



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLAS DE HIDALGO**



FACULTAD DE QUÍMICO FARMACOBIOLOGÍA

**ESTUDIO FITOQUÍMICO DEL "CONCANCHIRE" Ó
BURSERIA TOLEDOANA, ESPECIE ENDÉMICA DE
LAS PARTES MÁS BAJAS DE LA PORCIÓN
OCCIDENTAL DE LA DEPRESIÓN DEL BALSAS.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

QUÍMICA FARMACOBIOLOGA

P R E S E N T A :

ALEJANDRA DEL CARMEN CORONA LOEZA

ASESORES:

DOCTOR EN CIENCIAS QUÍMICAS JUAN DIEGO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

DOCTORA EN CIENCIAS QUÍMICAS LUISA URANIA ROMÁN MARÍN

MORELIA, MICHOACÁN.

Enero 2014

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

EL TEMA DE ESTA TESIS FORMA PARTE DE LOS PROYECTOS

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

APOYADO POR LA COORDINACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA DE LA U. M. S. N. H (CICLO 2013) .

ÍNDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
PARTE TEÓRICA	33
DISCUSIÓN Y RESULTADOS	69
CONCLUSIONES	93
BIBLIOGRAFÍA	95

ESTUDIO FITOQUÍMICO DEL “CONCANCHIRE” O *BURSERA TOLEDOANA*, ESPECIE ENDÉMICA DE LAS PARTES MÁS BAJAS DE LA PORCIÓN OCCIDENTAL DE LA DEPRESIÓN DEL BALSAS.

RESUMEN

Planteamiento del problema

Las Burseraceae se dividen en dos secciones: la sección *Bursera* que defolia en su corteza y la *Bullockia* que no defolia. Los estados de Guerrero, Michoacán, Oaxaca y Jalisco registran los mayores índices de crecimiento de éstas especies, de las cuales muchas son endémicas, entre ellas está la *Bursera toledoana*.

Metodología.

La *Bursera toledoana* fue colectada en la porción occidental del río Balsas y en los límites de los estados de Michoacán y Guerrero, sus extractos hexánicos fueron separados y purificados por cromatografía en columna abierta con gel de sílice y alúmina. Los metabolitos aislados fueron analizados mediante sus propiedades físicas y espectroscópicas de RMP y RM¹³C.

Conclusiones generales.

Los metabolitos mayoritarios obtenidos fueron de naturaleza triterpénica ya conocidos, por lo que fueron comparados con los de otras especies afines y de los datos de la literatura con la finalidad de demostrar de manera inequívoca su identificación.

Palabras clave: *Bursera toledoana*, *Bursera*, Cuenca del Río Balsas, metabolitos.

PHYTOCHEMICAL STUDY OF “CONCANCHIRE” OR BURSERA TOLEDOANA, ENDEMIC SPECIES OF THE LOWEST PORTION IN THE WEST OF THE BALSA’S DEPRESSION.

ABSTRACT

Problem

The Burseraceae are divided into two sections: the *Bursera* which are characterized by having its bark defoliate and *Bullockia*, which includes species, not defoliate. The states of Guerrero, Michoacán, Oaxaca and Jalisco have the highest growth rates of these species, of which many are considered endemic, among with it's *Bursera toledoana*.

Methodology

The species of *Bursera toledoana* was collected in the western portion of the Balsas River and within the limits of the states of Michoacán and Guerrero; their hexane extracts were subjected to chromatographic separation procedures in open column with silica gel and alumina. And the isolated metabolites were analyzed by their physical and spectroscopic properties of RMP and RM¹³C.

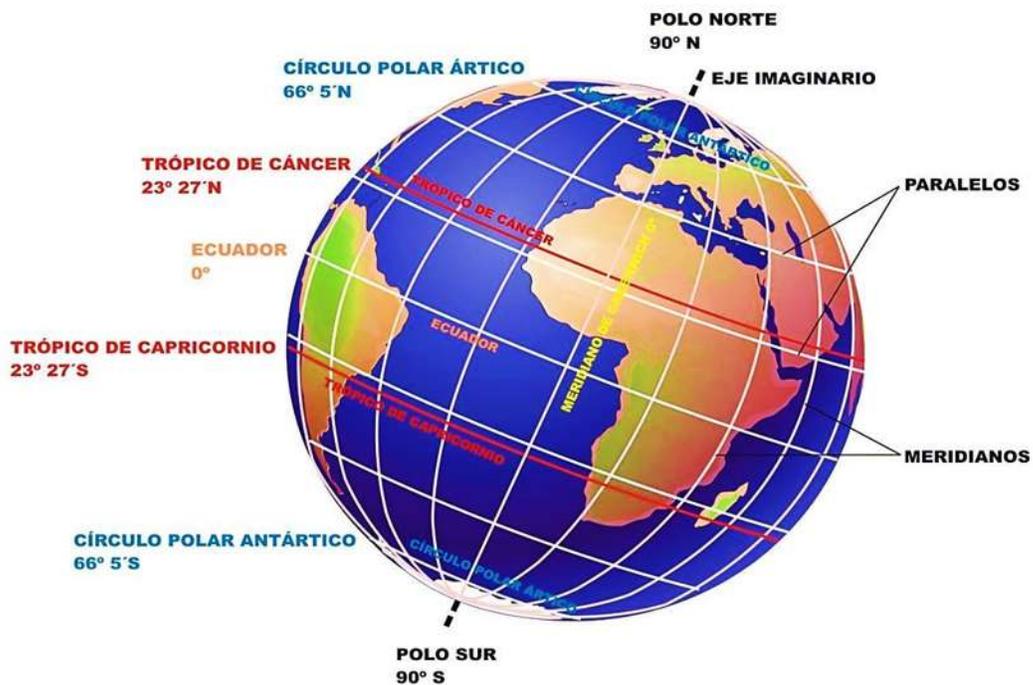
General Conclusions

The major metabolites were triterpenics nature already known what were compared with those of related species and data from the literature with purpose way to demonstrate their unequivocal identification.

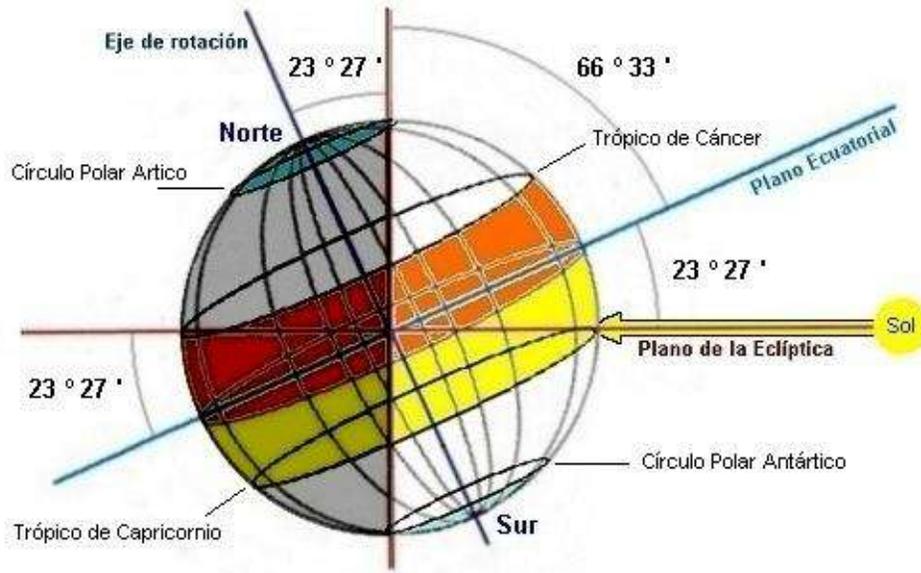
Key words: *Bursera toledoana*, *Bursera* *Bursera*, Balsas river basin, metabolites.

INTRODUCCIÓN

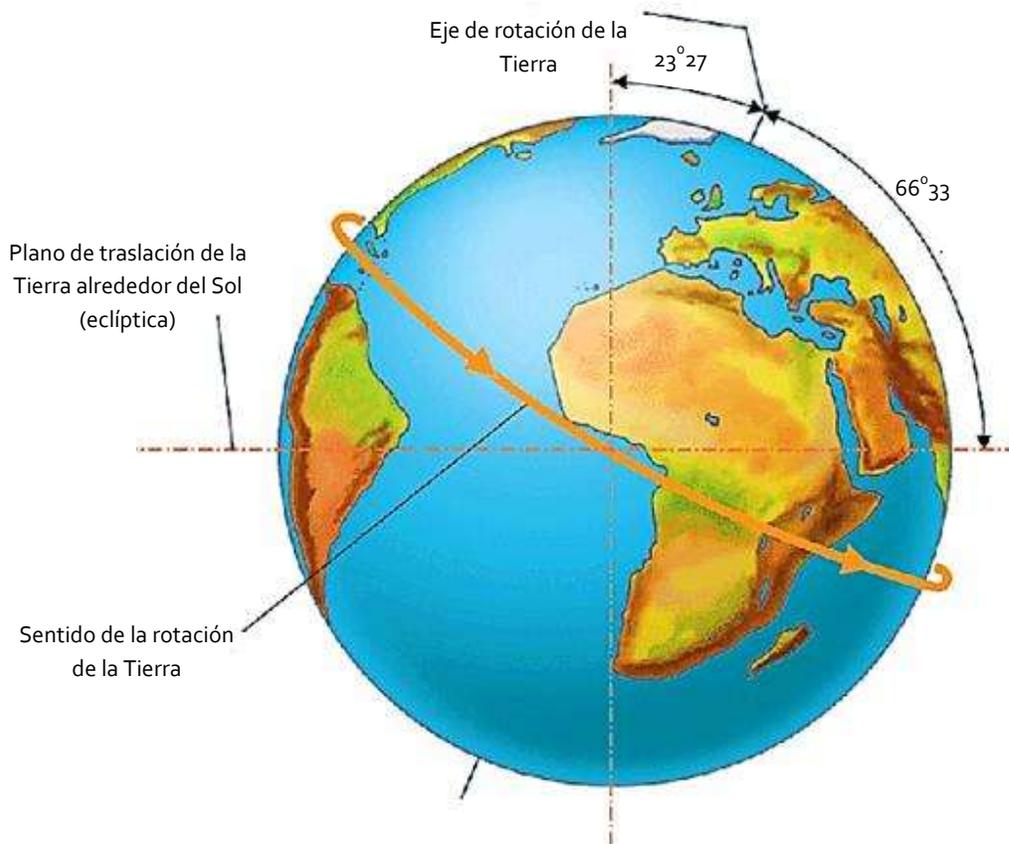
Trópico proviene del latín *tropĭcus* y éste del griego *τροπικός* que significa vuelta. Los trópicos son líneas paralelas que pasan por las latitudes de $23^{\circ} 26' 16''$ N y $23^{\circ} 26' 16''$ S de nuestro planeta. Y es el plano horizontal en el que se produce el movimiento de traslación de la Tierra alrededor del sol, que se conoce como plano de la eclíptica; debido a que el giro no es perpendicular a dicho plano, la intersección del plano con la esfera no coincide con él.



Trópicos



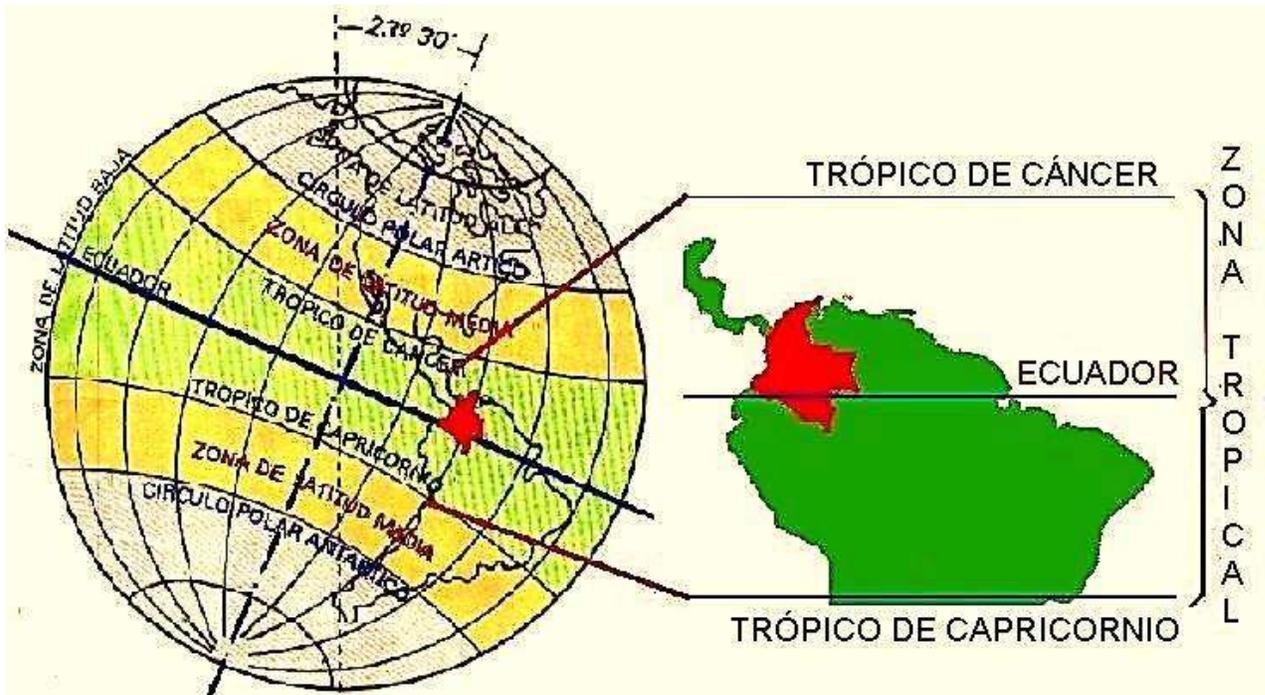
Plano de la eclíptica referente a los trópicos



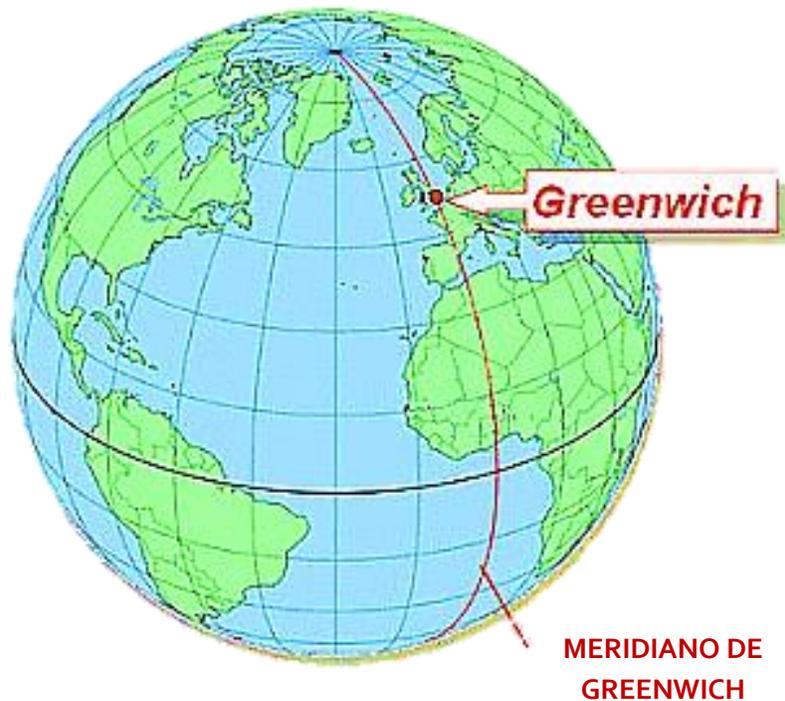
Movimiento de rotación de la Tierra

A éstos trópicos se les conoce como Trópico de Cáncer (en el hemisferio norte) y Trópico de Capricornio (en el hemisferio sur).

La región comprendida entre los dos trópicos se conoce como zona intertropical, tórrida o tropical aunque la primera denominación tiende a reemplazar a las dos últimas en aras de la exactitud; desde el punto de vista biogeográfico, los trópicos pueden extenderse más allá de los paralelos de Cáncer y Capricornio,



Por acuerdo tomado en una conferencia internacional celebrada en 1884 en Washington y auspiciada por el entonces presidente de los Estados Unidos, a la que asistieron delegados de 25 países, el «meridiano de referencia», a partir del cual se miden las longitudes, es decir, el que se considera el «meridiano 0°», es el meridiano de Greenwich, llamado así porque pasa por el antiguo observatorio astronómico de Greenwich (que, en esa época, era un suburbio de Londres).



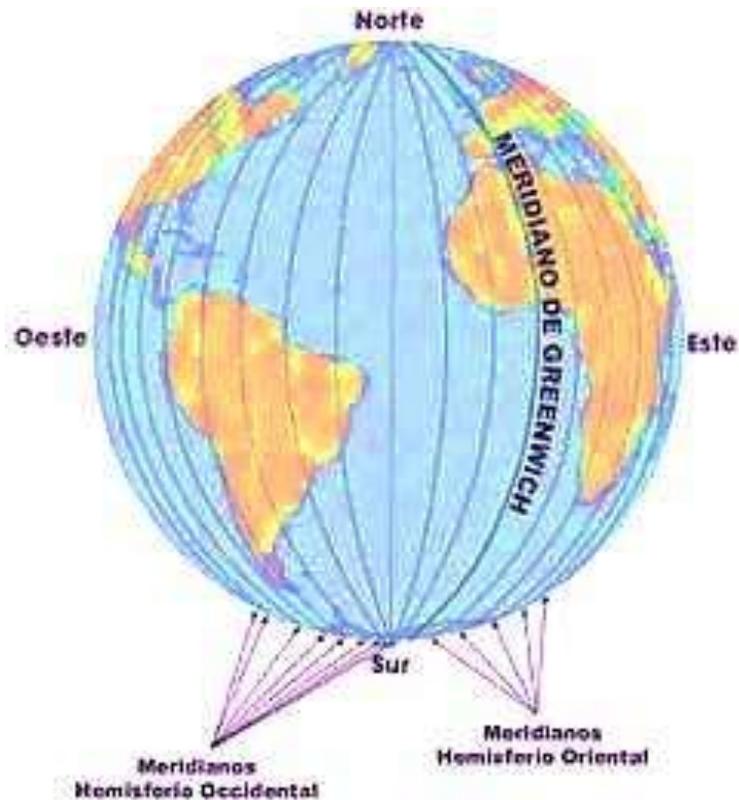
Meridiano de Greenwich

Los meridianos están numerados de 0° a 180° , por lo tanto a partir del Meridiano de origen 0° , se cuentan 180 meridianos hacia el oeste, los que corresponden al Hemisferio Occidental y 180 meridianos hacia el este, correspondientes al Hemisferio Oriental.

Meridiano o línea de Longitud es como se denomina al sistema de líneas imaginarias de la superficie terrestre representadas en la cuadrícula de un mapa, se extienden de un polo a otro en el caso de los meridianos y de este a oeste en el caso de los paralelos.

Se trata de semicírculos que pasando por los polos son perpendiculares al Ecuador, algo parecido a los gajos de una naranja.

Cada meridiano está compuesto por dos semicírculos, uno que contiene al meridiano considerado (Greenwich) y otro el meridiano opuesto complementario.



Disposición de meridianos a partir del Meridiano de Greenwich

Cada meridiano y su complementario dividen a la Tierra en dos hemisferios laterales, el Occidental y el Oriental, por lo que en cualquier punto de la superficie se puede trazar un meridiano.

Los meridianos se denominan, de manera similar a los paralelos, por su distancia angular MERIDIANO 0° (Longitud 0°) respecto al meridiano de Greenwich y para evitar imprecisiones se denominan Meridiano. Este hacia la derecha de la línea principal y Meridiano Oeste hacia su izquierda.

Comenzando por el Ecuador, el cual es un círculo imaginario perpendicular al eje de rotación de la Tierra; es el círculo máximo, es decir, un círculo cuyo centro es también el centro de la tierra, se encuentra equidistante de los polos y divide la Tierra en dos hemisferios:

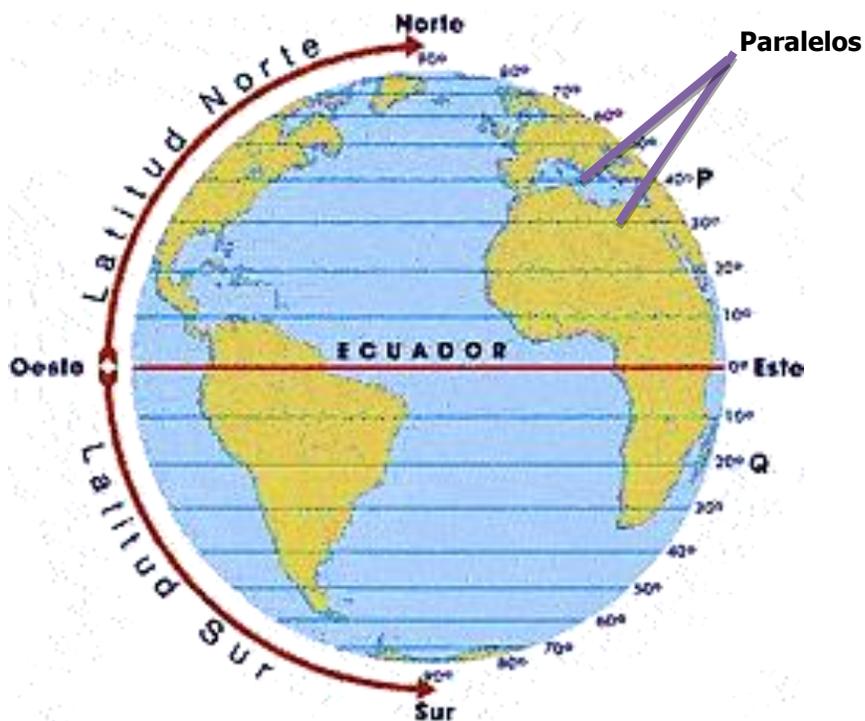
- Hemisferio Norte, semiesfera que abarca desde el ecuador hasta el polo Norte.

