 2002.
37. Schlechtendal, D. F. L. . *De plantis Mexicanis a G. Schiede, M.Dr., Car. Ehrenbergio allisque, collectis*. *Linnaea* 17, 625-631, (1843).
38. Arizona-Sonora Desert Museum, Sonoran Institute and The Nature Conservancy, s/f. *Bioinvaders of the Sonoran Desert*. 28 pp.
39. Arriaga, L., Castellanos, A., Moreno, E. and J. Alarcón, 2004. Potential ecological distribution of alien invasive species and risk assessment: A case study of buffel grass in arid regions of Mexico. *Conservation Biology*. 18(6):1504-1514.
40. Bell, G. 1997. Ecology and management of *Arundo donax*, and approaches to riparian habitat restoration in Southern California. In Brock, J. H., Wade, M., Pysek, P., and Green, D. (Eds.): *Plant Invasions: Studies from North America and Europe*. Blackhuys Publishers, Leiden, The Netherlands, pp. 103-113.
41. Chambers, N. y T. Oshant. s/a. *Plantas invasoras del desierto sonoreño*. Sonoran Institute, Environmental Education Exchange y National Fish and Wildlife Foundation. E.U.A.
42. Consejo Nacional de Áreas Protegidas-Conap, 2004. *Especies exóticas con el mayor potencial de riesgo para los recursos naturales nativos* (metodología de identificación). Oficina Técnica de Biodiversidad-Unidad Técnica de Especies Exóticas. Guatemala, C.A. 20 pp
-

-
43. Devender, T.V. 2002. Especies de plantas invasoras de Sonora (*comm. pers.* octubre, 2002). Arizona Sonora Desert Museum. Universidad de Arizona, EUA.
44. Espinosa, F.J., 2000. Malezas introducidas en México. Instituto de Ecología, UNAM. Base de datos SNIB-Conabio proyecto U024. México. 2002. Especies de malezas nocivas (*comm. pers.* Noviembre, 2002). Departamento de Ecología Química CIECO, UNAM. Morelia, Mich. México
45. Wittenberg, R., Cock, M.J.W. (eds.) 2001. Especies exóticas invasoras: Una guía sobre las mejores prácticas de prevención y gestión. CAB Internacional, Wallingford, Oxon, Reino Unido, xvii-228.
46. Zimmermann, H.G., Pérez-Sandi, M., Goluvob, J., Soberón, J. y J. Sarukhan, 2000. *Cactoblastis cactorum*, una nueva plaga de muy alto riesgo para las opuntias de México. *Biodiversitas* 33:2-13.
47. J. Rzedowski y G. Calderón de Rzedowski. *Acta Botánica Mexicana*, 74, 169-178 (2006).
48. 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)
49. J.L. Villaseñor, *Bol. Soc. Bot. Méx.*, 47, 65-86 (1987).
50. 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).
51. Wilson, P. G., *Plantae Mexicanae Hintonianae* 12. *Kew Bull.*, 15-170, (1958).
52. F. Miranda, Nuevas fanerógamas del S.O. del estado de Puebla. *An. Inst. Biol. Méx.*, 13, 451-462 (1942).
53. 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).
54. Humboldt, A., A. Bonpland & K. S. Kunth. Burseraceae, In, *Nova genera et species plantarum*, 7, 23-35, 611-612 (1825).
55. Bullock, A. A., Contributions to the flora of tropical America: xxxvii. Notes on the Mexican species of *Bursera*, *Kew Bull.* , 346-387 (1936).
56. Engler, A., Burseraceae. DC. Monogr. Phaner, 4, 1-169, (1883).
57. Rose, J. N., Burseraceae. North Amer. Fl., 25, 241-261 (1911).
58. Engler, A., Burseraceae. In: Engler, A. & K. Prantl. Die natürlichen Pflanzenfamilien. ed. 2. 19a, 405-456 (1931).
59. Bullock, A. A. Further notes on the genus *Bursera*. *Kew Bull.*, 447-458, (1937).
-

-
60. Bullock, A. A. . Further notes on the genus *Bursera*. *Kew Bull.*, 163-168, (1938).
61. Standley, P. C. 1917. The Mexican and Central American species of *Ficus*. *Contr. U. S. Nat. Herb.* 20(1): 1-35.
62. Standley, P. C. 1922. *Ficus*. In: Trees and shrubs of Mexico. *Contr. U. S. Nat. Herb.* 23(1): 205-213.
63. Standley, P. C. y J. A. Steyermark. 1946. Moraceae. In: Flora of Guatemala. *Fieldiana Bot.* 24(4): 10-58.
64. Todzia, C., W. D. Stevens y A. Pool. 2001. Moraceae. In: Stevens, W. D., C. Ulloa U., A. Pool y O. M. Montiel (eds.). Flora de Nicaragua (Angiospermas, Fabaceae-Oxalidaceae). *Monographs Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.* 85: 1513-1539.
