



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN  
NICOLÁS DE HIDALGO**



**FACULTAD DE QUÍMICO FARMACOBIOLOGÍA**

---

**“Triterpenos aislados de *Malpighia mexicana*”**

---

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE QUÍMICO  
FARMACOBIOLOGO**

**PRESENTA:  
ALFREDO PONTIFES PEREA**

**DIRECTORES:  
D.C. ROSA ELVA NORMA DEL RÍO TORRES  
D.C. ERNESTO RAMÍREZ BRIONES**

**Morelia, Michoacán**

**Julio, 2023**

---

Este trabajo fue realizado en el laboratorio de Química de Productos Naturales del Instituto de Investigaciones Químico Biológicas de la Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo, bajo la dirección de la Dra. Rosa Elva Norma del Río y el Dr. Ernesto Ramírez Briones. Con apoyo económico de la CIC-UMSNH y el programa PROSNI UdeG a los proyectos de Investigación.

---

## **Dedicatoria**

A mi hermano **Raúl Efren Tafolla Ocegueda**<sup>+</sup> por todo el apoyo que me brindo y por enseñarme que nunca hay que rendirse cuando algo se quiere, por enseñarme que el camino es difícil a veces pero nunca imposible, por enseñarme que los sueños si se pueden cumplir cuando uno los hace posibles, por todos los momentos que vivimos, los consejos, la amistad que me brindo, por cuidarme y por siempre estar conmigo, se que donde quiera que este me sigue apoyando y cuidando como siempre lo hizo, por muchas razones dedico este trabajo en honor a su memoria.

A mi tía **Elva Tellitud Núñez**<sup>+</sup> por todo el cariño que me brindo, el apoyo los buenos consejos y sus enseñanzas, los momentos bonitos que vivimos, por enseñarme a nunca rendirme y siempre dar lo mejor de mi, por todo el apoyo que me dio cuando los momentos fueron difíciles, se que donde quiera que este ella me sigue cuidando, mostrándome nuevas enseñanzas y me sigue protegiendo, por estas y mil razones mas dedico este trabajo en memoria de ella.

A mi mejores amigos **Ricardo Alejandro Moron Orozco y Antonio Zirahuen**<sup>+</sup> por enseñarme a luchar por mis metas, que siempre hay que trabajar duro para poder cumplirlas y que nada en esta vida se consigue tan facil ni es regalado, agradezco sus buenos consejos, su amistad tan sincera, los llamados de atención que me dio, por cuidarme y siempre apoyarme cuando lo necesite por esa y mil razones mas dedico este trabajo en su memoria, se que donde quiera que el este me sigue cuidando y me sigue diciendo “*nada de que al ay se va, las cosas bien y a la primera*”.

A mis papás **Alfredo** y **Elia** y mis hermanos **Alondra, Anahi** y **Alejandro** por ser mi apoyo y mi motivación a seguir cumpliendo mis metas y seguir luchando, me enseñaron a nunca temer, a

---

siempre seguirme levantado y seguir adelante, a siempre seguir mis sueños, pese a las distancia el platicar con ustedes me alegra aun en mis días más duros.

¡ Los amo con todo mi corazón !

A mi tío **Marco**, por enseñarme a nunca soñar en pequeño a siempre esforzarme al máximo, a siempre buscar las mejores oportunidades y siempre pensar en grande, a mis abuelos **Felipa** y **Agustín** por enseñarme el valor del esfuerzo y el trabajo constante, por ayudarme, cuidarme y regalarme buenos momentos desde el principio de esta aventura y hasta el final. ¡ Muchas gracias !

A mi asesora, la D.C. **Rosa Elva Norma del Río**, por darme la oportunidad de poder dar inicio de este trabajo me transmitió su conocimiento y me dio confianza cuando la necesité, además de brindarme su apoyo y alentarme en todo momento y enseñarme que todo es posible cuando amas lo que haces, sin duda alguna este trabajo fue posible en gran parte gracias a ella. ¡ Muchas gracias, doctora Rosy !