- Hemisferio Sur, la cual es otra semiesfera que comprende desde el Ecuador hasta el polo Sur.

Al Norte del Ecuador y paralelos al mismo, se pueden trazar una sucesión de círculos menores imaginarios que se hacen más pequeños a medida que se acercan a los polos. Estos círculos menores y el Ecuador reciben el nombre de PARALELOS. Por cualquier punto de la superficie terrestre se puede trazar un paralelo.

Sin embargo, a diferencia de los meridianos, los paralelos no son circunferencias máximas pues, salvo el ecuador, no contienen el centro de la Tierra.

Como hay 90 paralelos en cada hemisferio, norte y sur, la mayor latitud que se puede medir en cada uno es de 90° , ya sea hacia el Sur o hacia el Norte.



Paralelos de referencia

La serie de círculos que van de este a oeste, conocidos como paralelos de latitud, se cruzan formando ángulos rectos con una serie de semicírculos que se extienden de norte a sur, desde un polo hasta el otro (meridianos de longitud).



Paralelos de latitud y meridianos de longitud

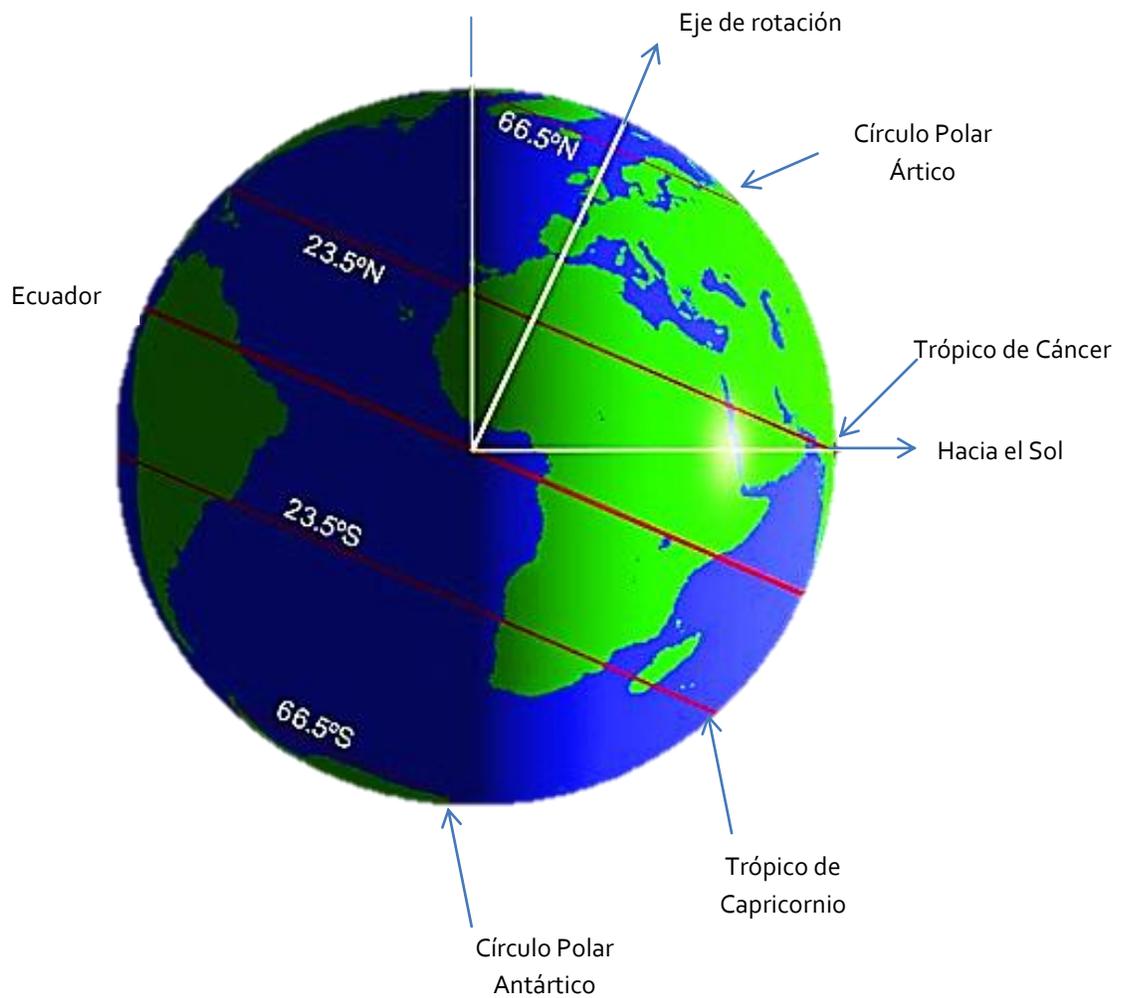
Existen cinco paralelos notables o principales que se corresponden con una posición concreta de la Tierra en su órbita alrededor del Sol y que, por ello, reciben un nombre particular:

1. Círculo Polar Ártico (latitud $66^{\circ} 33' N = 90^{\circ} - 23^{\circ} 27'$).
2. Trópico de Cáncer (latitud $23^{\circ} 27' N$). Es el paralelo más al Norte en el cual el Sol alcanza el cenit. Esto ocurre en el solsticio de junio.
3. Ecuador, (latitud 0°). En el Ecuador el Sol culmina en el cenit en el equinoccio de primavera y de otoño.

4. Trópico de Capricornio (latitud $23^{\circ} 27' S$). Es el paralelo más al Sur en el cual el Sol alcanza el cenit. Esto ocurre en el solsticio de diciembre.

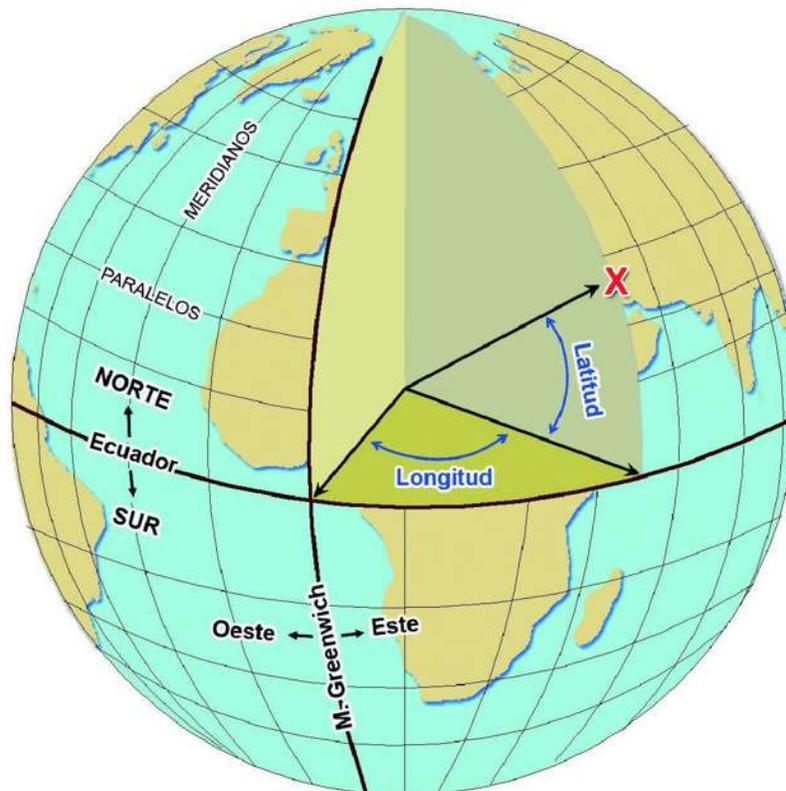
5. Círculo Polar Antártico (latitud $66^{\circ} 33' S$).

Estos ángulos son determinados por la oblicuidad de la eclíptica (aprox. $23^{\circ} 27'$).



Representación de los principales paralelos

La longitud, es la localización de un lugar al este o al oeste de una línea norte-sur, denominada meridiano de referencia, se mide en ángulos que van de 0° en el meridiano de origen, meridiano de Greenwich a 180° en la línea internacional de cambio de fecha.



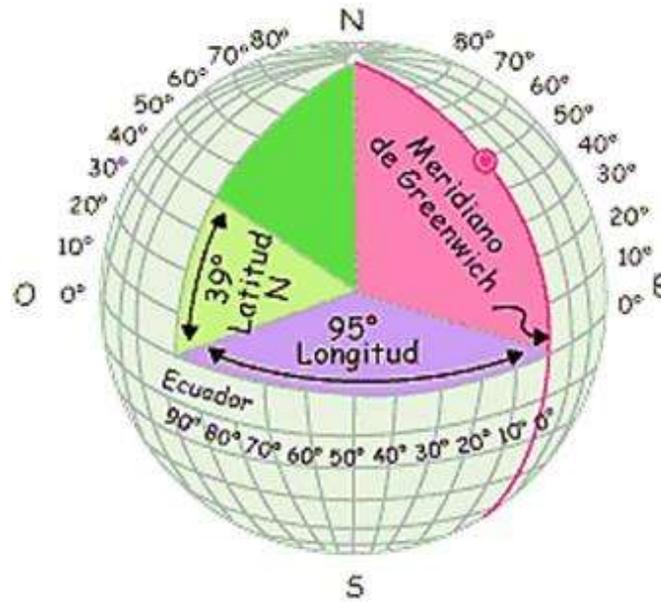
Representación de meridianos como longitud

Sobre los paralelos y a partir del meridiano de Greenwich, meridiano que se toma como origen, se mide la longitud que es el arco de circunferencia expresado en grados sexagesimales, que podrá ser Este u Oeste, en función del sentido de medida de la misma.

El ángulo formado (con vértice en el centro de la Tierra) sobre cualquier plano meridiano por un paralelo y la línea ecuatorial se denomina latitud y es la misma para todos los puntos del paralelo, la cual se discrimina entre latitud Norte y latitud Sur según el hemisferio.

A diferencia de los meridianos, los paralelos no son circunferencias máximas, pues, salvo el Ecuador, no contienen el centro de la Tierra.¹⁻¹³

Tanto meridianos como paralelos forman el sistema de coordenadas geográficas basado en latitud y longitud.



Sistema de coordenadas geográficas

La latitud mide el ángulo entre cualquier punto y el ecuador.

La distancia en kilómetros a la que equivale un grado de dichos meridianos depende de la latitud, a medida que la latitud aumenta disminuyen los kilómetros por grado. Para el paralelo del ecuador, sabiendo que la circunferencia que corresponde al Ecuador mide 40,075.004 km, 1° equivale a 111.319 km.

Aunque, en teoría, los grados de longitud están espaciados de forma uniforme, el suave aplastamiento de los polos causado por la rotación de la tierra, hace que la longitud de un grado de latitud varíe desde 110.57 km en el ecuador a 111.70 km. en los polos.

En el ecuador, los meridianos de longitud separados por un grado se encuentran a una distancia de 111.32 km; en los polos, los meridianos convergen.

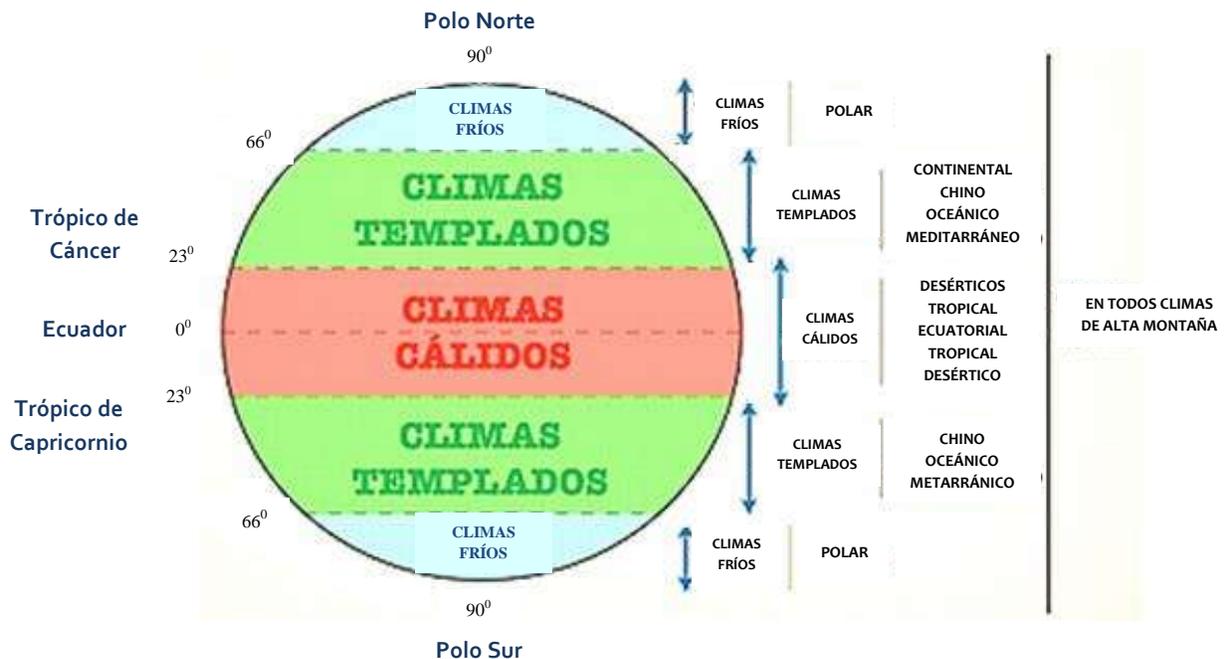
Cada grado de longitud y latitud se divide en 60 minutos y cada minuto en 60 segundos, de este modo se puede asignar una localización precisa a cualquier lugar de la tierra.

Así un vector dibujado desde el centro de la tierra al punto 39.3 grados norte del ecuador y 76.6 grados al oeste de Greenwich pasará por Baltimore y la medición de sus coordenadas geográficas se expresará como

Latitud 39.3° N
 Longitud 76.6° O (W)

La zona intertropical es el espacio de la superficie de la Tierra comprendido entre los dos trópicos, a quien divide por medio el ecuador o la línea y distando cada uno 23° y 27', será toda su latitud de aproximadamente 47°.

Los antiguos llamaron a esta zona tórrida porque teniendo los habitantes de ella el Sol en su cenit y siéndoles sus rayos perpendiculares, juzgaron que sería en la mayor parte inhabitada por su excesivo calor, pero los modernos han encontrado en ella países frescos, templados y saludables en donde se goza casi de primavera y otoño perpetuos, porque siendo las noches de casi 12 horas y corriendo en el día vientos frescos que pasan sobre muchas leguas de mar, templan los rayos del Sol causando frecuentes lluvias y por esto en muchas partes de esta zona se hacen dos cosechas de fruto cada año y los árboles en todo tiempo tienen flor y fruto.



Trópicos con zonas intertropicales

A las zonas entre cada uno de los trópicos y su correspondiente círculo polar en el hemisferio, se le denomina zona templada. Estas zonas se caracterizan porque:

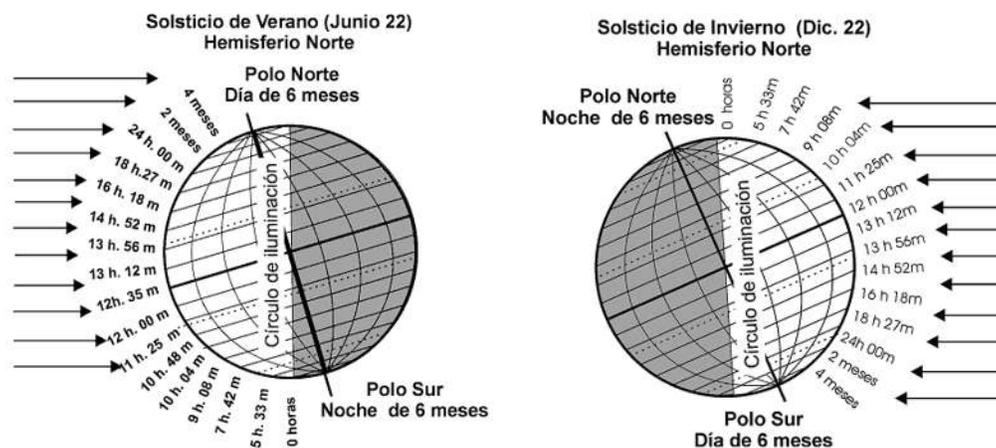
1. El Sol nunca alcanza el cenit.
2. El clima no es tan caluroso como en la zona intertropical ni tan frío como en las zonas polares.

Durante todo el año, el Sol cruza el horizonte dos veces, en otras palabras, los días y las noches nunca superan las 24 horas de duración. Sin embargo, en los lugares cercanos al círculo polar, durante los solsticios se presentan días o noches cercanos a las 24 horas de duración.

El trópico de Cáncer es el trópico del hemisferio norte, situado a una latitud de $23^{\circ}26'16''$ 1 al norte del Ecuador. Se desplaza hacia el sur a un ritmo de casi medio segundo (0,46 seg.) por año.

Esta línea imaginaria delimita los puntos más septentrionales en los que el Sol llega a brillar desde el cenit (la vertical del lugar), lo que ocurre entre el 20 y el 21 de junio de cada año, a lo que se le denomina como solsticio de junio. En tablas astronómicas, la fecha y la hora de este evento se señalan en tiempo universal coordinado (UTC).

En el instante en que ocurre el solsticio de junio, los rayos solares caen verticalmente sobre el suelo en la línea imaginaria del trópico del hemisferio norte. En el solsticio de diciembre, lo hacen sobre el trópico del hemisferio sur.



Solsticios de Junio y Diciembre

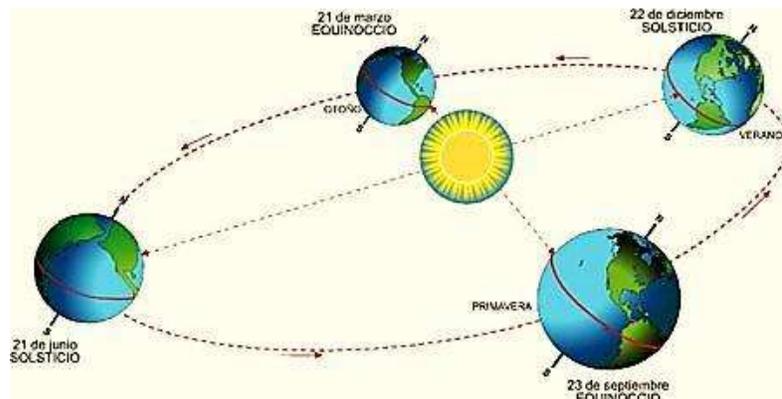
El trópico de Cáncer señala el límite septentrional de la llamada Zona Intertropical, comprendida entre los trópicos de Cáncer y Capricornio.

Las regiones situadas en la línea ecuatorial, por tener su cenit en este círculo, tienen la esfera recta y sus propiedades son las siguientes:

- Dos días en el año tienen el Sol en el cenit al punto del mediodía, éstos son el 23 de marzo y el 23 de septiembre, porque el Sol en ellos hace la revolución diurna por el ecuador.
- Lo más que se aparta el Sol de su cenit son $23^{\circ}30'$, esto sucede el 22 de junio y el 22 de diciembre, pues entonces la revolución diurna del Sol se hace por los trópicos.

Por lo que en el Ecuador se presentan dos veranos, dos otoños, dos inviernos y dos primaveras en un año.

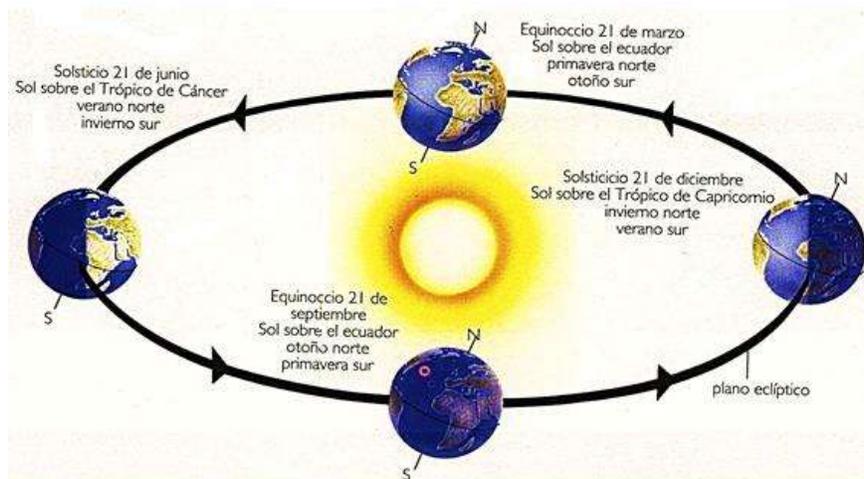
El primer verano empieza el 21 de marzo teniendo el Sol en su cenit y dura hasta el 21 de abril que el Sol hace la declinación $11^{\circ} 45'$ (mitad de su máxima declinación), después sigue un otoño de dos meses hasta el 22 de junio que el Sol tiene la máxima declinación, luego sigue un invierno de dos meses hasta el 23 de agosto que el Sol tiene la declinación media; después sigue una primavera hasta el 23 de septiembre; luego otro estío de un mes hasta el 24 de octubre, luego un otoño de dos meses hasta el 22 de diciembre, después un invierno de dos meses hasta el 19 de febrero y, finalmente, otra primavera de un mes hasta el 21 de marzo.



Representación de las estaciones en el Ecuador

Las estaciones del año llamadas verano, otoño, invierno y primavera (atendiendo al movimiento del Sol) se cuentan generalmente de este modo: el

verano empieza cuando el Sol se halla más próximo al cenit, el invierno cuando el Sol se encuentra lo más alejado, el otoño cuando apartándose del cenit se halla en la distancia media y la primavera cuando se halla en la distancia media acercándose al cenit.