65. Vázquez S. J. 1974. Contribución al estudio de las plantas del estado de Morelos (México). *Catálogo de las plantas contenidas en el Herbario "L' Amagatall"*. *Ciencia (México)* 29: 1-138.
- 66.- Vázquez, A. M. D. 1981. El género *Ficus* (Moraceae) en la República de Argentina. *Darwiniana* 23(2-4): 605-637.
67. Carvajal, S. 1995. Nuevas combinaciones en especies del género *Ficus* L. (Moraceae, subgen. *Pharmacosycea*) de México. *Bol. Inst. Bot. Univ. Guadalajara* 1(7): 477-484.
68. Carvajal, S. 2001. *Ficus americana* Aublet or *F. perforata* L. (Moraceae). *Bol. Inst. Bot. Univ. Guadalajara* 8(1-2): 169-173.
69. Carvajal, S. y C. Peña-Pinela. 1997. *Ficus jacquelineae* (Moraceae, subgénero *Urostigma*). A new name for a Mexican fig. *Bol. Inst. Bot. Univ. Guadalajara* (4): 57-60.
70. Carvajal, S., R. Rivera-Espinosa y H. Palacios-Juárez. 2001. Nuevas combinaciones en especies del género *Ficus* L. subgénero *Urostigma* (Moraceae) de México. *Bol. Inst. Bot. Univ. Guadalajara* 8(1-2): 127-36.
71. Serrato, A., G. Ibarra-Manríquez y K. Oyama. 2004. Biogeography and conservation of the genus *Ficus* (Moraceae) in Mexico. *J. Biog.* 31: 475-485.
72. Gual D.M. 1998. La familia Tiliaceae Juss., en el Estado de Guerrero, México. Tesis de Maestría (Biología Vegetal) Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
73. Halford D.A. 1995. Notes on Tiliaceae in Australia, 2. A revision of the simple-haired species of the genus *Corchorus* L. *Austrobaileya* 4: 297-320.
74. Austin, D. F. & J. A. McDonald. 2014. Relationships and taxonomy of *Ipomoea variabilis* (Convolvulaceae). *Phytoneuron* 2014-67: 1-4. View in Biodiversity Heritage Library.
-

75. CONABIO. 2009. Catálogo taxonómico de especies de México. 1. In Capital Nat. México. CONABIO, Mexico City.
76. Correa A., M.D., C. Galdames & M. Stapf. 2004. Cat. Pl. Vasc. Panamá 1–599. Smithsonian Tropical Research Institute, Panamá.
77. Davidse, G., M. Sousa Sánchez, S. Knapp & F. Chiang Cabrera. 2012. Rubiaceae a Verbenaceae. 4(2): i–xvi, 1–533. In G. Davidse, M. Sousa Sánchez, S. Knapp & F. Chiang Cabrera (eds.) Fl. Mesoamer.. Missouri Botanical Garden Press, St. Louis.
78. Flora of China Editorial Committee. 1995. Flora of China (Gentianaceae through Boraginaceae). 16: 1–479. In C. Y. Wu, P. H. Raven & D. Y. Hong (eds.) Fl. China. Science Press & Missouri Botanical Garden Press, Beijing & St. Louis.
79. Batis, A., M. Alcocer, M. Gual, C. Sánchez y C. Vázquez - Yanes. 1999. Árboles y Arbustos Nativos Potencialmente Valiosos para la Restauración Ecológica y la Reforestación. Instituto de Ecología, UNAM-CONABIO. México, D.F.
80. Salazar, R. 1991. Guácimo *Guazuma ulmifolia* Lam., Especie de Árbol de Uso Múltiple en América Central. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No. 165. Turrialba, Costa Rica.
81. Pennington, T. y J. Sarukán. 1998. Árboles Tropicales de México. Segunda edición. UNAM-Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
82. Von Carlowitz, P., G. Wolf y R. Kemperman. 1991. The Multipurpose and Shrub Database. An Information and Decision-Support System. Manual, Versión 1.0. ICRAF. Nairobi, Kenia.
83. CATIE. 1997. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales. No. 1. *Guazuma ulmifolia* Lam. Turrialba, Costa Rica.