---

## **Agradecimientos**

Agradezco a la " Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo" y a la "Facultad de Químico Farmacobiología" por la educación universitaria brindada, agradezco también al "Instituto de Investigaciones Químico Biológicas" por las facilidades en instalaciones y el apoyo para la realización del presente trabajo.

Quiero agradecer a mi asesor, el D.C. **Ernesto Ramírez Briones** por brindarme esta gran oportunidad de aprendizaje y trabajo, me transmitió conocimiento y su apoyo cuando lo necesite, por brindarme una amistad sincera, alentarme a seguir adelante en todo momento. ¡ Muchas gracias, doctor !

Quiero agradecer con cariño a mis mejores amigos **Daniel** y **Sinuhé** por apoyarme en este gran trabajo y por ofrecerme una bella amistad, por estar en esos días más difíciles y sacarme una sonrisa y regalarme bonitos momentos, son amigos que solo los encuentras una sola vez en la vida, con los cuales puedes reír, llorar y hablar con los cuales puedes contar con su apoyo en todo momento aun en momento difíciles, gracias a ustedes y por sus buenos consejos gracias por ese gran apoyo todo esto pudo ser posible . Gracias por todo

Agradezco con mucho cariño a mi segunda familia **Irving** y **Lupita**. Ustedes son los amigos que no encuentras facilmente los que solo los conoces una vez en la vida, con los cuales sabes que aunaque no se vean puedes contar con ellos, que a pesar de la distancia sabes que ellos estarán ahí contigo apoyándote, quiero darle gracias por todos los bellos momentos, los grandes consejos que me dieron, el apoyo brindado, gracias por las risas, las lágrimas y platicas, gracias a ustedes todo esto fue posible. Gracias por todo los quiero mucho

Con mucho cariño y afecto quiero agradecer a mis hermanos " **Los chiripetos** " a **Raul**, Paco, One, Orlando, Alvaro, Ivan, Aldair, Armando, Diego, Gachuz, Alberto son los amigos que solo una vez encuentras en esta vida, gracias por los buenos momentos, enseñanzas, lecciones de vida, llamadas de atención, por esas platicas motivadoras, las aventuras, las risas, el gran apoyo brindado, la confianza y la fe brindada por ustedes fueron el cosmbustible para seguir

---

adelante son los mejores hermanos que pude conocer y gracias a ustedes esta gran meta pudo cumplirse no cambiaria nada de esto por nada. Gracias de todo corazon por todo

---

## ÍNDICE

Índice de figuras .....	II
Símbolos, abreviaturas y acrónimos .....	III
Resumen .....	IV
Abstract.....	V
1. Introducción.....	1
2. Antecedentes.....	3
3. Justificación .....	11
4. Objetivo general .....	12
5. Objetivos específicos.....	12
6. Parte experimental (materiales y métodos) .....	13
6.1. Generalidades .....	13
6.2. Material vegetal .....	13
6.3. Obtención del extracto.....	14
6.4. Purificación de los compuestos .....	14
7. Discusión de resultados .....	15
8. Conclusión .....	24
9. Bibliografía.....	25

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura química básica de un esterol.....	2
Figura 2. Esqueleto base en los triterpenos pentacíclicos .....	2
Figura 3. Distribución de la familia Malpighiaceae alrededor del mundo .....	4
Figura 4. Detalle de tallo, habitat de crecimiento y hojas de <i>Malpighia mexicana</i> .....	5
Figura 5. Compuestos mayoritarios de <i>Malpighia emarginata</i> .....	6
Figura 6. Norfriedelinas aisladas de <i>Malpighia emarginata</i> .....	6
Figura 7. Compuestos fenólicos aislados de <i>Malpighia glabrata</i> .....	7
Figura 8. Triterpenos aislados de <i>Banisteriopsis anisandra</i> .....	8
Figura 9. Triterpenos aislados de <i>Byrsonima crassifolia</i> .....	9
Figura 10. Espectro de RMN <sup>1</sup> H a 400 MHz en CDCl <sub>3</sub> del extracto hexánico de <i>Malpighia Mexican</i> .....	15
Figura 11. Espectro de RMN <sup>1</sup> H a 400 MHz en CDCl <sub>3</sub> del lupeol ( <b>1</b> ) aislado de <i>Malpighia mexicana</i> .....	17
Figura 12. Espectro de RMN <sup>1</sup> H a 400 MHz en CDCl <sub>3</sub> del β-sitoesterol ( <b>2</b> ) y estigmasterol ( <b>3</b> ) de <i>Malpighia mexicana</i> .....	19
Figura 13. Cromatograma de gases de <i>Malpighia mexicana</i> .....	20
Figura 14. Cromatograma de gases del extracto hénanico de <i>Malpighia mexicana</i> .....	21
Figura 15. Triterpenos aislados de <i>Malpighia mexicana</i> .....	25