Estaciones del año

Ahora hablando sobre fauna y flora las variedades son mayores a medida que nos alejamos de los trópicos en dirección hacia el Ecuador, debido a que las precipitaciones se incrementan y la estación seca invernal se acorta de manera progresiva, como consecuencia de ello, los árboles de la sabana aumentan en número y tamaño e imperceptiblemente, los grandes espacios abiertos desaparecen y el bosque se adueña del territorio.



La transición entre la sabana y el bosque es muy gradual, se produce cuando los árboles logran imponerse definitivamente sobre las hierbas, aparece entonces un bosque xerófilo, frecuentemente espinoso y muy abierto pero que da paso rápidamente a formaciones forestales cerradas.



En la franja contigua a la sabana, donde las dos estaciones del año son todavía contrastadas, el período seco es prolongado y muy caluroso, los árboles se desprenden de sus hojas para evitar pérdidas excesivas de agua durante la estación desfavorable dando lugar a los bosques tropicales caducifolios que en muchos casos es de carácter xerófito.

Si se sigue avanzando, la sequía se va atenuando de forma gradual por efecto tanto del progresivo alargamiento de la estación lluviosa como del incremento de los totales recogidos cada año y, asociado a ello, de las reservas hídricas que acumula el suelo. A partir de un cierto momento algunos árboles, normalmente los más pequeños y resguardados dentro del bosque, dejan de perder la hoja y se mantienen verdes todo el año junto a otros, los más altos y expuestos al sol, que siguen perdiendo la hoja ya que son incapaces de obtener o acumular el agua necesaria para mantenerse activos durante todo el año.

Ciertos árboles almacenan agua en el interior de sus gruesos troncos consiguiendo de este modo mantener su actividad biológica durante más tiempo

como ocurre con las bombacáceas, las cuales son una Familia de plantas tropicales compuesta de muchas especies de árboles generalmente muy grandes y muy corpulentos.



El término “sabana” es de origen caribe y designa una llanura herbácea aunque las sabanas más extensas y características se localizan en África subsahariana, oriental y meridional. En América del Sur se extienden al Norte y Sur de la cuenca amazónica y en gran parte de la del Orinoco. Además, está bien representada en Australia y en algunas zonas de la India y del Sureste asiático.





Los bosques semicaducifolios son típicos de ciertas regiones tropicales donde la estación seca obliga a los mayores árboles a detener su actividad por falta de agua pero existen muchas especies capaces de conservar la hoja gracias a sus reservas o mejor economía del agua.



Foto: bosque semicaducifolio en Bowen (Queensland-Australia).

Los suelos que dominan en esta zona, igual que en el resto de las regiones tropicales lluviosas, son los latosoles, suelos rojos ferruginosos.

Los bosques tropicales característicos se extienden por África central, América del Sur (Chaco y regiones del sudeste de Brasil), América Central y Norte de Australia. Asimismo se pueden incluir en este bioma los bosques de gran parte de la India y del Sudeste asiático pese a no corresponder a la misma franja latitudinal.



Están dominados por árboles caducifolios o semicaducifolios en los que la pérdida de la hoja se corresponde con la estación seca y puede mantenerse durante bastantes meses al año. Las hojas de los árboles de estos bosques, igual que las del caducifolio de latitudes medias, son planas y grandes, tienen la cutícula fina, cuentan con numerosos estomas y son muy productivas. Sin embargo, son también muy transpirantes por lo que necesitan disponer de agua en todo momento para compensar la que están disipando.

De ahí que estos árboles no sean capaces de soportar las pérdidas que se producen durante el período seco y opten por desprenderse de la hoja al llegar esa estación. La caída de las hojas es, sin embargo, facultativa, y en los lugares con más disponibilidad de agua, éstas mismas especies las conservan durante todo el año (lo que permite hablar de “bosques semicaducifolios”).

La cuenca del río Balsas es una región de México, que tiene una superficie de aproximadamente 112,320 km², que está constituida por una depresión con dirección este-oeste localizada en la parte sur occidental de México, en ella quedan enclavadas regiones de los Estados como México, Puebla, Tlaxcala, Morelos, Guerrero, Jalisco, Michoacán y Oaxaca, siendo en éstos últimos cuatro estados donde crece casi la totalidad de las especies mexicanas que pertenecen al género *Bursera*. Se desarrollan hábitats como el bosque tropical caducifolio, bosque tropical subcaducifolio, bosque espinoso, matorral xerófilo, bosque de encino, bosque de pino, bosque mesófilo de montaña (Rzedowski, 1978).²⁵⁻³⁰



Mapa que indica por donde pasa y desemboca la cuenca del río Balsas



Vista de matorral xerófilo de la cuenca del río Balsas

La diversidad de condiciones ambientales que se da en esta cuenca le confiere gran riqueza florística y un alto grado de endemismo, situación ya manifestada por diversos autores que han trabajado en el área (Blanco *et al.*, 1979; Miranda, 1942, 1943, 1947; Rzedowski, 1978, 1991; Sousa y Soto, 1989, Toledo, 1982; Villaseñor, 1987).³¹⁻⁴⁶

El Bosque tropical caducifolio es el tipo de vegetación más extendido en la Cuenca del río Balsas,⁴⁷⁻⁶⁰ su área de distribución se encuentra limitada entre el nivel del mar 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 metros, donde los elementos arbóreos pierden sus hojas casi por completo durante el periodo de sequía, comprendido entre diciembre y junio; 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 (Soto, 1987); además se reconoce que dentro de la cuenca las especies preponderantes pertenecen al género *Bursera*.

Entre los 900 y 1,600 metros de altitud se desarrolla, en terrenos sumamente accidentados, un tipo de este bosque que forma 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 periodo más prolongado el follaje durante la época de sequía, esto debido a un mayor grado de humedad que existe en estas zonas.



Bosque tropical caducifolio

Se enlistan 337 especies de plantas vasculares en la cuenca del río Balsas, ubicadas en la categoría de endémicas. Las familias mejor representadas son Compositae con 48 taxones, Leguminosae con 30, Cactaceae 21, Burseraceae y Crassulaceae 17; en las monocotiledóneas destacan Orchidaceae con 24 especies, Bromeliaceae y Liliaceae 16. De la pteridoflora⁵¹⁻⁶³ sólo 14 especies se registran como taxones de distribución restringida.

El estado mejor representado es Guerrero (82 spp exclusivas), Jalisco el que menos taxones registra (7 spp) y en Tlaxcala no ocurre ninguna especie hasta la fecha. La mayoría de las especies prosperan en el bosque tropical caducifolio y en el matorral xerófilo.

El interior del bosque semicaducifolio es muy luminoso lo que permite el desarrollo de un denso sotobosque arbustivo, bosque semicaducifolio con *Hildegardia cubensis*, árbol endémico cubano que almacena agua en su grueso tronco en la R.N de la Bahía del Naranjo (Cuba).



Sotobosque arbustivo.



Bosque semicaducifolio.

Como ya se mencionó la Cuenca del río Balsas cuenta con una vegetación sobresaliente de bosque tropical caducifolio,⁶⁴⁻⁷⁰ lo que favorece a su riqueza florística con alto grado de endemismo.

Las áreas forestales de la cuenca del Balsas están dominadas por especies arbóreas como *Bursera copallifera*, *B. palmeri*, *B. bipinnata*, *Ipomoea intrapilosa*, *I. Murucoides*, *Ceiba aesculifolia*, *Euphorbia fulva*, *Leucaena glauca* y *Lysiloma divaricata*. El matorral estrato se compone principalmente de *Acacia farnesiana*, y *Eysenhardtia polystachya*, y estrato herbáceo se compone de *Bouteloua filiformis*, *B. curtipendula*, *Hilaria cenchroides*, *Muhlenbergia stricta*, y *M. rigida*. Hábitats de matorral espinoso están dominados por mezquite (*Prosopis laevigata*) y huamúchil (*Pithecellobium dulce*), y mezclados con grama salada (*Distichlis spicata*) y *Eragrostis obtusiflora*. Hábitats de matorral subtropical

consisten pennatula Acacia mezclado con otros Acacia, Ipomoea y Bursera, interspeOpuntia y Stenocereus.

El objetivo del presente trabajo es la continuación de los estudios de plantas que pertenecen al género Bursera, la cual cuenta con especies de amplia distribución en la cuenca del río Balsas y los diferentes estados que la componen.



En los Olivos en el Estado de Michoacán, crece la *Bursera toledoana* Rzed. Especie de estudio de la presente tesis, la cual se encuentra clasificada dentro de la sección Bursera, ya que presenta exfoliación en su corteza por lo que queda considerada en esta sección, en donde ya se han llevado a cabo algunos estudios previos. Además es una especie endémica cuyo hábitat se localiza entre los Estados de Guerrero* y Michoacán,^{71, 78} por lo que el objetivo del éste trabajo de Tesis es el estudio de los metabolitos obtenidos del extracto hexánicos de sus tallos y su estudio fitoquímico; el cual fue comparado con el que se realizó con otras dos especies vicariantes como la *Bursera suntui* y la *Bursera multifolia***, el

trabajo comparativo tuvo la finalidad de una validación previa con objetivos quimiotaxonómicos.

* “Triterpenos de *Bursera bonetii* y *Bursera xochipalensis*, Burseraceae endémicas de la Sierra Madre del Sur.”

Juan Diego Hernández-Hernández, Alejandra del Carmen Corona Loeza, Isaías Tapia- Quintero, Luisa Urania Román-Marín.

8a. REUNIÓN INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN PRODUCTOS NATURALES, "Dr. Pedro Joseph-Nathan"

Revista Latinoamericana de Química, Vol. 38, Número Especial, pág. 144, C/90, (2011).

** “Comparación de los metabolitos obtenidos de los extractos hexánicos de las ramas de tres especies defoliantes de *Burseraceae*.”

Alejandra del Carmen Corona-Loeza. ASESORES: D.C. Juan Diego Hernández-Hernández y D.C. Luisa Urania Román- Marín.

2°. VERANO NICOLAÍTA DE INVESTIGACIÓN. (2013).

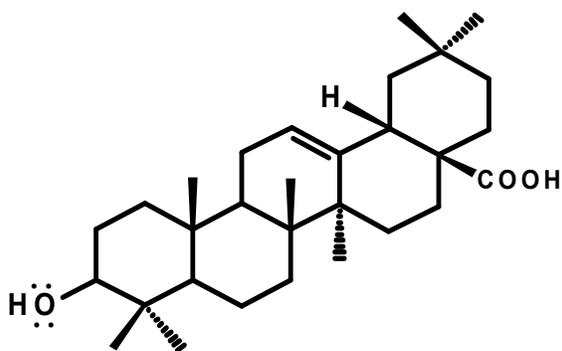
• “Componentes mayoritarios de *Bursera toledoana* y *B. multifolia* especies vicariantes de la sección *Bursera*.”

Juan Diego Hernández-Hernández, Alejandra del Carmen Corona- Loeza, Isaías Tapia Quintero y Luisa Urania Román- Marín.

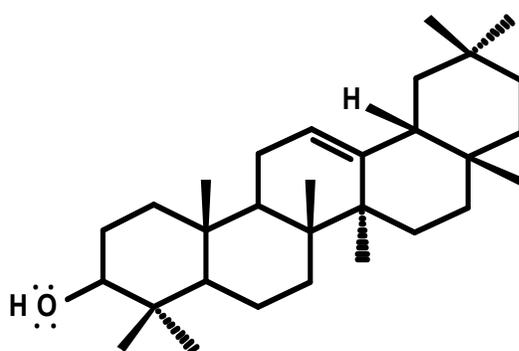
9a. REUNIÓN INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN PRODUCTOS NATURALES, "Dra. Luisa Urania Román Marín."

PARTE TEÓRICA

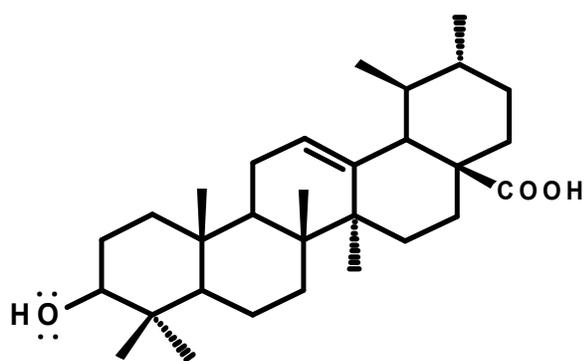
En el período entre 1920 y 1950 uno de los objetivos de los químicos dedicados a los Productos Naturales era el desarrollo del tema de los Triterpenos, consistente en relacionarlos a un número limitado de ellos de acuerdo a los entonces conocidos, los cuales eran alcoholes, entre los cuales se encontraban el ácido oleanólico (1) relacionado a la α -amirina (2) y el ácido ursólico (3) relacionado a la α -amirina (4).



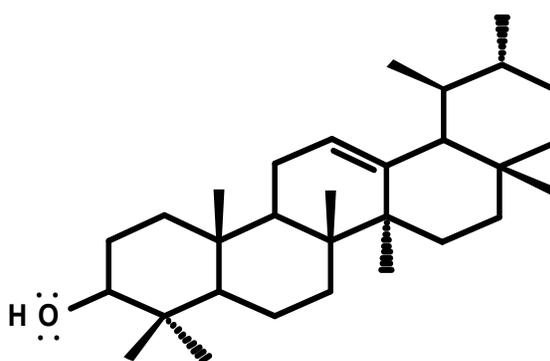
1



2



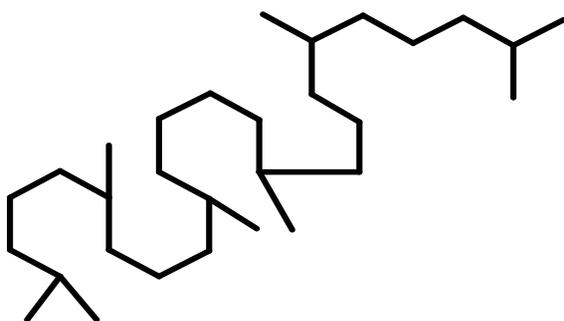
3



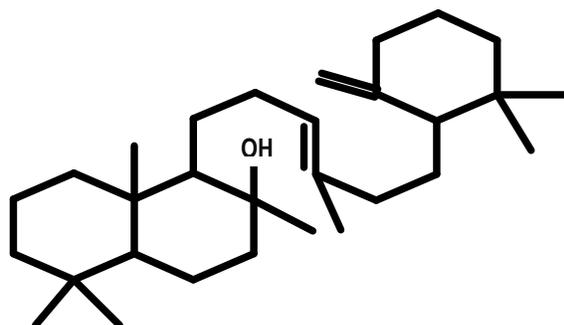
4

En la actualidad los Triterpenos se clasifican de acuerdo a como se encuentra su estructura, la cual puede ser de cuatro clases:

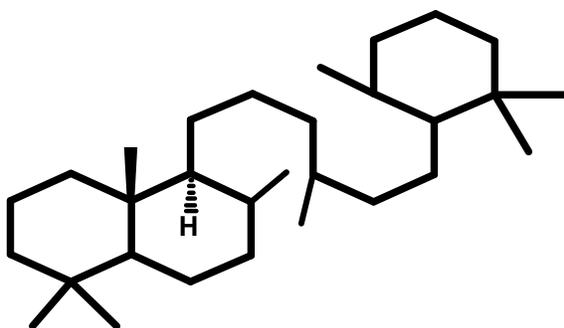
- I.- Los triterpenos de cadena abierta como el Escualano (5)
- II.- Los Triterpenos Tricíclicos, como la Ambreína (6), con esqueleto de ambrano (7).



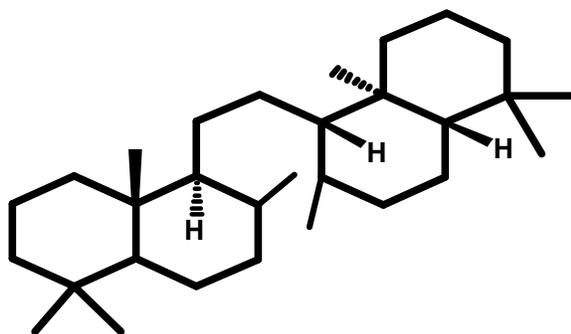
5



6



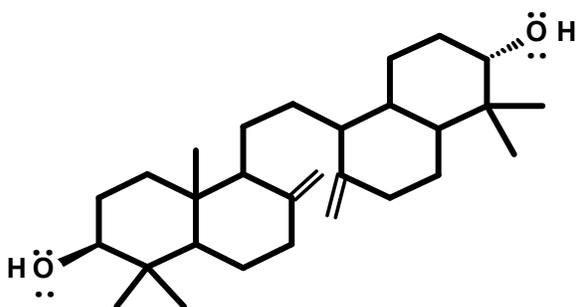
7



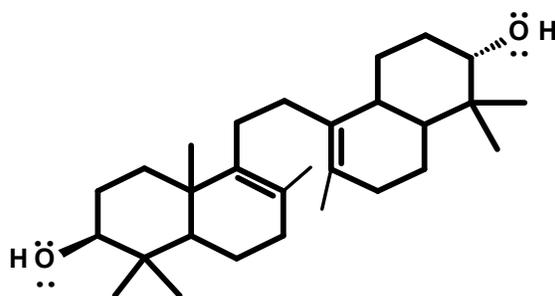
8

III.- Los Triterpenos Tetracíclicos, se subdividen en dos grupos:

- a) Los que tienen esqueleto de onocerano (**8**), que consiste en cuatro anillos de seis miembros, como el de la onocerina A (**9**) y el de la onocerina B (**10**).



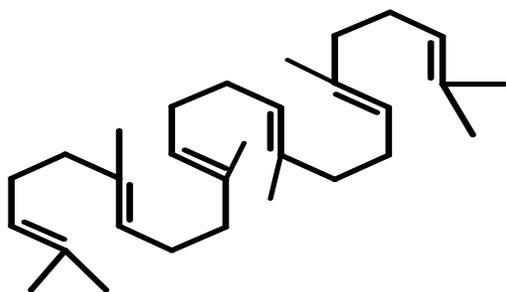
9



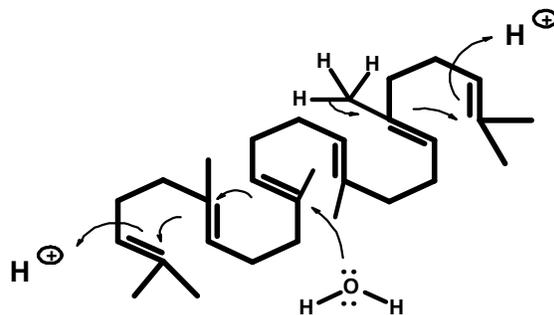
10

El escualeno (**11**), aislado por primera vez del hígado de tiburón, cuya estructura se considera formada por dos unidades de farnesol y debido a esto se tiene en la parte central de la molécula una unión irregular de isoprenos.

Este triterpeno es de gran importancia biológica por ser el precursor de los demás triterpenos y esteroides; por ejemplo la ambreína, la cual puede considerarse que se forma a partir de éste como se representa en **12**.

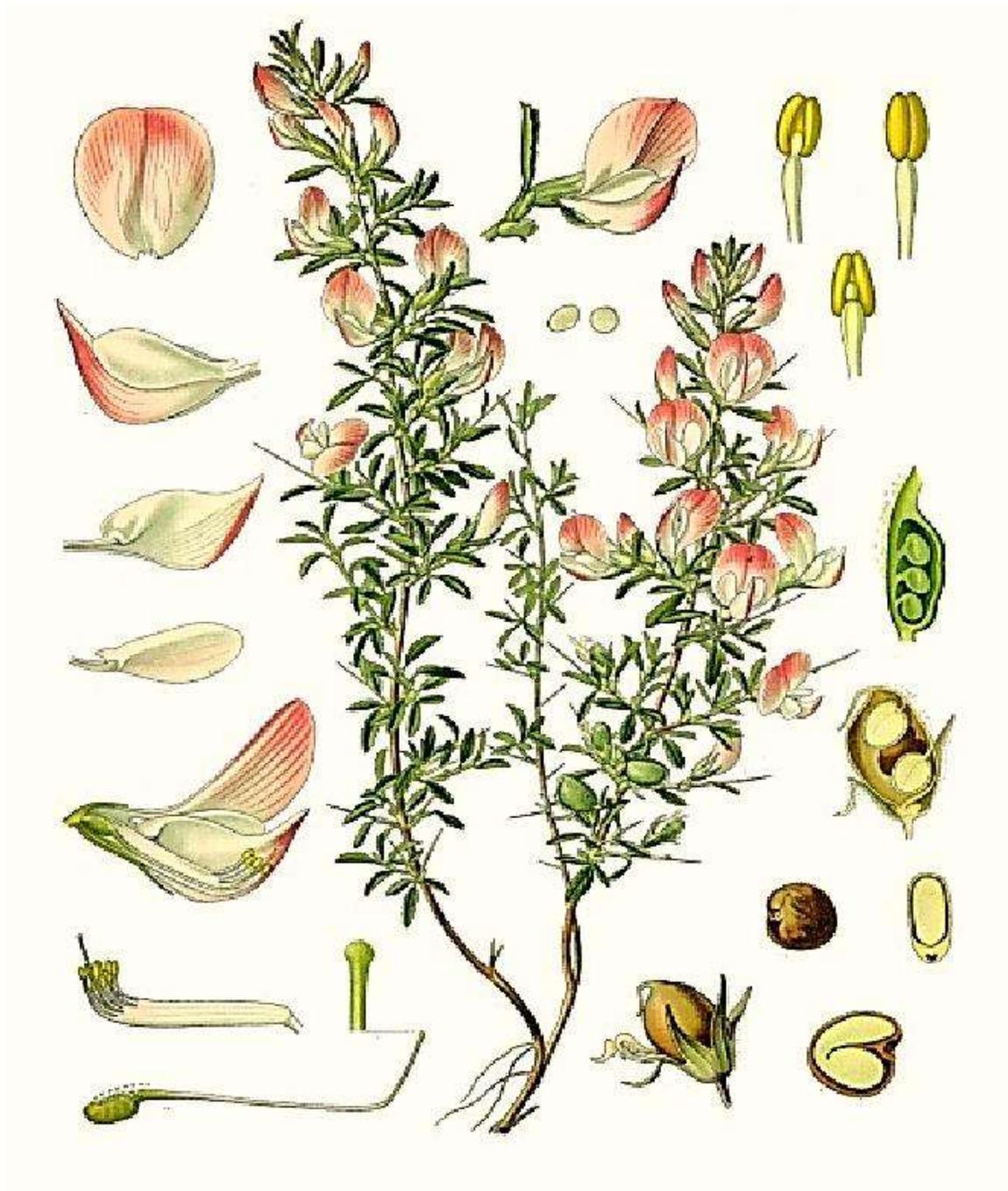


11



12

Ambas onocerinas **7** y **8** se han aislado de la raíz de *Ononis spinosa*, conocida popularmente como Gatuña, la cual es una planta semileñosa de la familia de las leguminosas y de origen mediterráneo, herbácea perenne que mide desde 25 hasta 50 cm, llegando a medir en algunas ocasiones hasta los 80 cm.