84. Niembro, A. 1986. Árboles y Arbustos Útiles de México. Limusa. México, D.F.
85. Una guía útil para los árboles fijadores de nitrógeno del mundo. *Guazuma ulmifolia*: adaptada para forraje y mucho más. Junio 1997.
86. K. K. Kojima, X. Zhu, Y. Ogihara, « Saponins from *Gliricidia sepium* », *Phytochemistry*, vol. 48, no 5, 1998
87. Gale, S. W. & T. D. Pennington. 2004. Lysiloma (Leguminosae: Mimosoideae) in Mesoamerica. Kew Bull. 59(3): 453–467.
88. Idárraga-Piedrahita, A., R. D. C. Ortiz, R. Callejas Posada & M. Merello. (eds.) 2011. Fl. Antioquia: Cat. 2: 9–939. Universidad de Antioquia, Medellín.
89. Linares, J. L. 2003 [2005]. Listado comentado de los árboles nativos y cultivados en la república de El Salvador. Ceiba 44(2): 105–268.

-
90. McVaugh, R. 1987. Leguminosae. 5: 1–786. In R. McVaugh (ed.) *Fl. Novogaliciana*. The University of Michigan, Ann Arbor.
91. Reyes-García, A. & M. Sousa Sánchez. 1997. Depresión central de Chiapas. La selva baja caducifolia. *Listados Floríst. México* 17: 1–41.
92. Shreve, F. & I. L. Wiggins. 1964. *Veg. Fl. Sonoran Des.* 2 vols. Stanford University Press, Stanford.
93. Sousa S., M., M. Ricker & H. M. Hernández. 2003. An index for the tree species of the family Leguminosae in Mexico. *Harvard Pap. Bot.* 7(2): 381–398.
94. Stevens, W. D., C. Ulloa Ulloa, A. Pool & O. M. Montiel Jarquín. 2001. *Flora de Nicaragua*. *Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.* 85: i–xlii.
95. Thompson, R. L. 1980. A Revision of the Genus *Lysiloma* (Leguminosae) Ph. D. dissertation (Southern Illinois Univ.-Carbondale). 132 pp.
96. Cabrera E. I. E. (2006) Estudio de la Composición Arbórea, Fuente Semillera y Calidad de la Semilla de Caoba (*Swietenia macrophylla* King.) y Santa María (*Calophyllum brasiliense* var. *Rekoi* Standl.) en el Parque Nacional Laguna Lachuá, Cobán, Alta Verapaz. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. Guatemala. 66 p.
97. Castillo M. L. E. (2007) Introducción al SAS para Windows. 3ra ed. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 295 p.
98. Cid de la T. K. S. (2008) Propagación Sexual de Cuachalalate (*Amphipterygium adstringens*), Especie de Uso Medicinal. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 75 p.
99. Cuevas F. X. M. (2005) A revision of the genus *Amphipterygium* (Julianiaceae). *Ibugana* 13:27-47.
100. García G. K. Y. (2006) Principales usos y posibles acciones farmacológicas del cuachalalate (*Amphipterygium adstringens* Schiede ex Schltdl). *INFÁRMate* 7:1-7.
101. Solares A. F. (2002) Especies no maderables de clima tropical seco. Técnicas de descortezamiento para hacer un uso sustentable de la corteza de cuachalalate (*Amphipterygium adstringens* Schiede ex Schlecht.) para su uso medicinal. SAGARPA. INIFAP. Folleto técnico No. 1. C. E. Zacatepec Mor., México. 2 p.
102. Solares A. F. y M. C. Gálvez-C. (2002) Manual para una Producción Sustentable de Corteza de Cuachalalate (*Amphipterygium adstringens* Schiede ex Schlecht). SAGARPA. INIFAP. Publicación especial No. 34. C. E. Zacatepec Mor., México. 13 p.
103. Solares A. F., J. Jasso-M., J. Vargas-H., M. R. Soto-H. y C. Rodríguez-F. (2006) Capacidad de regeneración en grosor y lateral en corteza de cuachalalate (*Amphipterygium adstringens* Schiede ex Schlecht) en el Estado de Morelos. *Ra Ximhai* 02:481-495.
-

-
104. Solares A. F., J. M. P. Vázquez-A. y M. C. Gálvez-C. (2012) Canales de comercialización de la corteza de cuachalalate (*Amphipterygium adstringens* Schiede ex Schlecht.) en México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 3:29-42.
105. Poppendieck, H. H. 1980. A monograph of the Cochlospermaceae. *Bot. Jahrb. Syst.* 101(21): 191-265.
106. Poppendieck, H. H. 1981. Cochlospermaceae. *Flora Neotropica Monograph* (27): 1-34.
107. 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).