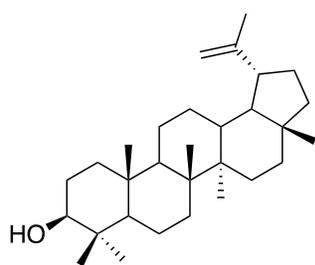
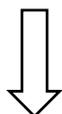
## SÍMBOLOS, ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

<b>°C</b>	Grados Celsius
<b>cm</b>	Centímetros
<b>CDCl<sub>3</sub></b>	Cloroformo deuterado
<b>CG-EM</b>	Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas
<b>CCF</b>	Cromatografía en capa fina
<b>g</b>	Gramos
<b>H</b>	Hidrógeno
<b>h</b>	Horas
<b>L</b>	Litros
<b>MHz</b>	Megahertz
<b>mg</b>	Miligramos
<b>m</b>	Metros
<b>µm</b>	micrometros
<b>min</b>	Minutos
<b>MSD</b>	Mass spectral database
<b><i>m/z</i></b>	Relación masa carga
<b>NIST</b>	National institute of standards and technology
<b>δ</b>	Desplazamiento químico
<b>RMN</b>	Resonancia Magnética Nuclear
<b>R<sub>t</sub></b>	Tiempo de retención
<b><i>J</i></b>	Constante de acoplamiento
<b>UPLC</b>	Cromatografía líquida de ultra rendimiento

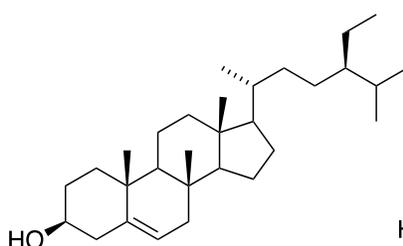
## RESUMEN

En el presente trabajo se describe el primer estudio químico de hojas y tallos del extracto hexánico de *Malpighia mexicana*, una especie perteneciente a la familia Malpighiaceae. Los estudios químicos que han sido realizados en especies del género han identificado metabolitos con diversas actividades biológicas.

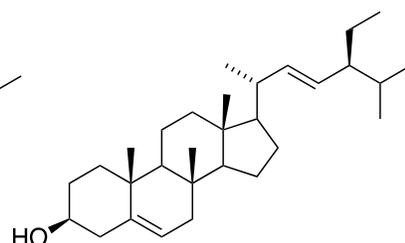
Del extracto hexánico de hojas y tallos se aislaron lupeol (1) y la mezcla de  $\beta$ -sitosterol (2) y estigmasterol (3), los cuales fueron caracterizados por resonancia magnética nuclear y espectrometría de masas, además se compararon con los datos de literatura.



Lupeol (1)



$\beta$ -sitosterol (2)



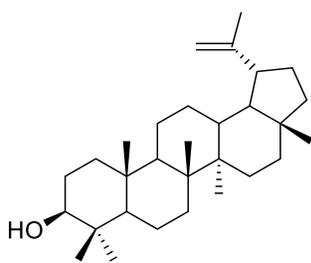
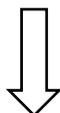
Estigmasterol (3)

**Palabras clave:** *Malpighia mexicana*, triterpenos, lupeol, estigmasterol,  $\beta$ -sitosterol.

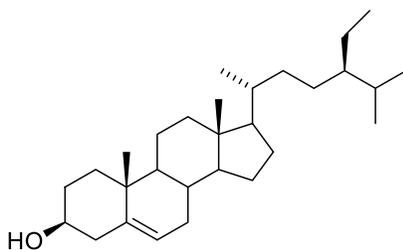
## ABSTRACT

The present work describes the first chemical study of leaves and stems of the hexane extract of *Malpighia mexicana*, a species belonging to the Malpighiaceae family. Chemical studies that have been carried out on the species of the genus have identified metabolites with diverse biological activities.