Los tallos son leñosos en la base y herbáceos en la parte más joven. El crecimiento es zigagueante, emitiendo normalmente una espina en cada nudo, o ramificándose. Las espinas que crecen en los tallos llegan a medir hasta de 2 cm de largo.



Las hojas son compuestas, por lo general trifolioladas y a veces unifolioladas, con los folíolos entre 5 y 25 cm de largo y de 1 a 13 cm de ancho; de forma oblonga a elíptica con el borde irregularmente dentado y ápice de acuminado a retraído, frecuentemente con pelos glandulosos y de color verde oscuro.





Florece entre los meses de abril a septiembre. Las flores son zigomorfas de cáliz verde, peloso y de dientes lanceolados; crecen por lo general solitarias y axilares, en ocasiones casi terminales; el pedicelo es corto; el cáliz mide de 8-15 mm y es campanulado, peloso, glanduloso y cortamente hirsuto en la boca; tiene un tubo hasta de 3.5 mm de largo; y cinco dientes hasta de 12 mm de largo que son lanceolados; la corola mide entre 10 y 20 mm, es casi dos veces más larga que el cáliz. La forma de la flor es típica de la familia, ya

que posee un estandarte de color rosado, las alas y la quilla, más corta que el estandarte, es de color blanco y con el ápice rosado, el fruto es ovoide u oblongo, mide entre 5 y 7 mm.



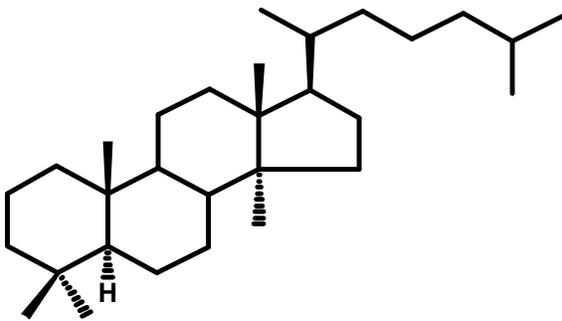
b) Los Triterpenos Tetracíclicos que tienen esqueleto tipo esteroide con anillos del ciclopentanoperhidrofenantreno, se subdividen en cuatro subgrupos :

i. Lanostano (13)

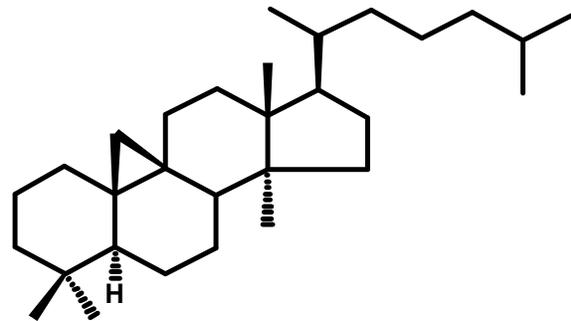
ii. Cicloartano (14)

iii. Eufano (15)

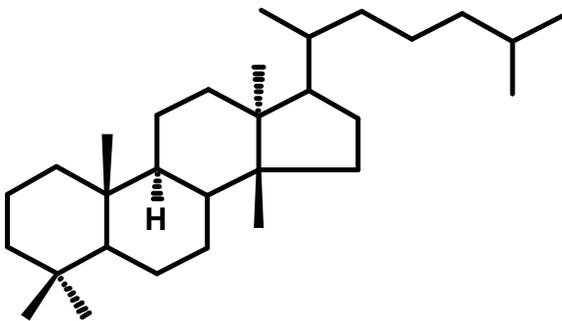
iv. Damarano (16)



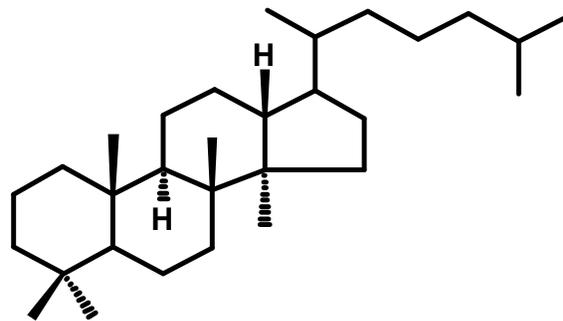
13



14

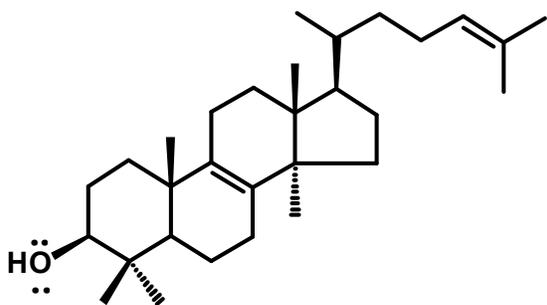


15

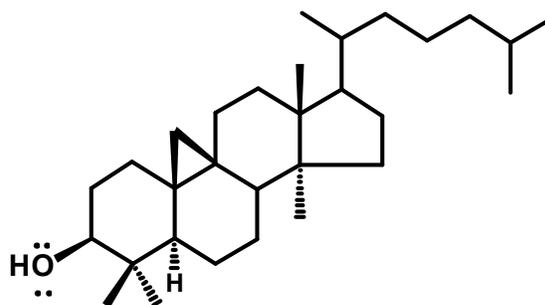


16

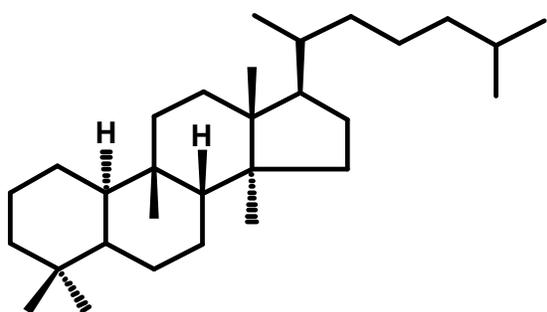
Los Triterpenos Tetracíclicos, como el lanosterol (**17**), el cual originalmente fue obtenido de la lana y es considerado como un típico producto natural de origen animal; que en comparación con el cicloartenol (**18**), que se considera como un producto natural, de origen vegetal, es precursor de triterpenos y de esteroides de origen vegetal, al igual que de los cucurbitanos (**19**) y los protostanos (**20**), los cuales son esqueletos relacionados con el lanostano.



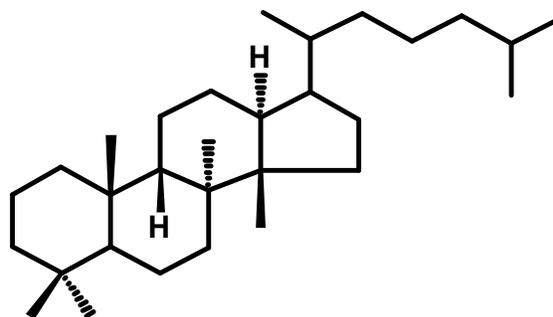
17



18



19



20

Sin embargo, es interesante el hecho de que estos triterpenos tetracíclicos coexistan en las especies arbustivas del género *Parthenium* (Sección *Parthenichaeta*), siendo una de las especies más conocidas el *Parthenium argentatum*, conocido popularmente como guayule, arbusto perteneciente a la familia de las asteráceas, planta nativa del Desierto de Chihuahua, México y del sudoeste de EE. UU.



La especie fue intensamente investigada en la Segunda Guerra Mundial cuando Japón cortó el abastecimiento americano desde Malasia.

Pero el fin de la guerra no logró un cultivo extenso del guayule y el proyecto se archivó, por el producto importado más barato.



Desde la década de 1930 comenzaron las investigaciones para hacer eficiente la producción del hule, debido a la existencia de un hongo patógeno que ataca a la especie, por lo que se desarrollaron proyectos para combatir el hongo *microcyclus ulei*, que desde hacía décadas que atacaba al árbol de la *Hevea brasiliensis*, además, dicho hongo presentaba una gran capacidad de mutación, de la cual son conocidos hasta 45 tipos.

Uno de los pilares más interesantes del Proyecto, son los trabajos de investigación que se han desarrollado desde 1992 para combatir el hongo; de estos estudios, se llegó a reconocer que dicho patógeno sólo ataca a las heveas

jóvenes, pero lo hace de forma agresiva. Una de las características para que el ataque sea efectivo son las condiciones especiales de humedad, ya que ésta tiene que ser abundante, debido a que en cuanto el hongo ataca, la hoja cae.



Una de las líneas principales de la investigación es la llevada a cabo en los laboratorios donde se desarrollan trabajos de evolución genética con la finalidad de manipular parcialmente los genes de la hevea, para hacerla resistente al hongo y al mismo tiempo eficientar más la producción del látex.

Con estos estudios y estas características es de entenderse por qué desde los estudios iniciales del guayule no se encontraban condiciones competitivas, sin embargo, es usado como fuente alternativa de látex hipoalergénico, en contra de la usual goma de caucho proveniente de Hevea.

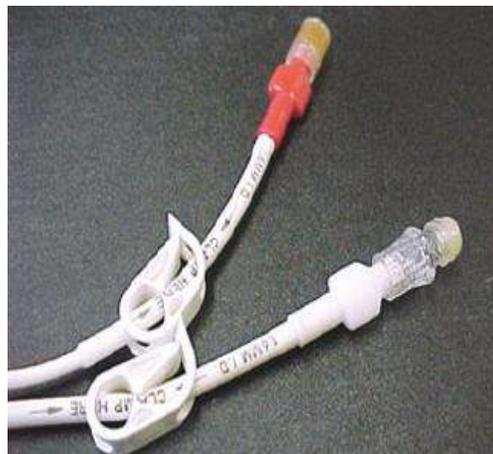
Recientemente, el guayule ha resurgido en la investigación por sus propiedades como hipoalergénico, ya que la demanda de productos con estas características va en aumento. Por ejemplo, algunas personas pueden

desarrollar alergia al látex, especialmente cuando el contacto con esta sustancia es frecuente, esto le puede ocurrir a pacientes portadores de sondas urinarias o aquellas que han sido intervenidas quirúrgicamente en múltiples ocasiones, o a profesionales sanitarios que utilizan guantes de látex o a la población lactante.

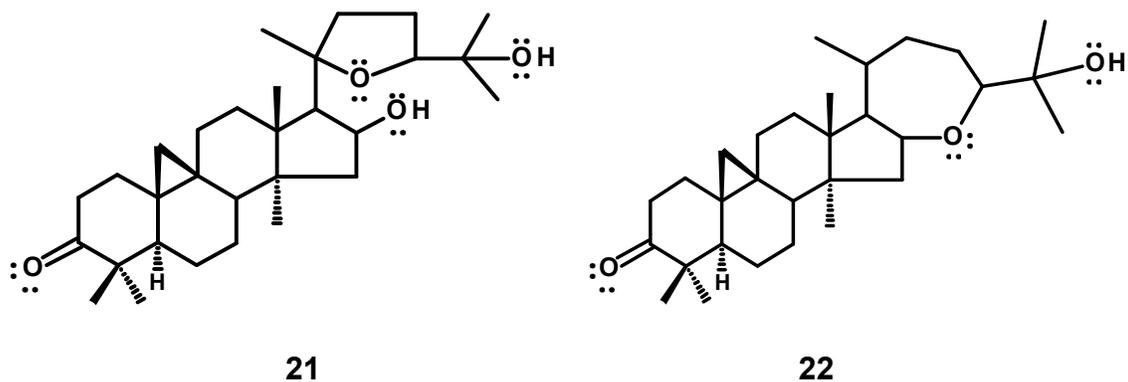


Guayule

La goma del Hevea contiene proteínas que pueden ocasionar severas reacciones alérgicas, aunque estadísticamente representa una pequeña porción de la población, mientras que el guayule no; debido a esto es donde el uso del guayule es competitivo en productos derivados de él que en el mercado representan una gran demanda como son los guantes para cirugía, catéteres y productos de látex para bebés entre otros muchos.

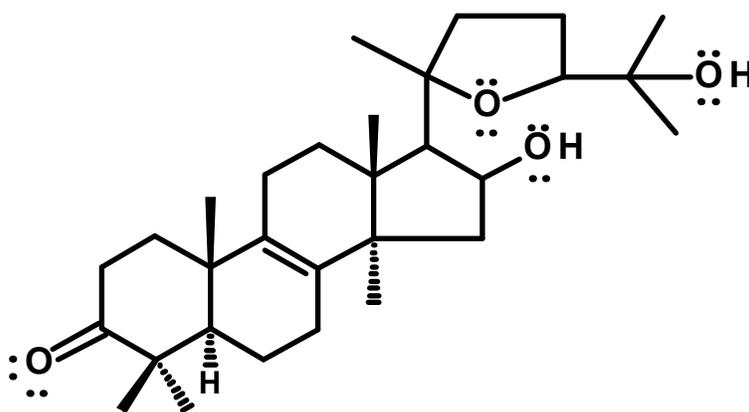


Ejemplos de algunos triterpenos tetracíclicos aislados del guayule con esqueleto del cicloartano son las Argentatina A (**21**) y la Argentatina B (**22**) cuyas estructuras fueron caracterizadas por métodos químicos y espectroscópicos.



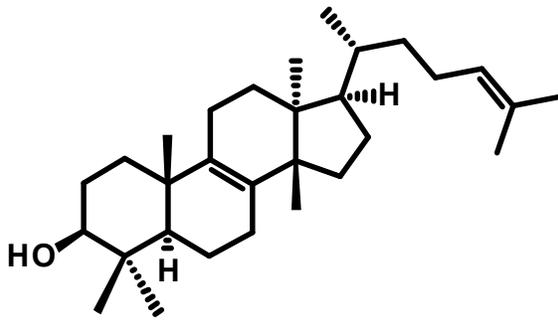
Ejemplos de otras especies de *Parthenium* es el *Parthenium incanum* conocido popularmente como mariola, hierba blanca o hierba ceniza, el cual es un arbusto de zonas áridas o semiáridas, que crece a las orillas de los caminos y en los matorrales xerófitos, de la cual se obtuvo el triterpeno incalina (**23**).



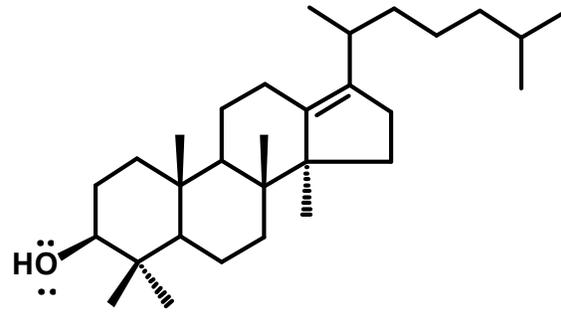


23

Como la mayoría de los triterpenos tetracíclicos se han obtenido de plantas, exceptuando, como ya mencionamos, al lanosterol y algunos derivados oxidados, principalmente en la posición C-21 a un hidroximetilo, a un carbonilo o incluso a un grupo carboximetilo. Sin embargo en diferentes especies del género *Euphorbia* han producido una gran variedad de 3β -alcoholes, tanto en la serie de los lanostanos como en la serie de los eufanos, como el eufol (**24**), el isoeufenol (**25**), el parkeol (**26**) y el isotirucallol (**27**), y aquellos de esqueleto como el apo-eufano (**28**) el cual es el precursor de los nortriterpenoides.



24



25

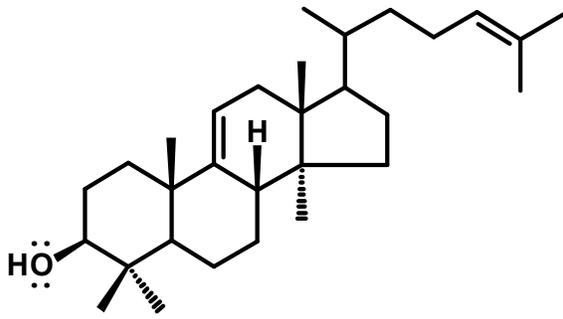
La familia Euphorbiaceae comprende numerosos vegetales leñosos tropicales y subtropicales algunos de ellos muy comúnmente cultivados como plantas de interior como los croton del Ecuador (Tabla I) y el *Croton draco*, planta originaria de México, de uso frecuente y muy antiguo. Sus aplicaciones medicinales desde entonces y en la actualidad son variadas.



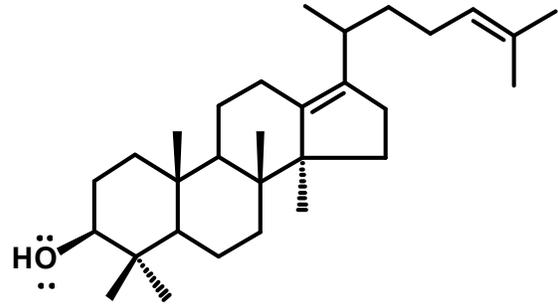
- | | |
|---------------------------------|-------------------------------|
| 1. <i>Crotonallicarpifolius</i> | 2. <i>Croton coriaceus</i> |
| 3. <i>Croton cuneatus</i> | 4. <i>Croton elegans</i> |
| 5. <i>Croton gossypifolius</i> | 6. <i>Croton lechleri</i> |
| 7. <i>Croton matourensis</i> | 8. <i>Croton pycnanthus</i> |
| 9. <i>Croton rivinifolius</i> | 10. <i>Croton schiedeanus</i> |
| 11. <i>Croton smithianus</i> | 12. <i>Croton tesmannii</i> |

Tabla I. Nombres comunes de las especies de (Croton) Euphorbiaceae





26



27

Una pequeña parte de ellas, alrededor de unas 2,000 especies son suculentas, abundando tanto en África como en América.

Estas plantas pertenecen a las Euphorbiaceas, que son especies



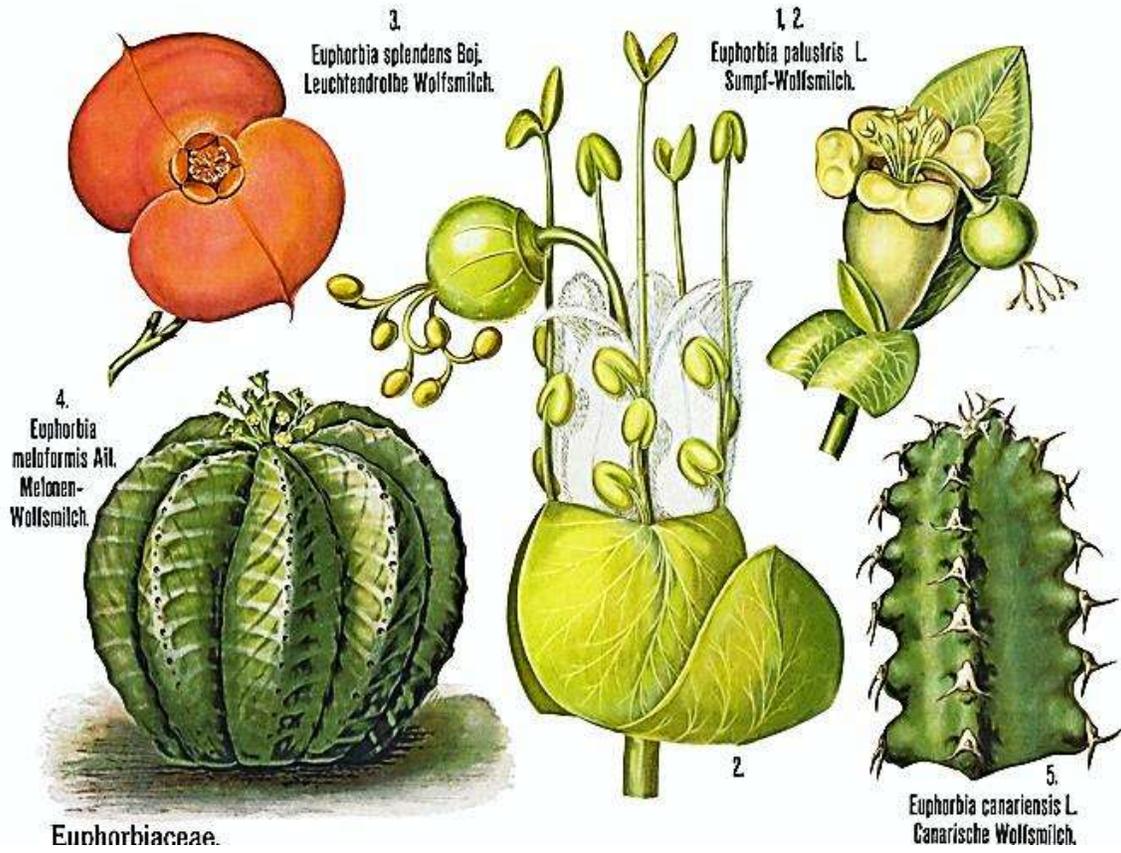
conocidas desde la antigüedad, se encuentran en otros países, y se utilizan también con fines medicinales, como la *Acalypha indica* L. var. Mexicana (Muell.-Arg.) Pax & Hoffm., conocida en la mayor parte de la literatura florística y taxonómica de México, pero, *Acalypha indica* L. es un taxón del Viejo Mundo, mientras que la var. mexicana es claramente mesoamericana, el nombre popular que tiene es el de la Hierba del cáncer.