108. Rzedowski, J., Notas sobre el género *Bursera* (Burseraceae) en el Estado de Guerrero, *An. Esc. Nac. Cienc. Biol. Méx.*, 17, 17-36 (1968).
109. Rzedowski, J., *Plantae Guerrerenses Kruseanae*. *Ciencia*, 28, 49-56 (1978).
110. Rzedowski, J. y H. Kruse. Algunas tendencias evolutivas en *Bursera* (Burseraceae). *Taxon*, 28, 103-116 (1979).
111. Guevara-Féfer, F. y J. Rzedowski. Notas sobre el género *Bursera* (Burseraceae) en Michoacán (México). I. Tres especies nuevas de los alrededores de la presa del Infiernillo, con algunos datos relativos a la región. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 39, 63-81 (1980).
112. 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).
113. 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).
114. J.D. Hernández, M. García, R. Herrera y L.U. Román. Química y Espectroscopía de los Componentes obtenidos de los Extractos Hexánicos de algunas *Burseras*. II Encuentro Universitario de Investigación Científica, Tecnológica y Humanística, Noviembre (1992), Morelia, Mich.
115. J.D. Hernández, R. Herrera, M. García y L.U. Román. Derivados de Esqueleto Tipo Ursano con posible actividad Hepatoprotectora obtenidos a partir de α -amirina (urs-2-en-3 β -ol). III Encuentro Universitario de Investigación Científica, Tecnológica y Humanística, Centro Cultural Universitario (1993). Morelia, Mich.
116. J.D. Hernández, M.A. Sánchez, R. Herrera y L.U. Román. Química de Algunos Triterpenos obtenidos de *Burseras*, *Rev. Soc. Quím. Méx.*, 38, C/49, 308 (1994).
117. J. D. Hernández, M. García y L.U. Román. Terpenoides de Resina y Fruto de *Bursera cuneata* (Schlecht.) Engl., V Encuentro Universitario de Investigación Científica, Tecnológica y Humanística. *Memorias*, pág. 53 (1995).
-

-
118. Juan Diego Hernández, Rocío Alvarez García, Isaías Tapia y Luisa Urania Román. Derivados de 3-lupenona, un triterpeno pentacíclico obtenido de *Bursera mirandae* sp., *Revista de la Sociedad Química de México*, 42, R-1, 49 (1998).
119. L. U. Román, D. Guerra-Ramírez, G. Morán, I. Martínez, J. D. Hernández, C. M. Cerda-García-Rojas, J. M. Torres-Valencia y P. Joseph-Nathan. First seco-Coleananes from nature, *Organic Letters*, 6, 173-176 (2004).
120. Surendra, K.; Corey, E.J. 2009. A Short Enantioselective Total Synthesis of the Fundamental Pentacyclic Triterpene Lupeol. *Journal of the American Chemical Society*, 131: 13928-13929.
121. Takahashi, H.; Kosaka, M.; Watanabe, Y.; Nakade, K.; Fukuyama, Y, 2003. Synthesis and neuroprotective activity of bergenin derivatives with antioxidant activity. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 11: 1781-1788.
122. Xie ,W.D.; Zhang, Q.; Li, P.L.; Jia, Z.J. 2005. Two triterpenoids and other constituents from *Petasites tricholobus*. *Phytochemistry*, 66: 2340-2345
123. *Ocimum chevalieri* Briq., *Bull. Soc. Bot. France* 61(8): 279 (1914 publ. 1917).
124. Oliva, L., Flora médica. El copal. *La Naturaleza I*, 37-43, (1869).
125. Ramírez, J., Datos para el estudio de los cuajotes. *An. Inst. Med. Nac.*, 2, 14-18, (1896).
126. Bullock, A. A., *Bursera hintoni* Bullock, *B. trimera* Bullock, *B. heteresthes* Bullock & *B. tecomaca* (DC.) Standl. Hooker's Ic. Pl. 34, tt. 3392-3395 (1939).
127. Juan D. Hernández-Hernández, Luisa U. Román-Marín, J. C. Guzmán-Martínez, L. Murillo-Galeana, I. Tapia Quintero y V. Murillo-Galeana Aspectos Fitoquímicos de *Bursera penicillata*, *Bursera graveolens* y *Bursera fragantissima*, Tres Especies de la Sección Bullockia. *Rev. Latinoamer. Quím.*, ISSN 0370-5943, 33, pág. 189, (2005). Suplemento Especial.