Las flores de las euphorbias son muy características, se encuentran agrupadas en una inflorescencia

compleja llamada ciatio. Las flores son siempre monosexuadas, algunas especies, como la *Euphorbia obesa* son dioicas, es decir, que existen individuos masculinos e individuos femeninos dentro de la misma especie.



Lo más característico de los miembros de esta familia, es la presencia de vasos laticíferos, canales muy ramificados que contienen un látex blanco, altamente venenoso, en muchos casos se toman precauciones a la hora de manipular estas plantas y deben usarse guantes o lavarse muy bien después de trabajar con ellas.



Euphorbia

También se han aislado de plantas mexicanas estructuras que poseen el esqueleto de Damarano (16), como es el caso de la *Fouquieria splendens*, que es conocida popularmente como ocotillo, la cual es una especie que se ha adaptado al clima de los desiertos del suroeste de los Estados Unidos y el norte de México. Esta planta pertenece a la familia Fouquieriaceae y al género *Fouquieria*.

Durante la mayor parte del año, la planta parece ser un conjunto de grandes palillos muertos, aunque un examen más cercano revela que tallos de la planta están parcialmente verdes.



La planta puede alcanzar una altura hasta de 10 m, la cual se ramifica ampliamente desde su base, que con las precipitaciones de las escasas lluvias, la planta se llega a cubrir rápidamente con un gran número de hojas ovales pequeñas (2 a 4 centímetros), que pueden permanecer durante semanas o incluso meses.



Los vástagos pueden alcanzar un diámetro de 5 centímetros en la base, sobre ésta las ramas son como de poste y se dividen solamente más lejos de la base, y los especímenes en cultivos pueden no tener ninguna rama secundaria.

Los ramilletes de hojas endurecen embutidos entre espinas dorsales, y las hojas nuevas brotan de la base de la espina dorsal.

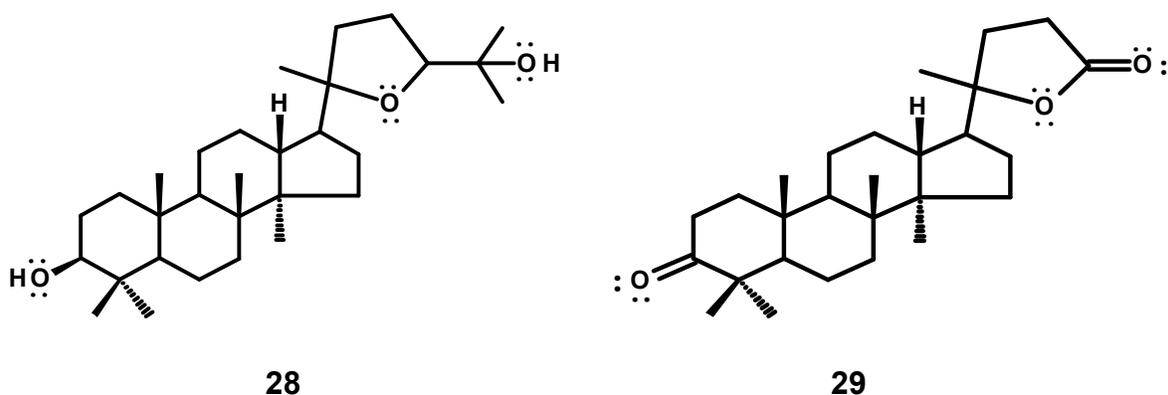
El rojo brillante de las flores aparece en la primavera y el verano, como un grupo pequeño con forma de tubo en la extremidad del vástago. Estas flores son usadas contra la tos.



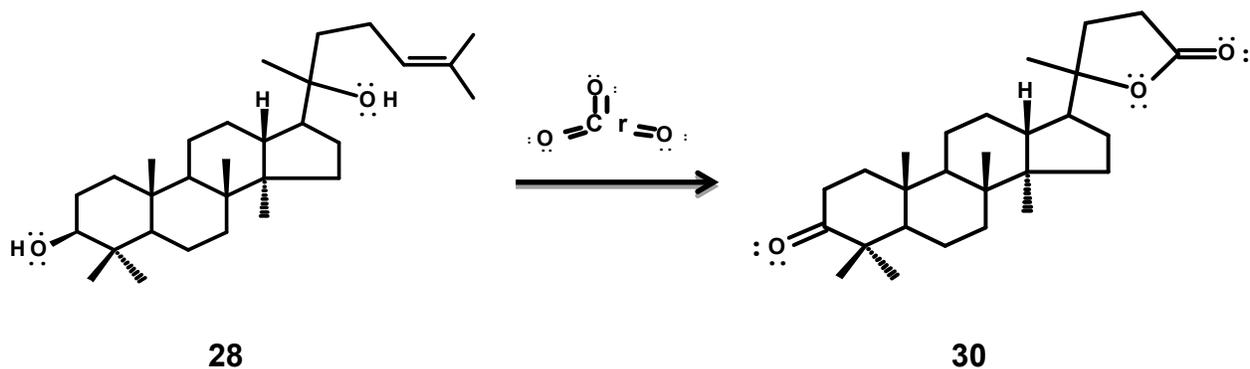
Existen tres subespecies reconocidas por algunos botánicos, las cuales son:

- *Fouquieria splendens* subsp. *splendens*
- *Fouquieria splendens* subsp. *breviflora* · Henrickson
- *Fouquieria splendens* subsp. *campanulata* (·Nash) Henrickson

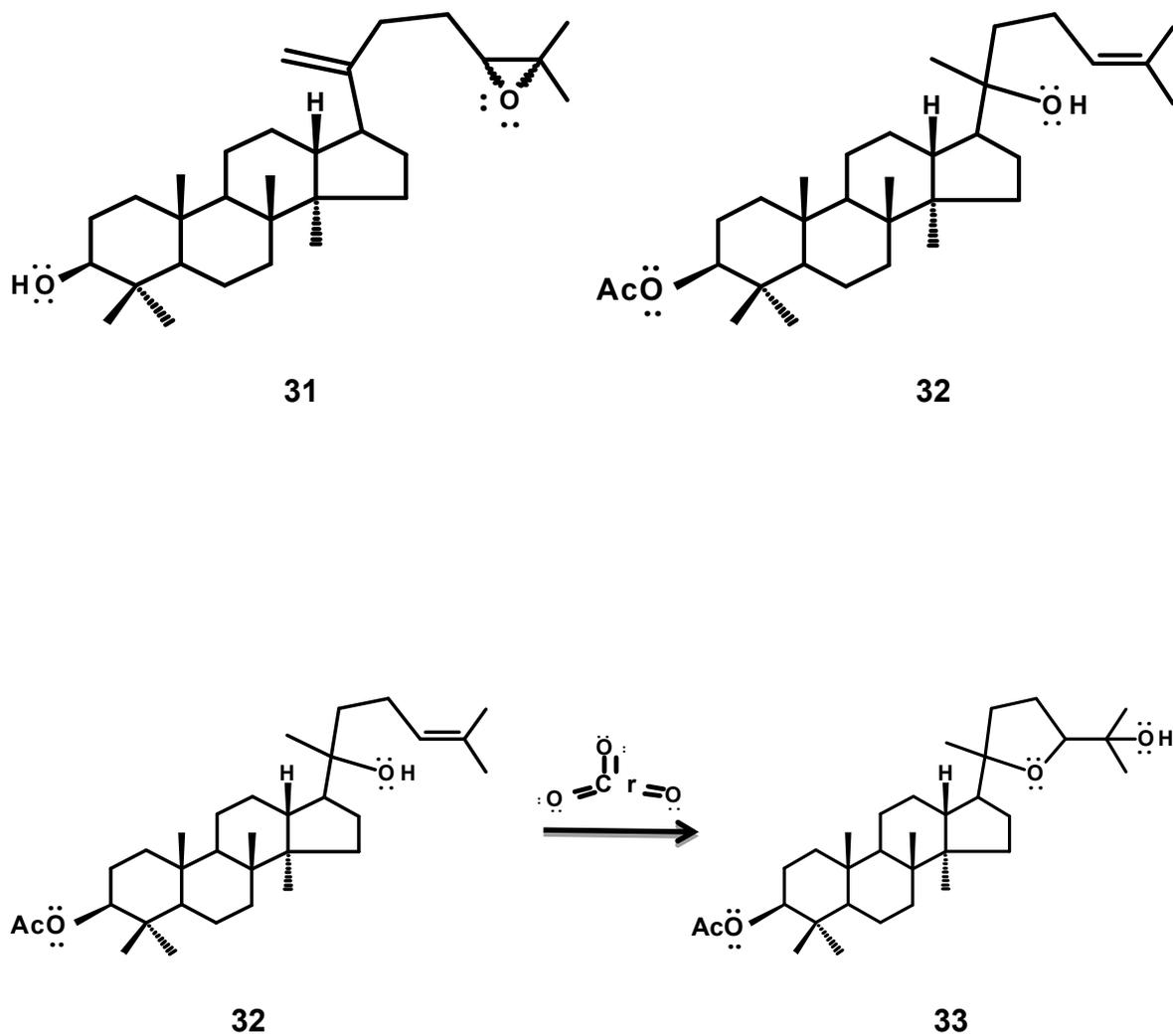
Los investigadores canadienses Warnhoff y Halls aislaron el ocotillo (**28**), el cual es una estructura triterpénica. La cadena lateral propuesta para esta estructura fue comprobada, al llevar a cabo la reacción de oxidación con anhídrido crómico (CrO_3), de la que se obtuvieron acetona y la ceto-lactona (**29**).



Esta ceto-lactona (**29**) fue obtenida también mediante la misma reacción de oxidación con anhídrido crómico del Damarendiol (**30**) y ambas ceto-lactonas fueron idénticas al comparar sus propiedades físicas y espectroscópicas.



El Triterpeno tetracíclico Algaiol (**31**) se reportó como producto natural, el cual es un terpenoide con esqueleto de damarano, que por su cercanía estructural con (**28**), se tomó como modelo para la obtención de derivados del ocotillo, como su respectivo monoacetato (**32**), el cual se obtuvo a partir de la oxidación del acetato del damarendiol (**33**).





Los Triterpenos tetracíclicos con esqueleto de damarano han sido aislados de la Resina de Dammar, de aquí derivan su nombre; esta resina se obtiene por medio de incisiones o raspaduras en la corteza de *Pistacia lentiscus*, es un arbusto o árbol pequeño, dioico de la familia de las terebintáceas que se puede encontrar en las zonas costeras de los países mediterráneos.

El lentisco, llentiscle en catalán, es una fanerógama arborea del género *Pistacia*, que pertenece a la Familia de las Anacardaceas, de hoja perenne, que apenas alcanza los 4 ó 5 metros de altura; en muchas ocasiones es simplemente un arbusto, es una planta típicamente mediterránea que vive, de ordinario, cerca del mar.

Los lentiscos tienen ramas enmarañadas, ascendentes, tienden a formar una copa que va de irregular a oblonga, su tronco es retorcido; su corteza es gris, agrietada, a la cual se le hacen incisiones o raspaduras de las cuales brotan pequeñas gotas cristalinas, ligeramente líquidas, las cuales al secarse parcialmente dan una resina, la que popularmente se le denomina almáciga y en

diferentes localidades se les llama resina-mastic o resina-terebinto. El lentisco es una planta aromática, resinosa, de color verde oscuro, ramosa, en la que sus ramas, cuando el árbol es joven presenta un color rojizo y grisáceo posteriormente.



Las hojas son alternas, compuestas y paripinnadas, tienen de seis a doce folíolos elípticos u oblongolanceolados, coriáceos, de unos 2 ó 3 centímetros de largo, la inflorescencia presenta numerosas flores pequeñas, agrupadas que alcanzan a medir de uno a dos mm. de diámetro, son de color amarillo, que poco a poco se tornan rojizas.



Sus frutos son drupas que miden de 7 a 8 mm de diámetro, son de color rojo cuando están tiernos al principio y al madurar, paulatinamente se van oscureciendo hasta tornarse negros.



El árbol del lentisco se le ha introducido en México como una planta típicamente ornamental donde se ha naturalizado.



La resina que exuda, se ha usado desde épocas remotas en el mundo antiguo, especialmente con fines terapéuticos, aunque a partir del siglo XIX, en algunas de sus aplicaciones, fue sustituida por el dammar y, en la actualidad, por las resinas cetónicas.



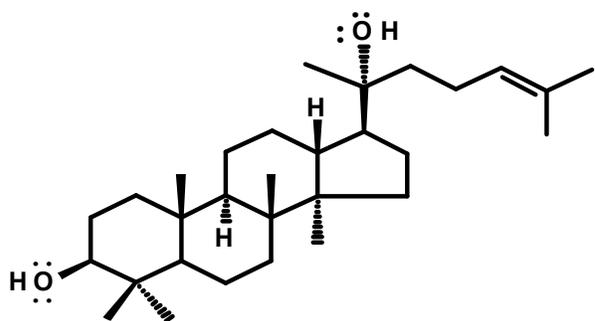
Es ligeramente más dura que el dammar, casi completamente soluble en aceite de trementina, éter y alcohol etílico, mientras que tan sólo lo es parcialmente en acetona, y en caliente con aceites grasos. Por su parte, la solubilidad con el benceno es variable. Su punto de ablandamiento se sitúa entre los 100 - 120° C.

Es comercialmente aprovechable su presentación en dos variedades; una llamada de lágrimas, ésta es una almáciga llamada en lágrima por su forma y por su color, ya que tiene un color amarillo pálido, superficie pulverulenta, es vidriosa, de transparencia opalina, con olor dulce, agradable y sabor resinoso aromático, se congela en gotas sobre las ramas como si fuera un exudado, y es la más estimada por ser la más pura. Se ablanda tan fácilmente como la cera, es extraída por

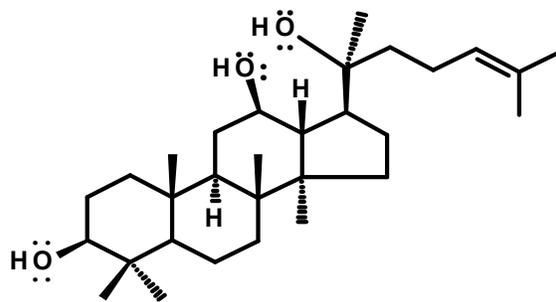
incisión de una variedad del lentisco. Los escultores llamados estatuarios la usan para pegar los fragmentos de mármol.

La otra variedad es la almáciga común y se diferencia de la anterior por su color oscuro y por las impurezas que contiene. Sus propiedades son tónico-astringentes. Antiguamente, se usaba como masticatorio para aromatizar las encías y aún se le da este empleo en Oriente.

El damarandiol (**34**) y un estereoisómero fueron aislados de la resina de dammar, así como el betulafolieno (**35**) fue obtenido de especies de betula.



34



35



Precisamente otra fuente de Triterpenos tetracíclicos son algunas especies que pertenecen al llamado Abedul, el cual es el nombre común utilizado para designar diferentes árboles caducifolios, muy parecidos entre sí, del género *Betula* de la familia *Betulaceae* y del orden *Fagales*.

Su nombre procede del latín *betulla* que a su vez procedería de la palabra *betu* que era como los celtas designaban al abedul.

Los abedules son árboles versátiles. Tienen gran valor ornamental por su corteza plateada y el colorido que adquiere su follaje durante el otoño.

La madera del abedul se trabaja con facilidad y se utiliza para mangos de herramientas y otros objetos de pequeño tamaño, y es usada en Rusia para tallar las matrioski, las famosas muñecas rusas, así como los skies.

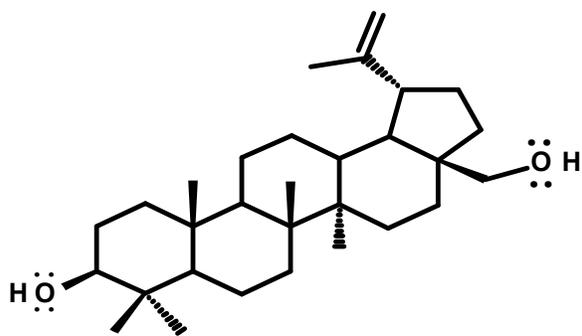
La corteza, dada su impermeabilidad, se utiliza para fabricar zuecos, canastas, cajas, etc.



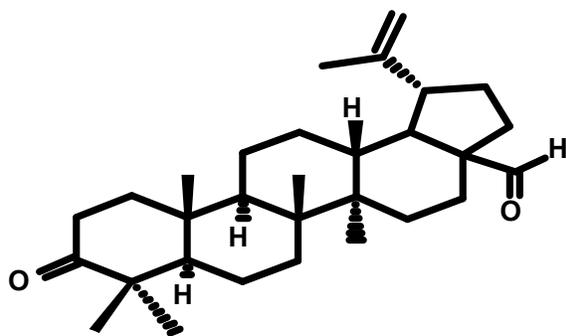
Las ramas, por ser muy flexibles, se utilizan en cestería y en artesanías.

La corteza también tiene propiedades febrífugas y se administra en polvo en infusión, solo o acompañado. Un metabolito obtenido de la parte aérea de algunas especies de *Betula* es la Betulina (36), que es un compuesto triterpénico pentacíclico y a este es al que se le atribuyen las propiedades conservadoras que le confieren a la madera de estos árboles; compuestos de estructura

cercanamente relacionada a la betulina es el betulonal (**37**) que se ha obtenido de tallos y ramillas de la *Bursera aptera* Ramírez, de la *Bursera morelensis* y *Bursera galeottiana*.



36



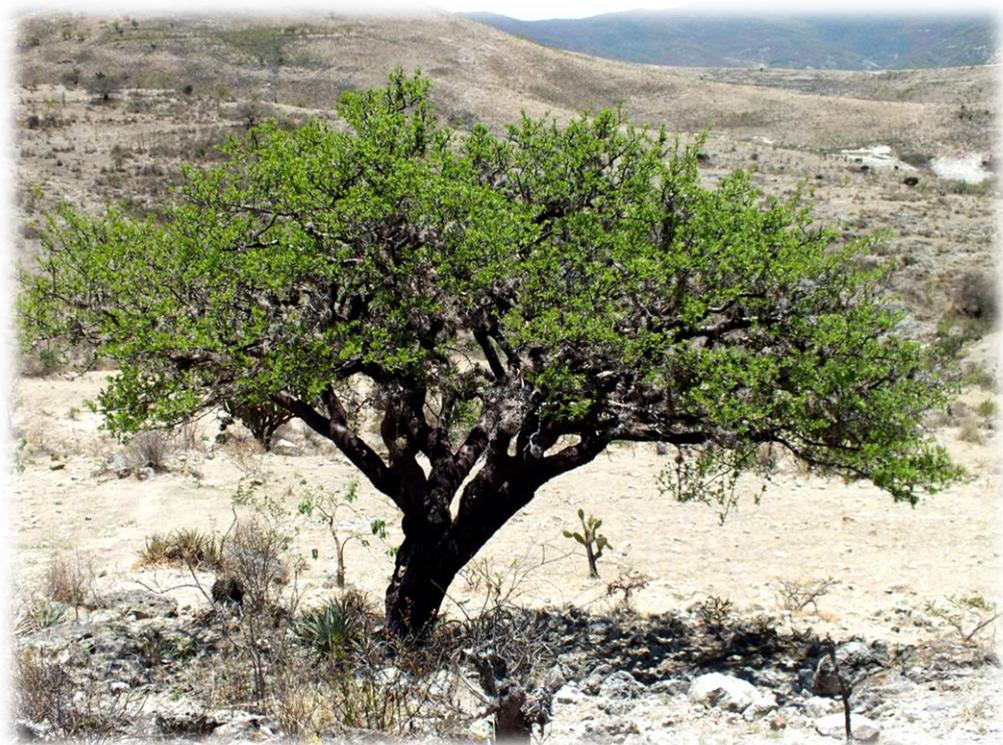
37



Bursera aptera



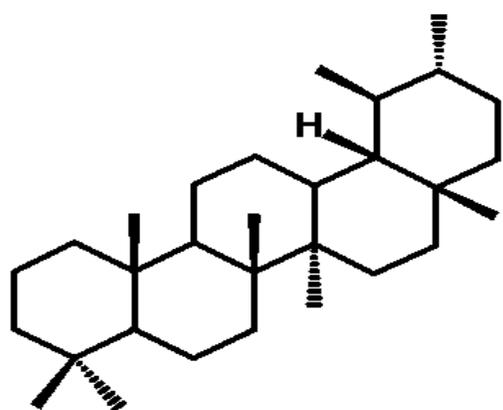
Bursera morelensis



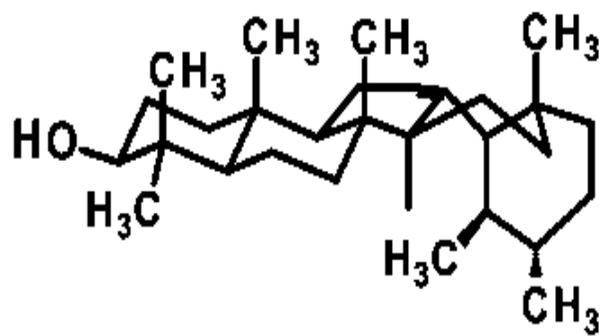
Bursera galeottiana

El cuarto grupo de los Triterpenos es aquel que comprende a los que poseen un esqueleto pentacíclico, el de las estructuras **36** y **37**, estos triterpenos a su vez se subdividen en tres grupos principales:

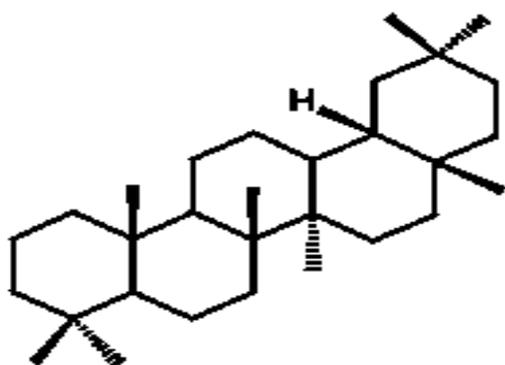
- | | | | |
|--------------|------|-------------------|------|
| a) Ursano | (38) | α -amirina | (39) |
| b) Olenanano | (40) | β -amirina | (41) |
| c) Lupano | (42) | Lupeol | (43) |



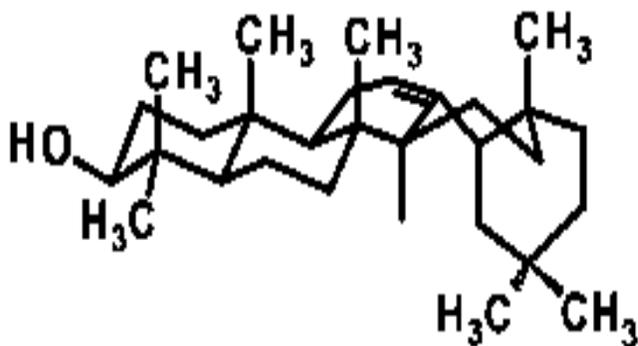
38



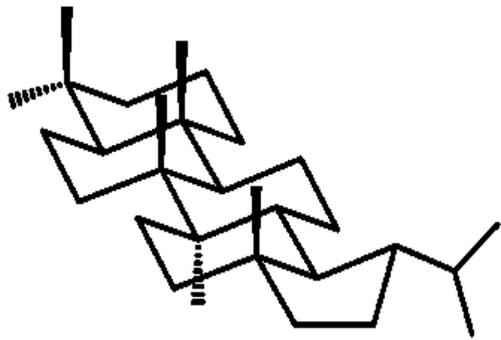
39



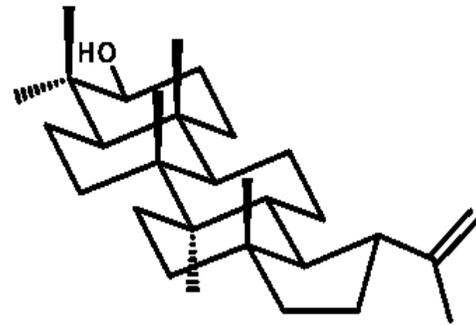
40



41



42



43

Este tipo de triterpenos pentacíclicos se han obtenido también de tallos y ramillas de la *Bursera mirandae* Ramírez, de la *Bursera bipinnata* y *Bursera submoniliformis*, entre otras muchas, principalmente las que pertenecen a la sección *Bullockia*.



Bursera mirandae



Bursera bipinnata

DISCUSIÓN Y RESULTADOS

El Estado de Guerrero se encuentra territorialmente dividido en siete regiones, que se distinguen por rasgos económicos, sociales, culturales y geográficos, limita al norte con los Estados de México (216 km) y Morelos (88 km), al noroeste con el Estado de Michoacán (424 km), al noreste con el Estado de Puebla (128 km), al este con el Estado de Oaxaca (241 km) y al sur con el Océano Pacífico (500 km). Dentro de la República Mexicana pertenece a la Zona Pacífico Sur. El Estado Guerrero tiene una extensión territorial de 63,794 km, es decir, el 3.2% del total del territorio nacional. Ocupa el lugar número 14 en extensión territorial. Tiene una superficie territorial de 64.281 km², en la cual viven poco más de tres millones de personas, convirtiéndose en la doceava entidad más poblada de México, la mayoría concentrada en la zona metropolitana del Puerto de Acapulco, el cual supera en población a la ciudad capital del Estado Chilpancingo de los Bravo. El Estado cuenta con ochenta y un municipios en total.





La Montaña

Acatepec

Alcozauca de Guerrero

Alpoyeca

Atlamajalcingo del Monte

Atlixac

Cochoapa el Grande

Copanatoyac

Cualac

Huamuxtlán

Iliatenco

Malinaltepec

Metlatónoc

Olinalá

Tlacoapa

Tlalixtaquilla de Maldonado

Tlapa de Comonfort

Xalpatláhuac

Xochihuehuetlán

Zapotitlán Tablas

Tierra Caliente

Ajuchitlán del Progreso

Arcelia

Coyuca de Catalán

Cutzamala de Pinzón

Pungarabato

San Miguel Totolapan

Tlalchapa

Tlapehuala

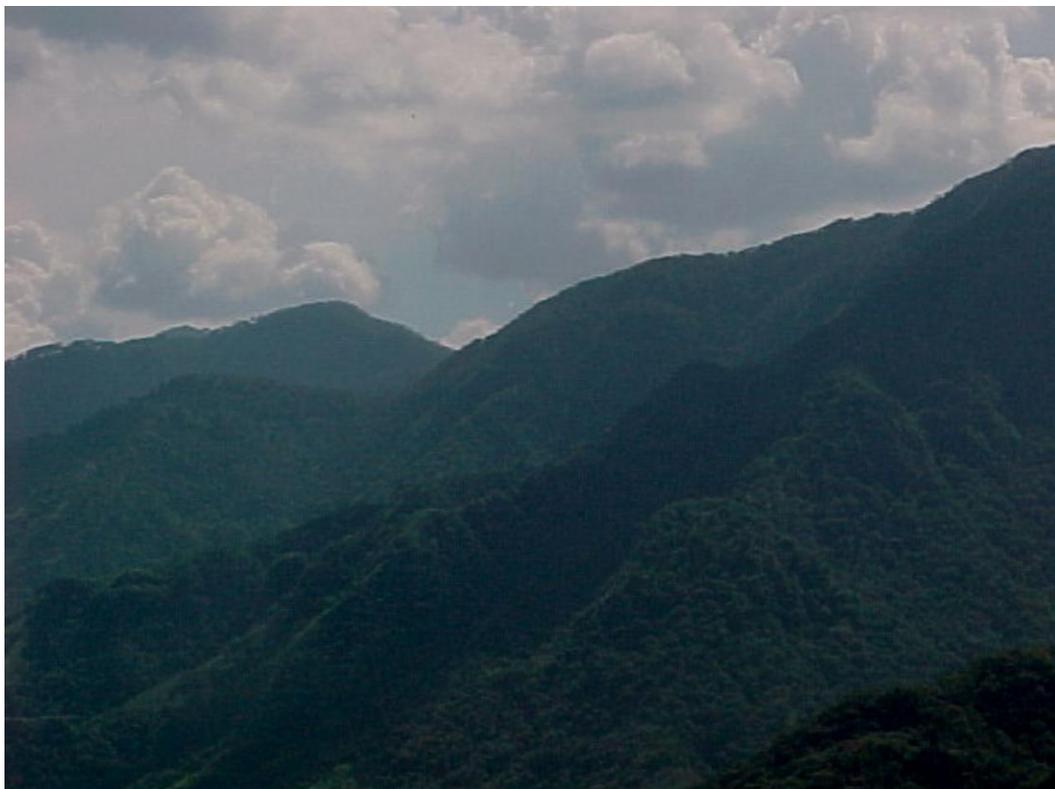
Zirándaro de los Chávez

El territorio de la Montaña abarca una superficie de 6,920 km² la cual ocupa el 10.77% de la superficie total estatal. El 72% del territorio es de laderas fuertes, 17% de terrazas, laderas suaves y cimas, 9% de laderas y lomeríos con pendientes menores de 35% y 1.8% de valles.

En la Región de la Montaña se concentran aproximadamente 300 mil habitantes en su mayoría indígenas y en los que Mestizos, Nahuas, Mixtecos y Tlapanecos viven y conviven en la Montaña; como la población indígena es mayoritaria en la región, representa un 85% del total. Los Nahuas son el grupo con mayor número de hablantes, lo siguen los Mixtecos y luego los Tlapanecos.

Esta región forma parte de la Sierra Madre del Sur y la depresión del Balsas, es colindante al Norte con Puebla, al Sur con la región de la Costa Chica de Guerrero, al este con Oaxaca y al Oeste con la región central de Estado.

Las cimas de la sierra, cubiertas de pinos, conserva la virginal belleza de exuberantes escenarios naturales: bosques, valles, cañadas, cascadas, y ríos protegidos desde la época prehispánica por sus habitantes, quienes además conservan algunas de sus más antiguas tradiciones y costumbres.





Como en Olinaná, que es una comunidad en esta región, en donde aún ronda el jaguar; y que aún está en cada rincón de la Montaña, ya que es una tradición de este lugar en el que los hombres de Zitlala Gro., lo llevan en sus rostros, con máscaras que imitan su fiereza con colmillos y cerdas ; lo llevan las mujeres en sus manos, cuando crean bellas artesanías, juguetes infantiles

con su efigie y se hace presente en las ceremonias con los danzantes en sus ritos de la fertilidad, además las cajitas o cofrecitos de sorpresas que antaño eran elaborados con la madera de la *Bursera linanoe*, que actualmente estos materiales quedaron remplazados por materias primas que no se ajustaban a la calidad del producto, por ejemplo, se sustituyó el aceite de chía por el aceite de linaza, la cochinilla se sustituyó por anilina y pinturas en lugar de colorantes naturales y desde luego la madera de pino reemplazó a la de la *Bursera linanoe*, ya que en la región se agotaron las materias primas naturales, pues no quedan árboles de la *Bursera* y la cochinilla no se consigue.



Bursera linanoe

El atractivo de estas cajitas artesanales era que al abrirlas dejan escapar el sutil olor al linaloe, característico del alcohol terciario monoterpénico de nombre linalool, que es el componente principal del aceite esencial que se extrae de frutos y ramillas de esta bursera.



Son también verdaderos artistas pues no solo tallan las cajitas o cofrecitos, sino que los guajes, Bule, tecomate o pumpo son tallados artísticamente; éstos son el fruto de una enredadera llamada *Legenaria luncantanh*, de la familia de las cucurbitáceas, cuya forma puede ser lobular, acinturada, el fruto es comestible y el cascarón del fruto al secarse aún los campesinos lo utilizan como recipiente para transportar el agua que van a beber durante la jornada de trabajo, ya que éste la mantiene fresca.



Algunos nombres de otra especie son el porongo, calabaza de peregrino, o jícaro para la *Lagenaria siceraria*, que también es una cucurbitácea trepadora cultivable y de fruto comestible cuando está tierno.



Existen variedades de diferentes tamaños, las de mayor dimensión fueron llamadas “yerua” en guaraní y “porongo” en quechua.

Su importancia radica en su utilización desde la época prehispánica en las diversas culturas desarrolladas en América, hasta nuestros días, ya que servía como contenedor de agua y otros líquidos como la tuba, ya que desde esa época los alimentos y bebidas fermentados como el pozol, el tescüino, el tejuino, el tepache, el pulque y el colonche, los cuales han sido importantes para su consumo diario y también como elementos ceremoniales de numerosos

grupos indígenas.

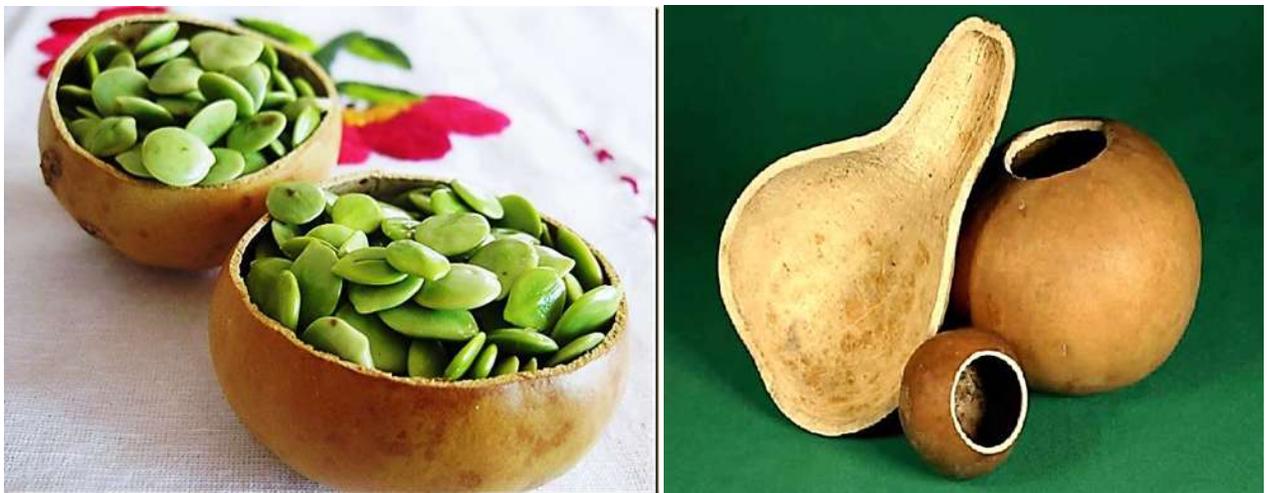


En la actualidad la tradición sigue viva, al grado de ser consumidos no solamente por los grupos étnicos, sino también por todo tipo de personas.

Debido a sus características de color, viscosidad, olor y sabor, la tuba puede ser considerada como una bebida semejante al pulque y al igual que éste, puede ser preparada con diversos vegetales y frutas.

La savia recién obtenida es de color pardo y en cuanto se desarrollan los microorganismos en ella, se clarifica, adquiriendo un color blanco, mantiene su color y su sabor distintivo hasta dos horas después de ser cosechada, después de cinco horas se inicia el proceso de fermentación, si la tuba se deja en reposo durante ocho días, se convierte en un sabroso vinagre muy útil en la cocina local y excelente para el encurtido de vegetales usados en la famosa sopa de pan, servida en bodas y bautizos, recién fermentada es una bebida refrescante, y después de la fermentación sirve para hacer vinagre o aguardiente, es rica en azúcares, vitamina C, fósforo, aminoácidos y minerales, además es auxiliar contra la gastritis y los parásitos intestinales.

El guaje al cortarse a la mitad de manera horizontal, se obtiene un recipiente con tapa, ideal para almacenar granos, plantas y medicinas. Algunas otras, de diversos tamaños se cortaban un poco más abajo y se obtenía lo que se conoce como Jícara, utilizada como platos y platones.



El indigena, inspirado por la naturaleza y su entorno, empezó a decorar estos objetos con lacas naturales, aceites y pigmentos de plantas y semillas, dotándolos de tal belleza, que luego empezaron a cubrir con una hoja muy delgada de oro (dorar) o plata (platear) que muy bien sirvieron para guardar

“cacao”, “tabaco” o “sal”, elementos muy preciados, que incluso se daban a cambio como una moneda en los pueblos del México antiguo.

Actualmente el mercado de las artesanías se ha diversificado de tal manera que se han combinado artesanías de diferentes culturas en las que los artesanos plasman toda su creatividad no sólo en la pintura, sino en el decorado, con mentes creativas que han dado fama mundial no sólo al arte regional, sino al nacional.



La región de Tierra Caliente, tiene una topografía accidentada, superficies planas aptas para la agricultura y la ganadería. Por ser la región más seca del estado, aunque hay lluvias, la humedad desaparece rápidamente; pese a ello es la región de mayor producción de ajonjolí en todo el Estado ya que este requiere poca humedad.



Respecto a las demás regiones, la Tierra Caliente, ocupa el primer lugar en la crianza y la explotación ganadera, siendo el más importante la del ganado bovino, le sigue el porcino y el ovino, luego el caprino y el equino; también destacan la crianza de las aves de corral y el desarrollo de apiarios.

La flora es diversa, tanto de herbáceas, como arbustivas y arbóreas debido a que cuenta con una gran variedad de especies endémicas, entre las que destacan los cuajotes y los copales, como la *Bursera toledoana* Rzed. & Calderón, la cual forma parte de nuestro estudio Fitoquímico sistemático de este género.



El concanchire, es una especie endémica de esta región y cuyo nombre regional es con el que se le conoce a esta especie; la cual es un arbusto o árbol pequeño dioico que llega a medir de 6 a 8 m de altura. Es glabro, su tronco presenta una corteza externa algo papirácea, exfoliante, de color café oscuro, café-amarillento o café-rojizo,



Las ramillas a menudo se encuentran cubiertas con una delgada capa cerosa de color blanco-grisáceo, que es particularmente evidente durante la época seca del año.



Las hojas son alternas y a menudo se encuentran aglomeradas en roseta en los ápices, extremos o puntas de las ramillas cortas; además sus hojas son compuestas y pinnadas con un número impar de folíolos, cuyo raquis termina en un folíolo situado en el extremo, por lo que se dice que son imparipinnadas.





Su pecíolo es algo alado, de 3 a 15 mm de largo, con frecuencia provisto también de cubierta cerosa, sobre todo hacia la base, con una costilla abultada por el envés, la lámina es oblonga o elíptica, su contorno general va de 3 a 5 (7) cm de largo y 1.5 a 3 (4) cm de ancho; el raquis se presenta ligeramente alado, cuenta con 7 a 11 (13) foliolos, los cuales son opuestos o

subopuestos; sin órgano que sirva de pie o soporte de la hoja o peciolo, por lo que se dice que son sésiles o también subsésiles, ya que el peciolo es casi inapreciable.

La forma de las hojas es linear en general, o con cierta frecuencia, las más pequeñas son oblongas, o bien, linear-elípticas en particular los apicales, de (0.4)1 a 2(3) cm de largo y de (1.5)2.5 a 3.5(4) mm de ancho, redondeados o a veces tendiendo a agudos en el ápice, angostándose levemente hacia la base; el margen de las hojas es entero, con la nervadura principal evidente en ambas caras, las nervaduras secundarias son aproximadamente perpendiculares, mucho menos manifiestas, en ocasiones difíciles de observar, y con textura cartácea.



Las flores son solitarias o a veces se presentan agrupadas por pares, sobre la ramita que sostiene a la inflorescencia o pedúnculo; ésta va de 2 a 5 mm de largo y pedicelos de 1 a 4 mm de largo. Las bracteolas terminan en punta muy fina, por lo que se dice que son subuladas o angostamente triangulares, miden de 0.5 a 1 mm de largo, a veces ciliadas en el margen.



Las flores masculinas pueden ser tetra, penta o hexámeras; los lóbulos del cáliz se encuentran prácticamente separados desde la base, angostamente triangulares, hasta de 1 mm de largo y 0.5 mm de ancho; los pétalos son elíptico-oblongos, de 4 a 5 mm de largo y 1 a 1.2 (extendidos hasta de 1.6) mm de ancho, cuculados (forma de capucha); con el ápice encorvado, amarillentos; filamentos filiformes, un poco ensanchados en la base, algo desiguales, de 1 a 1.5(2) mm de largo; anteras estrechamente oblongas, de 1.5 a 2 mm de largo; gineceo vestigial presente.



Las flores femeninas tri y tetrámeras, similares a las masculinas, pétalos de 3 a 4 mm de largo por 1 (extendidos hasta 2) mm de ancho; anteras de los estaminodios de 1 mm de largo; estigmas 3, de aspecto carnosos y granuloso.

Frutos solitarios o agrupados por varios (hasta 6) a manera de fascículo en los ápices de ramillas cortas, sobre pedúnculos hasta de 1.2 cm de largo, ovoides y algo trígono, de 5.5 a 7(8) mm de largo y 4.5 a 5 mm de ancho, apiculados, trivalvados, rojizos en la madurez, a menudo cubiertos por una capa cerosa blanquecina; hueso triquetro, de 4.5 a 6 mm de largo por 4 a 4.5 mm de ancho, cubierto totalmente por un pseudoarilo aparentemente amarillo.

La *Bursera toledoana* es una especie endémica de las partes más bajas de la porción occidental de la Depresión del Balsas, donde habita en altitudes entre 200 y 400 msnm, formando parte del bosque tropical caducifolio. Sólo ha sido registrada de Michoacán y Guerrero; sin embargo, podría existir también en los sectores adyacentes de Jalisco. Florece de mediados de mayo a principios de

junio. Se encuentra sin follaje entre noviembre y mayo, conocida localmente como “papelillo amarillo” y con el nombre purépecha de “concanchire”; sus pequeñas frutillas y también su resina, en la medicina tradicional los caracterizan como venenosos, aunque por los usos que le dan a algunas especies en la Tierra Caliente las consideran como árboles potencialmente forrajeros.

La *Bursera toledoana* por su ovario trilocular, fruto trivalvado, tronco con corteza externa exfoliante, así como flores mayormente pentámeras y trímeras, es una especie nueva recientemente clasificada en la que se ubica en la sección *Bursera*. Por sus foliolos lineares a oblongos, la colocan en el conjunto que Becerra y Venable (1999) denominan “grupo *microphylla*”, ensamble aparentemente monofilético, en el que los mencionados autores reconocen a la *Bursera arida* (Rose) Standl., la *Bursera morelensis* Ramírez, *Bursera suntui* C. Toledo, *Bursera galeottiana* Engl. y *Bursera microphylla* A Gray., pertenecientes a este grupo. En particular, en sus foliolos angostos, relativamente poco numerosos y espaciados, la *Bursera toledoana* se asemeja a la *Bursera suntui* y sobre todo a la *Bursera multifolia* (Rose) Engl., varios ejemplares de la planta se habían identificado con anterioridad como *Bursera multifolia* (McVaugh y Rzedowski, 1965, p. 367; Toledo Manzur, 1982, p. 139) o como *Bursera aff. multifolia*, especie descrita del extremo noroeste de Zacatecas y posiblemente existe también en comarcas adyacentes de Jalisco, Durango y Nayarit. Difiere de *Bursera toledoana* en sus flores más pequeñas (de 2 a 3 mm de largo), las masculinas trímeras o tetrámeras, en las hojas con foliolos más numerosos ((9)15 a 19) y cortos (hasta de 13 mm de largo), en la presencia de cortos pelos en las ramillas tiernas y a menudo también en las bases de los pecíolos jóvenes, así como en la época de floración (fines de junio y principios de julio). A su vez, la *Bursera suntui* conocida sólo en el sector oriental de la Depresión del Balsas, en concreto de la parte central y oriental de Guerrero. Esta planta discrepa de la *Bursera toledoana* en la puberulencia presente en ramillas, pecíolos, pedúnculos y pedicelos, en las flores más pequeñas (1.2 a 2 mm de largo) y más numerosas en las inflorescencias ((1)2 a 6), las masculinas trímeras, en los foliolos más cortos (6.5 a 13.5 mm) y relativamente más anchos (2 a 4 mm), así como en la época de floración

(mediados de junio a julio, a veces hasta agosto y septiembre). El nombre de la planta se dedicó al Biól. Carlos Arturo Toledo Manzur, (Toledo Manzur, 1984), que reconoció la singularidad de la *Bursera toledoana*, aunque se abstuvo de describirla como especie nueva.

Nombre binomial de la planta		
1.-	<i>Bursera aptera</i> Ramírez	(t,f,e)
2.-	<i>Bursera arida</i>	(t,e)
3.-	<i>Bursera ariensis</i> HBK	(t,f,e)
4.-	<i>Bursera biflora</i> (Rose) Steandl.	(t)
5.-	<i>Bursera bolivarii</i>	(t,f,e)
6.-	<i>Bursera bonetii</i> Rzed.	(t,f)
7.-	<i>Bursera copallifera</i>	(t,f)
8.-	<i>Bursera crenata</i>	(t,f)
9.-	<i>Bursera fagaroides</i> HBK	(t,f,e)
10.-	<i>Bursera fagaroides</i> var. <i>elongata</i>	(t,f,e)
11.-	<i>Bursera fagaroides</i> var. <i>fagaroides</i>	(t,f,e)
12.-	<i>Bursera fagaroides</i> var. <i>purpusii</i>	(t,f,e)
13.-	<i>Bursera glabrifolia</i> (HBK) Engl.	(t,f)
14.-	<i>Bursera infernidialis</i> Guevara & Rzed.	(t,f)
15.-	<i>Bursera lancifolia</i>	(t,f)
16.-	<i>Bursera longipes</i>	(t,f)
17.-	<i>Bursera morelensis</i>	(t,f)
18.-	<i>Bursera multifolia</i>	(t,f)
19.-	<i>Bursera palmeri</i> S. Wats.	(t,f)
20.-	<i>Bursera paradoxa</i> Guevara & Rzed.	(t)
21.-	<i>Bursera sarukhanii</i> Guevara & Rzed.	(t,f)
22.-	<i>Bursera suntui</i>	(t,f)
23.-	<i>Bursera toledoana</i> Rzed & Calderón.	(t,f)
24.-	<i>Bursera véjar-vazquezii</i> Miranda	(t)
25.-	<i>Bursera vellutina</i> Bullock	(t,f)
26.-	<i>Bursera xochipalensis</i> Rzed.	(t)

Tabla II. (-)-Limoneno (44) aislado de Burseras. Tallos (t), frutos (f) y exhudados (e).

La purificación de los extractos hexánicos de tallos y ramillas usando gel de sílice como fase estacionaria de la *Bursera toledoana* se obtuvo (-) -limoneno (44) de las fracciones cromatográficas apolares. El contenido de este monoterpeno varía entre las poblaciones de la misma especie respecto a la temporada de muestreo, así como también entre los diferentes taxa del género, por ejemplo el limoneno, se encuentra presente en la mayoría de las *Burseras* defoliantes del grupo de los "cuajotes amarillos" y algunos de los llamados "cuajotes rojos" , pero su presencia no es exclusiva de las especies que pertenecen a este grupo, ya que también lo hemos aislado de los extractos hexánicos de ramas, frutillas y exhudados de especies "clasificadas" dentro de la sección *Bullockia*, como se muestra el listado de la Tabla II.

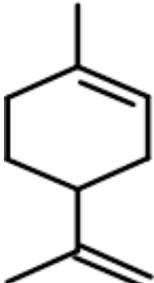
		<i>Bursera toledoana</i>	
		Rzed. & Calderón	Lit.
 <p>(-)-LIMONENO (44)</p>	C-1	133.62	133.1
	C-2	120.99	120.8
	C-3	30.53	30.6
	C-4	41.02	41.2
	C-5	27.84	28
	C-6	30.74	30.8
	C-7	23.42	23.7
	C-8	150.12	149.6
	C-9	108.33	108.4
	C-10	20.74	20.5

Tabla III.- Desplazamientos químicos de los carbonos del limoneno.

El estudio del aislamiento de los metabolitos provenientes del extracto hexánico de los tallos se llevó a cabo obteniendo dichos extractos como resultado de varias maceraciones hexánicas de 4 kg de ramillas cortadas en pequeños canutos. Los extractos obtenidos, una vez destilado y recuperado el hexano, dieron un aceite oleoso de color verdoso-amarillento de consistencia pastosa.

La cromatografía en columna de 4 g del extracto hexánico de las ramillas, se realizó en una columna empacada con 50 g de gel de sílice-alúmina (4:1), la cual se eluyó en la modalidad de polaridad creciente, iniciando con n-hexano; las fracciones de la F-2 a la F-7 presentaron consistencia oleosa, que por su espectro de RMP reveló ser un monoterpeno mayoritario conocido (Fig. 1).

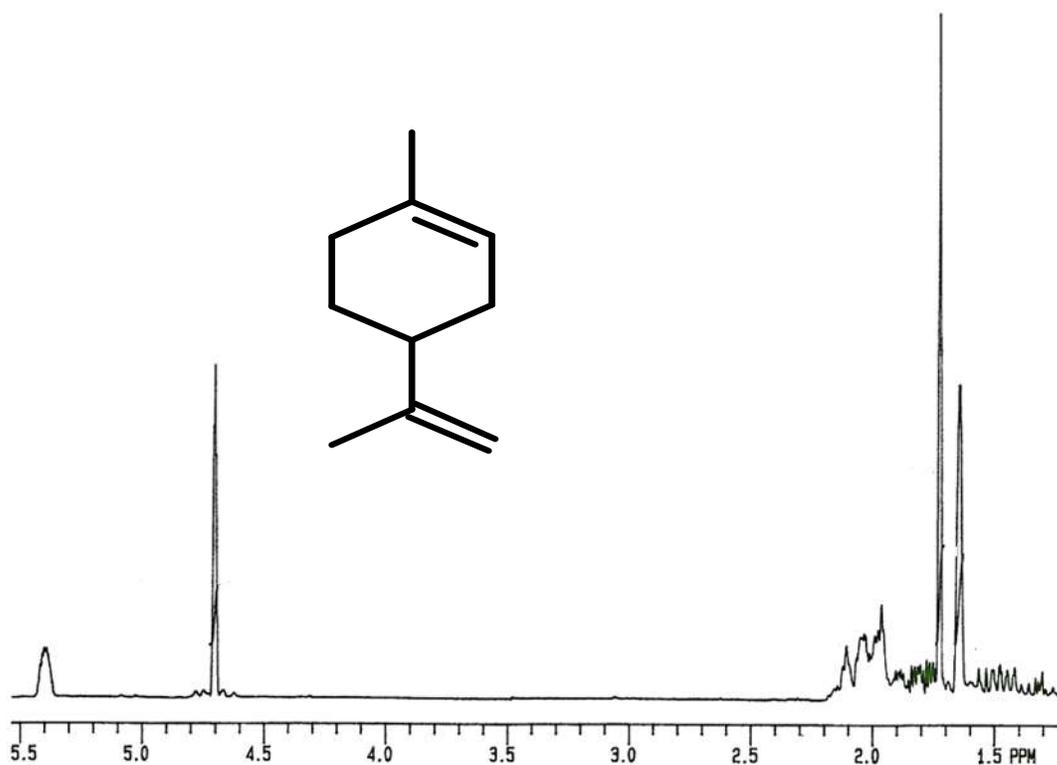
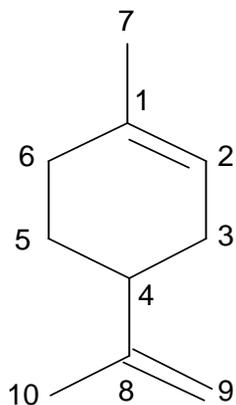


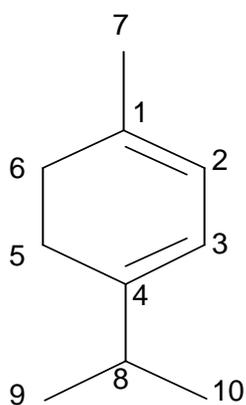
Figura 1.- Espectro de RM¹H de la fracción F-3 de la Cromatografía en columna del extracto hexánico de los tallos de la *Bursera toledoana*.

Éstas se juntaron y de la recromatografía de ellas se obtuvo de la F-3 y F-4 un aceite oleoso cristalino correspondiente al C₁₀ monocíclico limoneno (**44**), el cual su caracterización se completó por la comparación de los espectros de RM¹³C en una y dos dimensiones, y con los desplazamientos químicos reportados en la literatura¹⁰⁰ como se muestra en la Tabla III, así como también con los desplazamientos químicos de otros monoterpenos monocíclicos (**45** y **46**) obtenidos de otras especies de *Burseras* mostrados en la Tabla IV.



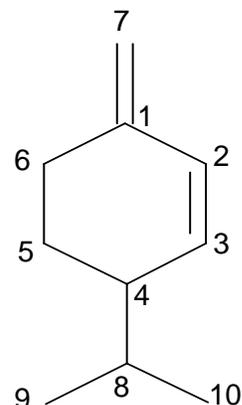
LIMONENO
44

C-1	133.2
C-2	120.8
C-3	30.6
C-4	41.2
C-5	28
C-6	30.9
C-7	23.8
C-8	149.7
C-9	108.4
C-10	20.5



α -TERPINENO
45

C-1	131.5
C-2	119.6
C-3	116.5
C-4	140.9
C-5	24.8
C-6	28.5
C-7	22.2
C-8	34
C-9	20.6
C-10	20.6



β -FELANDRENO
46

C-1	133.2
C-2	120.8
C-3	30.6
C-4	41.2
C-5	28
C-6	30.9
C-7	23.8
C-8	149.7
C-9	108.4
C-10	20.5

Tabla IV.- Desplazamientos químicos de los carbonos de monoterpenos monocíclicos C₁₀.

Cabe mencionar que en estudios previos con respecto a otras especies pertenecientes tanto a la sección *Bursera* como a la sección *Bullockia*, se han obtenido principalmente estos metabolitos monoterpénicos preferentemente de las frutillas.



Entre las fracciones eluidas en una polaridad de hexano-cloruro de metileno 70:30, hasta cloruro de metileno puro, se obtuvieron los metabolitos triterpénicos α -amirina^{10*} de la F-39 (**47**), 3-*epi*-lupeol* correspondiente a la F-71 (**48**) y el eufa-8,14-dien-3 β -ol* de la F-93 (**49**), estos dos últimos mostrados en la Figura 2 y 3 respectivamente, cuyos espectros de RM¹H fueron comparados con los reportados en la literatura y de los respectivos desplazamientos químicos de los espectros de RM¹³C, también por comparación correspondieron a estos triterpenos, los cuales son mostrados en la Tabla V.

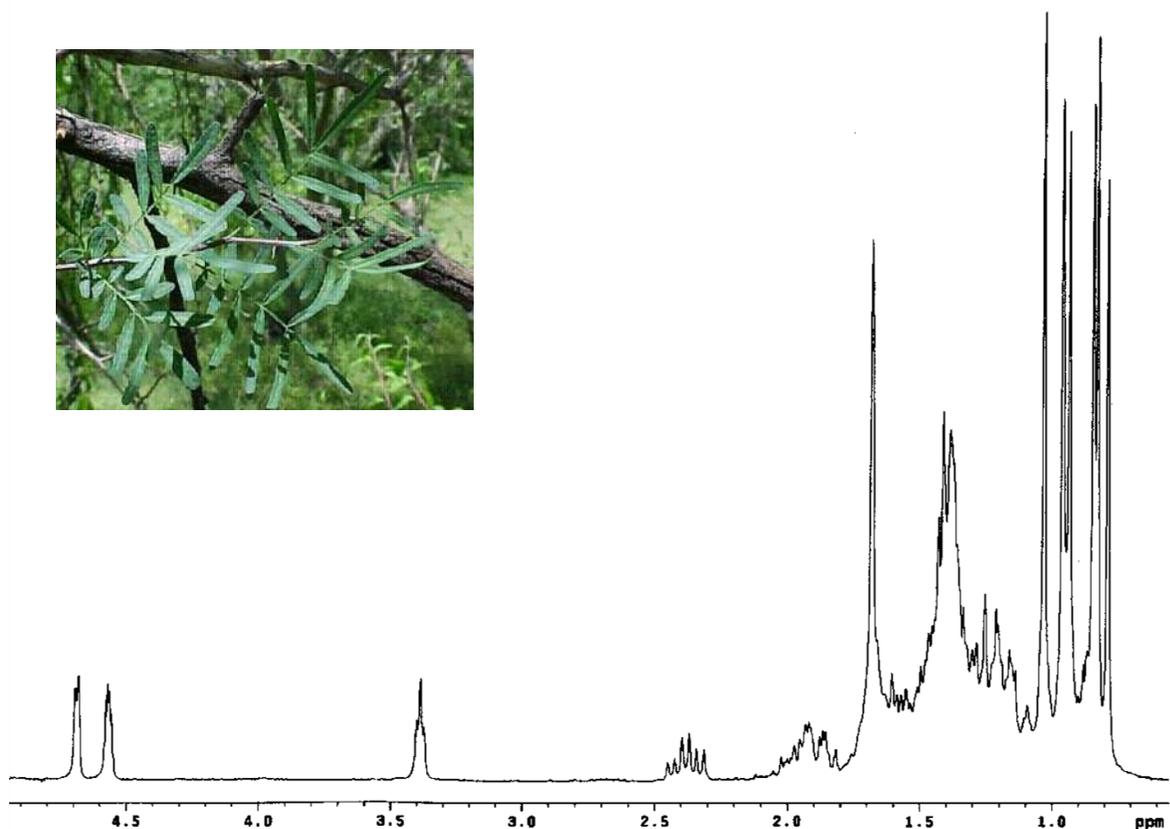


Figura 2.- Espectro de RM¹H del 3-*epi*-lupeol (**48**)

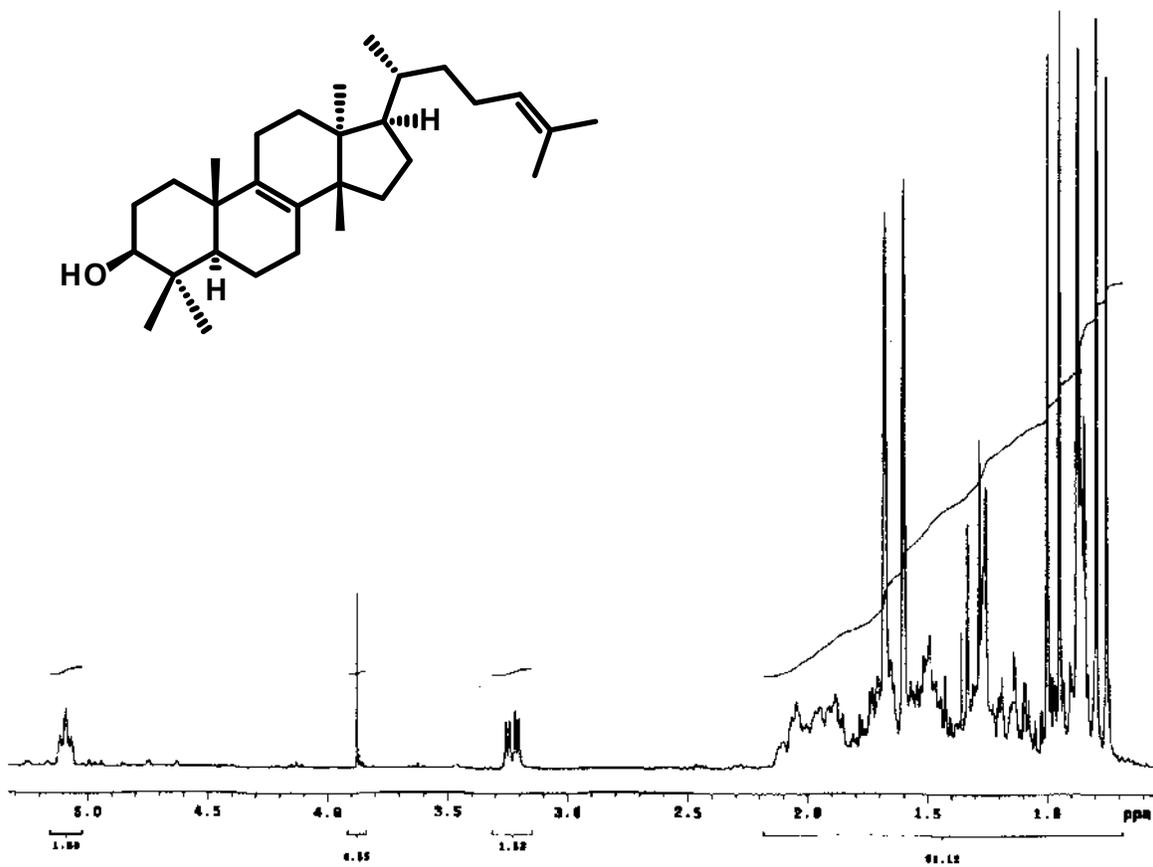
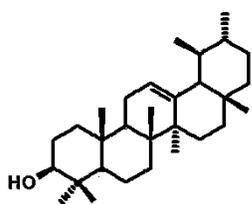
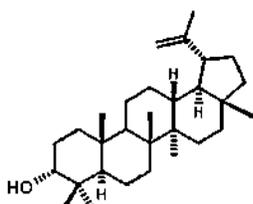


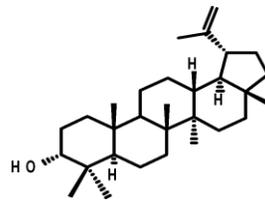
Figura 3.- Espectro de RM¹H del Euf- 8,14-dien-3β-ol (49).



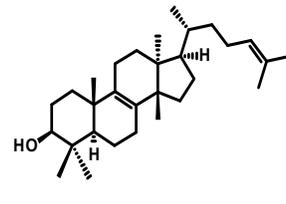
α -amirina
B. toledoana



α -mirina
lit.**



3-epi-lupeol
B. toledoana
48



Eufa-8,14-dien-3 β -ol
B. toledoana
49

	α -amirina <i>B. toledoana</i>	α -mirina lit.**	3-epi-lupeol <i>B. toledoana</i> 48	3-epi-lupeol <i>B. cuneata</i> ¹⁰⁷ <i>B. mirandae</i>	Eufa-8,14-dien-3 β -ol <i>B. toledoana</i> 49
C-1	38.754*	38.7	37.259	37.3	35.51
C-2	27.243	27.2	25.269	25.3	27.72
C-3	79.033	78.8	76.229	76.2	78.71
C-4	38.754*	38.7	37.494	37.5	38.90
C-5	55.142	55.2	50.270	50.2	51.03
C-6	18.328	18.3	18.252	18.2	18.90
C-7	32.900	32.9	33.214	33.2	27.91
C-8	39.975	40.0	39.984	40.0	134.10
C-9	47.679	47.7	48.981	49.0	133.52
C-10	36.866	36.9	35.554	35.6	37.23
C-11	23.339*	23.3	20.750	20.8	21.49
C-12	124.383	124.3	25.081	25.1	28.13
C-13	139.556	139.3	37.258	37.3	44.13
C-14	42.045	42.0	40.992	41.0	50.02
C-15	28.737	28.7	27.353	27.4	30.89
C-16	26.584	26.6	34.100	34.1	29.81
C-17	33.734	33.7	42.870	42.9	49.63
C-18	59.022	58.9	47.996	48.0	15.62
C-19	39.633*	39.6*	48.254	48.3	20.12
C-20	39.580*	39.6*	150.986	151.0	35.33
C-21	31.232	31.2	29.814	29.8	18.92
C-22	41.499	41.5	47.985	48.0	35.88
C-23	28.108*	28.1	28.231	28.2	24.73
C-24	15.665*	15.6	22.113	22.1	125.31
C-25	15.612*	15.6	15.888	15.9	130.49
C-26	16.833	16.8	15.941	15.9	17.6
C-27	23.248*	23.3	14.601	14.6	25.69
C-28	28.070*	28.1	17.978	18	24.49
C-29	17.462	17.4	109.29	109.3	28.13
C-30	21.39	21.3	19.259	19.3	15.58
C=O	-----	-----			-----
Me(ACO)	-----	-----			-----

* la asignación de las señales pueden estar intercambiadas

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

Tabla V. Desplazamientos de RM¹³C a 75 MHz de los triterpenos obtenidos de los extractos hexánicos de la *Bursera toledoana*

CONCLUSIONES

Del extracto hexánico de los tallos de *Bursera toledoana* Rzed. & Calderón se aisló mayoritariamente como aceite cristalino oleoso de olor característico el monoterpeno monocíclico diénico correspondiente al (-)-limoneno (**44**), el cual es el metabolito secundario más distribuido, mayoritariamente en las especies de *Bursera* defoliantes y en particular las del grupo de los «cuajotes amarillos».

Se aisló además tres triterpenos, dos de los cuales poseen esqueleto pentacíclico, uno de ellos con una estructura derivada del lupano correspondiente al 3-epi-lupeol (**48**), obtenido principalmente de otras especies de *Burseras* que pertenecen a la sección *Bullockia*; así como también la α -amirina (**47**), de esqueleto de ursano y que es el triterpeno más ampliamente distribuido en el género *Bursera* de la sección *Bullockia*; además otro triterpeno de esqueleto tetracíclico correspondiente al Eufa-8,14-dien-3 β -ol (**49**), obtenido previamente de otras especies del género *Bursera* como la *Bursera fagaroides* var *elongata* y la *Bursera morelensis* y de algunas especies del género *Stevia*.

La *Bursera toledoana* junto con otras dos especies las cuales pertenecen a la sección *Bursera* se consideran alopátricas, ya que cada una de ellas se encuentra distribuida en regiones muy distantes^{1,2} y poseen características morfológicas semejantes, por lo que en algún tiempo dos de ellas se consideraron con clasificación muy afín.

La continuación de nuestros estudios relativos a los metabolitos aislados de *Burseraceae*^{3,4}; se consideró importante llevar a cabo la comparación de los resultados preliminarmente de los extractos hexánicos de los tallos de las tres especies y de los que se tenían previamente los resultados de dos de ellas, y el estudio de la tercera fue el correspondiente al trabajo de esta tesis, por lo que la cromatografía del extracto hexánico de cada una de las especies por separado, reveló contener una composición química diferente. La caracterización de los componentes mayoritarios obtenidos de los tallos de las tres especies vicariantes, mediante sus análisis espectroscópicos de RMN ¹H y ¹³C, APT, DEPT, COSY,

HETCOR y HMBC, mostraron claramente que de la *Bursera multifolia* se predominantemente contiene estructuras diterpénicas macrocíclicas cembranoides, mientras que de la *Bursera suntuosa*^{5,9} se separaron en las fracciones de baja polaridad principalmente derivados hidrocarbonados insaturados pertenecientes al biciclo [9.3.1] pentadecano y en las fracciones más polares se obtuvieron estructuras funcionalizadas como el (+)-verticilol, el (1S,3Z,7E,11S,12S)-(+)-verticila-3,7-dien-12,20-diol y su 20-acetoxiderivado⁵⁻⁸ y finalmente de la *Bursera toledoana*, clasificada anteriormente como aff. multifolia se aisló principalmente triterpenos como el 3-epi-lupeol, derivados de la α -amirina¹⁰⁻¹² y eufa-8,24-dien-3 β -ol.¹³

Todos los metabolitos aislados fueron caracterizados en base a sus propiedades químicas y espectroscópicas por medio de la comparación de los valores de sus desplazamientos químicos leídos de sus espectros de RM¹H y de RM¹³C, DEPT incluyendo también espectros en dos dimensiones.

BIBLIOGRAFIA

1. Oliver, M.A. y Webster R. Kriging: a method of interpolation for geographical information systems. *International Journal of Geographical Information Systems* 4:313-332. (1990)
2. Escalante T. Un ensayo sobre regionalización biogeográfica. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80:551-560. (2009).
3. Morrone, J. J. y Márquez J. Aproximación a un Atlas Biogeográfico Mexicano: componentes bióticos principales y provincias biogeográficas. (2003).
Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía, J. J. Morrone y J. Llorente-Bousquets (eds.). Las Prensas de Ciencias, UNAM, México, D.F. p. 217-220.
4. CONABIO. Provincias biogeográficas de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F. (1997).
5. Casas T. J. M. e Higuera A. A. Compendio de geografía general (p. 7). Madrid: Rialp. ISBN 84-321-0249-0. (1977).
6. Torres S. D, M. Los viajeros de la expedición para medir el arco del meridiano. *Biblio 3W, Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales, Universidad de Barcelona*, Vol. VII, nº 389, 30 de julio de 2002.
<http://www.ub.es/geocrit/b3w-389.htm> [ISSN 1138-9796]
7. Martín A., F., Geodesia y cartografía matemática: Madrid, Paraninfo S.A. (1983).
8. García V., M. Topografía y Lectura de Planos. (1980)
9. Herring T. A., «The Global Positioning System», *Scientific American*. pág. 32-38. (1996)
10. González F. J. y Martín M. L.: La Dirección de Trabajos Hidrográficos (1797 - 1908), Tomo 1: «Historia de la Cartografía Náutica en la España del siglo XIX», págs 152 - 155
11. Cliff J. Mapa y brújula. Tutor (3ª ed.). ISBN 9788479027605. (2011)
12. García, E. Orientación: desde el mapa y la brújula hasta el GPS y las carreras de orientación. Desnivel. ISBN 9788496192980. (2005)

13. Maza V. F. Introducción a la topografía y a la cartografía aplicada. Universidad de Alcalá de Henares. ISBN 9788481387773. (2008).
14. Flora of China Editorial Committee. Fl. China 12:1–534. Science Press & Missouri Botanical Garden Press, Beijing & St. Louis Bärtels, A. (2007).
15. Funk, V. A. y K. S. Richardson. Systematic data and biodiversity studies use it or lose it. Systematic Biology 51:303-316. (2002).
16. García, E. Climas. Escala 1:1,000,000. México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), México, D.F. (1998).
17. Plantas Tropicales, Ornamentales y Útiles. Guía de Identificación. Tropenpflanzen. Berlín - Alemania.
18. Krapovickas, A. Moteiroa, un nuevo género de Malváceas. Bol. Soc. Argent. 4: 107-116. (1951).
19. Krapovickas, A. Notas sobre Malváceas. Bol. Soc. Argent. 4: 187-191. (1952).
20. Krapovickas, A. Sinopsis del género Tarasa (Malvaceae). Bol. Soc. Argent. 5: 113-143. (1954).
21. Krapovickas, A. Las especies de Malvastrum sect. Malvatrum de la flora de Argentina. Lilloa 28: 181-195. (1957).
22. Krapovickas, A. Notas sobre Malváceas II. Bol. Soc. Argent. 7: 37-41. (1957), Krapovickas, A. Notas sobre Malváceas II. Kurtziana. 2: 113- 126. (1957), Krapovickas, A. Malváceas nuevas sudamericanas. Bonplandia 3: 63-72 (1970), Krapovickas, A. Malvaceae. En A.T. Hunziker (ed.) Los géneros de Fanerógamas de la Argentina. Bol. Soc. Argent. 23: 180-185. (1984).
23. Acero., L. Árboles, Gentes y Costumbres. Colombia., Acero, L. (2005).
Platas Útiles de la Cuenca del Orinoco. Colombia
24. Cascante, A. Bombacaceae. In: Hammel, B.E.; Zamora, N. y Grayum, M.H. (eds.). Manual de Plantas de Costa Rica. Missouri Bot. Gard. Press, St. Louis & Inst. Nac. de Biodiversidad, Santo Domingo de Heredia, Costa Rica
25. Rzedowski, J. Vegetación de México. Limusa, México, D. F, p.432. (1978).

26. Rzedowski, G. C. de Rzedowski, J. Flora Fanerogámica del Valle de México, 2a. Ed., Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro, Michoacán, México. (2001).
27. Miranda F., "Estudios sobre la Vegetación de México V", Rasgos de la Vegetación en la Cuenca del Río Balsas. *Rev. Soc. Méx. Hist. Nat.*, **8**, 95-114 (1947).
28. Miranda F. y Hernández X. E., "Los sobre Tipos de Vegetación de México y su Clasificación". *Bol. Soc. Bot. Méx.*, **28**, 29-179 (1963).
29. Miranda F., Nuevas fanerógamas del S.O. del estado de Puebla. *An. Inst. Biol. Méx.*, **13**, 451-462 (1942).
30. Rzedowski J. y McVaugh R., Synopsis of *Bursera* in Western Mexico with notes of the material of *Bursera* collected by Sessé & Mociño, *Kew. Bull.*, **18**, 317-382 (1965).
31. Rzedowski, J., Notas sobre el género *Bursera* (Burseraceae) en el Estado de Guerrero, *An. Esc. Nac. Cienc. Biol. Méx.*, **17**, 17-36 (1968).
32. 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).
33. Bullock, A. A., Contributions to the flora of tropical America: xxxvii. Notes on the Mexican species of *Bursera*, *Kew Bull.*, 346-387 (1936).
34. Bullock, A. A. Further notes on the genus *Bursera*. *Kew Bull.*, 447-458, (1937).
35. Oliva, L., Flora médica. El copal. *La Naturaleza I*, 37-43, (1869).
36. Ramírez, J., Datos para el estudio de los cuajotes. *An. Inst. Med. Nac.*, **2**, 14-18, (1896).
37. Humboldt, A., A. Bonpland & K. S. Kunth, Burseraceae, In, Nova genera et species plantarum, **7**, 23-35, 611-612, (1825).
38. Schlechtendal, D. F. L. De plantis Mexicanis a G. Schiede, M.Dr., Car. Ehrenbergio allisque, collectis. *Linnaea* **17**, 625-631, (1843).
39. Engler, A., Burseraceae. DC. Monogr. Phaner, **4**, 1-169, (1883).
40. Rose, J. N., Burseraceae. North Amer. Fl., **25**, 241-261 (1911).

41. Engler, A., Burseraceae. In: Engler, A. & K. Prantl. Die natürlichen Pflanzenfamilien. ed. 2. **19a**, 405-456 (**1931**).
42. Rzedowski, J., Notas sobre el género *Bursera* (Burseraceae) en el Estado de Guerrero, *An. Esc. Nac. Cienc. Biol. Méx.*, **17**, 17-36 (**1968**).
43. Rzedowski, J., Plantae Guerrerenses Kruseanae. **Ciencia**, 28, 49-56 (**1978**).
44. 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**).
45. 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**).
46. Villaseñor J. L., *Bol. Soc. Bot. Méx.*, **47**, 65-86 (**1987**).
47. Guízar N., E. y Sánchez V. A., Guía para el reconocimiento de los principales árboles del alto Balsas. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Méx. 207 (**1991**).
48. Cuevas G., R. y J. Rzedowski. Una especie nueva de *Bursera* (Burseraceae) del occidente de México, *Acta Bot. Mex.* **46**, 77-81 (**1999**).
49. Fernández N., R., Rodríguez-J. C., Arreguín S. M. A., Rodríguez J. A., "Listado Florístico de la Cuenca del Río Balsas, México", *Polibotánica*, **9**, 1-151 (**1998**).
50. Cuevas H.A.L. y Sánchez G., A. Las pteridofitas de la reserva de la biosfera Barranca de Meztlán, estado de Hidalgo, México. En: Simposio Internacional sobre Flora Silvestre de Zonas Áridas: 282- 295. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., La Paz, Baja California Sur. México. (**2008**).
51. Espinosa O. D., Morrone J.J., Llorente-Bousquets J. y Flores-Villela O. Introducción al análisis de patrones en biogeografía histórica. Las Prensas de Ciencias. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F. 133 pp. (**2002**).
52. Alcántara A.O. y Luna V. I. Florística y análisis biogeográfico del bosque mesófilo de montaña de Tenango de Doria, Hidalgo, México. Anales del

- Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica 68:57–106. (1997).
53. Alcántara A.O. y Luna V. I. Análisis florístico de dos áreas con bosque mesófilo de montaña en el estado de Hidalgo, México: Eloxochitlán y Tlahuelompa. *Acta Botánica Mexicana* 54:51–87. (2001).
 54. Álvarez Z.E. El género *Quercus* en el Parque Nacional Los Mármoles, estado de Hidalgo y morfología foliar de *Quercus laeta* Liebm. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca, Hidalgo. 93 pp. (2008).
 55. Álvarez Z.E. y Sánchez G. A. Los encinos del estado de Hidalgo. *Herreriana, Revista de Divulgación de la Ciencia* 3:22. (2007).
 56. Arreguín S. M.L., Fernández N. R. y Rodríguez J.A. Pteridofitas en el estado de Querétaro, México y su ubicación ecológica. *Polibotánica* 3:82–92. (1996).
 57. Beukema H. y Van Noordwijk M. Terrestrial pteridophytes as indicators of a forest-like environment in rubber production systems in the lowlands of Jambi, Sumatra. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 104:63–73. (2004).
 58. Cabrera L. J.A. y Gómez S. M. Análisis florístico de la Cañada, Querétaro, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 77:35–50. (2005).
 59. Cárdenas G.G., Halme K.J. y Tuomisto H. Riqueza y distribución ecológica de especies de pteridofitas en la zona del Río Yavarí–Mirín, Amazonía Peruana. *Biotropica* 39:637–646. (2007).
 60. Cartujano S., Zamudio S., Alcántara O. y Luna V. I. El bosque mesófilo de montaña en el municipio de Landa de Matamoros, Querétaro. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 70:13–43. (2002).
 61. Cerón C. A.B., Arreguín S. M.L. y Fernández N. R. Listado con anotaciones de las pteridofitas del municipio de Tlatlauquitepec, Puebla, México y distribución de las especies en los diferentes tipos de vegetación. *Polibotánica* 21:45–60. (2006).
 62. Challenger A. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestre de México. Pasado, presente y futuro. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. 847 pp. (1998.).

63. Rzedowski, R. Medina y G. Calderón de Rzedowski. *Acta Botánica Mexicana*, **81**, 45-70 (2007).
64. Rosa A., Hernández A. y Espinosa O. D. *Bol. Soc. Bot. Méx.*, **70**, 5-12 (2002).
65. Espinosa, D.J. y J.J. Morrone, Historical Biogeographical patterns of Burseraceae and their Taxonomic implications. *Journal of Biogeography*, **28**, 293-304 (2006).
66. Rzedowski J., Medina R. y Calderón G., Inventario del conocimiento taxonómico de la diversidad y del endemismo regional de las especies mexicanas de *Bursera* (Burseraceae). *Acta Botánica Mexicana*, **70**, 81-111 (2005).
67. Hernández P. E., González E. M., Trejo I. y Bonfil C, "Distribución del Género *Bursera* en el Estado de Morelos, México y su relación con el clima". *Revista Mexicana de Biodiversidad*, **82**, 964-976 (2011).
68. Agarwal, R.B., Rangari y V.D., P. G., *Ind. J. Pharmacol.*, **3**, 384-867 (2003).
69. Syamasundar, K.V., y Mallavarapu, G. R., *Phytochemistry*, **40**, 337-339 (1995).
70. Hernández J.D, Román L.U, Espiñeira J. and Joseph N. P. "Ariensin, a new lignan from *Bursera ariensis* HBK". *Planta Medica*, **47**, 193 (1983).
71. Manzo A. S. "Aislamiento y Estudio Químico de los componentes de la resina de *Bursera ariensis* HBK". Tesis para obtener el Título de Químico Farmacobiólogo, presentada en la Facultad de Químico Farmacobiología de la U.M.S.N.H. el 10 de agosto de (1988).
72. Hernández J.D, Román L.U., Manzo S. y Joseph-N. P. "Estudio Químico de la Resina del Papelillo". *Revista de la Sociedad Química de México*, **31**, 172 (1987).
73. Hernández J.D, Alvarez R. y Román L.U. "Análisis de partes aéreas de cuajotes amarillos". *Rev. Soc. Quím. Méx.*, **45**, C/2, 98, (2001), XXXVI Congreso Mexicano de Química.
74. Beiza L., Martínez I.A, López Y. y Alvarez A., "Ariensina-B un Lignano obtenido de tallos de *Bursera bolivari*". XI Encuentro Universitario de Investigación Científica, Tecnológica y Humanística. *Memorias*, pág. 28, (2001).

75. Hernández J.D, Alvarez R, Guzmán J.C, Armenta C., Beiza L., Tapia I. y Román L.U. "Essential oils from branches and fruits of twenty five Mexican *Bursera* Species", 42nd. Annual Meeting of the American Society of Pharmacognosy. Memorias, ASP, pág 129 (2001).
76. Hernández J.D, Alvarez R, Guzmán J.C., Armenta C y Román L.U. "Terpenos obtenidos por muestreo directo de peciolo y tallos delgados de 18 especies de Burseraceae". *Rev. Soc. Quím. Méx.*, 44, C-123, 136 (2000). XXXV Congreso Mexicano de Química, San Luis Potosí, S.L.P.
77. Velgara G.M., "Estudio Químico de la Parte Aérea de *Bursera cuneata* y de *Eupatorium arsenei* Rob". Tesis para obtener el Título de Químico Farmacobiólogo, presentada por a la Facultad de Químico- Farmacobiología de la U.M.S.N.H., el 8 de febrero de (1996).
78. Hernández J.D., García M., Herrera R. y Román L.U."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.
79. García A. R. "Estudio Químico de algunos componentes obtenidos de *Bursera attenuata*, *Bursera fagaroides* var. *elongata*, *Bursera mirandae* y *Bursera submoniliformis*". Tesis para obtener el Título de Químico Farmacobiólogo, presentada en la Facultad de Químico-Farmacobiología de la U.M.S.N.H. el 10 de enero del (2001).
80. S. A. Knight, The Carbon-13 NMR Spectra of Lanosatenol, Euphadienol and *Tetrahedron Letters*, No 1, 83-86, (1973).
81. Brako, L. & Zarucchi J. L. Catalogue of the Flowering Plants and Gymnosperms of Peru. Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard. 45, 1–1286. (1993).
82. Davis, P.: «Aromatherapy An A-Z». Vermilion:Ebury Publishing, London. (2000).
83. Torres C, P. Tesis de Licenciatura, Universidad de Alicante, España.
84. Rodríguez E., Towers G. y Mitchell J.C.. *Phytochemistry*, 15, 1573 (1976).
85. Pinar A., Rodríguez B. y Alemany A., *Phytochemistry*, 17, 1637 (1978).

86. A. Pinar, *Phytochemistry*, **23**, 2075 (1984).
87. Mandeño M, B.J. «Diterpenos Tetracíclicos de las raíces de *Elaeoselinum tenuifolium* y *Elaeoselinum asclepium* sub. *Meioides*. Tesis Doctoral, Universidad de Alicante, España.
88. Álvarez C. E.C. "Productos Químicos naturales y algunos derivados obtenidos a partir de los extractos de la resina de *Bursera fagaroides* HBK, *Bursera ariensis* HBK y de la inflorescencia de *Montanoa grandiflora* DC". Escuela de Químico-Farmacobiología de la U.M.S.N.H. 6 de abril de 1990.
89. Morrison y Boyd, "Química Orgánica, 3ª edición, Fondo Educativo Interamericano. pág. 307-310, New York, N.Y., (1976).
90. Streitweiser A, Jr. y Clayton H. Heathcock, "Química Orgánica", 1ª Ed., Nueva Editorial Interamericana. pág. 611-614, México, D.F. (1979).
91. Hernández J.D, "Notas de Química Orgánica I." Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Mich. (2007).
92. Hernández J.D, García L., Reyes R., Guzmán J.C y Román L.U. "Caracterización de los Componentes Principales de Aceites Esenciales obtenidos de *Burseras*". XIII Taller de Otoño de Productos Naturales, Mérida, Yuc., *Memorias*, C/12 (1995).
93. Hernández J.D, Guzmán J.C , Sánchez M.A y Román L.U. "Análisis por CG de Aceites Esenciales de Frutos de *Burseras*". *Rev. Soc. Quím. Méx.*, **40**, C/42, 112 (1996).
94. Torres V. J.M. "Análisis del extracto butanólico de hojas de *Stevia subpubescens* Lag.; Estructura de una Isoaglicona". Escuela de Químico-Farmacobiología de la U.M.S.N.H. 8 de diciembre de 1989.
95. Tanaka R. y Matsunaga S. *Phytochemistry*, **27** , 2273-2277 (1988).
96. Hernández J.D, Guzmán J.C, García L. y Román L.U. "Cromatografía de Gases de Aceites Esenciales de Frutos de Siete Especies de *Burseras*". *Anuario VII del Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas*, pág. 69-86 (1997).
97. Hernández J.D, Álvarez G.R, Guzmán M. J.C., Armenta C., Beiza L., Tapia I. y Román L.U. "Essential oils from branches and fruits of twenty five Mexican

- Bursera* Species". 42nd. Annual Meeting of the American Society of Pharmacognosy. *Memorias*, ASP, pág 129 (2001).
98. Hernández J.D., Álvarez R., Magaña J., Tapia I., Pardo R. y Guzmán J.C. "β-Felandreno, componente mayoritario obtenido de los extractos hexánicos de las ramas y frutillas de tres especies de *Burseraceae*". IX Encuentro Universitario de Investigación Científica, Tecnológica y Humanística, *Memorias*, pág. 29, (1999).
99. Hernández J.D, Álvarez R, Armenta C., Guzmán J.C. y Román L.U. "Terpenos obtenidos por muestreo directo de peciolo y tallos delgados de 18 especies de *Burseraceae*". *Rev. Soc. Quím. Méx.*, 44, C-123, 136 (2000). XXXV Congreso Mexicano de Química, San Luis Potosí, S.L.P.
100. Hernández J.D, Álvarez R, Beiza L., Cerezo S. y Guzmán J.C.. "Alfa-Felandreno obtenido del aceite esencial de *Bursera morelensis* y *Bursera penicillata*". XI Encuentro Universitario de Investigación Científica, Tecnológica y Humanística. *Memorias*, pág. 27, (2001).
101. Hernández J.D, García M., Herrera R. y Román L.U. "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.
102. Hernández J.D, Hernández A., Alvarez R., Guzmán J.C., Beiza L., López Y., Tapia I., Herrero N. y Román L.U. "Distribución de terpenoides en *Burseraceae*". XIII Congreso Italo-Latinoamericano de Etnomedicina, CO/35 (2004).