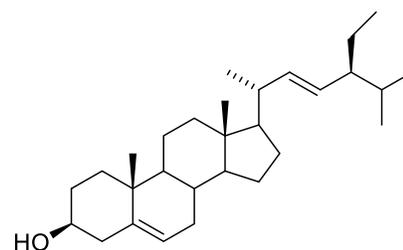
From the hexane extract lupeol (1) and the mixture of  $\beta$ -sitosterol (2) and stigmasterol (3), were isolated and characterized by nuclear magnetic resonance and mass spectrometry, and compared with data reported in literature.



Lupeol (1)



$\beta$ -sitosterol (2)



Stigmasterol (3)

**Keywords:** *Malpighia mexicana*, triterpenes, lupeol, stigmasterol,  $\beta$ -sitosterol.

# Triterpenos aislados de *Malphigia mexicana*

## 1. INTRODUCCIÓN

Las plantas y el ser humano han mantenido por un largo tiempo una relación binominal inseparable, de la cual ha dependido su vida diaria. La vinculación de las plantas con la salud nos ilustra una de las relaciones arraigadas en todas las culturas humanas conocidas. De acuerdo con datos reportados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) hablan de que un 80% de los pobladores en el mundo usan la medicina tradicional y herbolaria para el cuidado de su salud (OMS 2013), aunque algunos investigadores consideran este porcentaje muy alto, en realidad el número de usuarios podría ser menor. Entre las medicinas tradicionales más reconocidas en el mundo se pueden mencionar la Medicina Tradicional China, la Medicina Ayurvédica y otras medicinas que también merecen ser destacadas como la Medicina Tradicional Africana, la Medicina Australiana y en América Latina, las Herbolarias Mexicana e Inca. En el caso concreto de la Medicina Tradicional Mexicana, se observa claramente que ésta es una fusión de los elementos provenientes de la Medicina Herbolaria Europea, y de la Medicina Occidental, con la medicina prehispánica. Con el paso del tiempo, algunas plantas utilizadas en Medicina Europea han sido integradas a la Herbolaria Mexicana, reconociéndose actualmente como propias (Rodríguez-Acosta *et al.*, 2020).

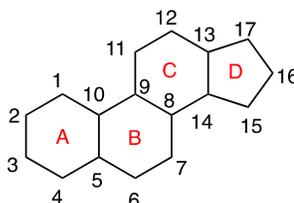
México es un país con una extraordinaria riqueza vegetal, la cual queda de manifiesto por las más de 23 000 especies de plantas vasculares en una revisión realizada por Villaseñor en el 2016. De ellas, un importante número han sido identificadas con un uso medicinal, número que varía dependiendo del autor y que van desde 2000 (Oldfield y Jenkins, 2012), hasta 5000 (Lozoya y Lozoya, 1982), o 6000 ejemplares (Schifter, 2010).

Estas especies vegetales son una fuente de productos naturales y pueden contener una gran variedad de sustancias con posible actividad terapéutica, que se denominan productos bioactivos, los cuales se dividen en tres grandes grupos: alcaloides, compuestos fenólicos y terpenos estos últimos constituyen uno de los grupos más grandes de los metabolitos secundarios presentes en el reino vegetal que comprenden variadas y diferentes estructuras. Se sintetizan a partir de isopreno y de acuerdo al número de unidades de isopreno pueden clasificarse en hemiterpenos (C<sub>5</sub>), monoterpenos (C<sub>10</sub>), sesquiterpenos (C<sub>15</sub>), diterpenos (C<sub>20</sub>), triterpenos (C<sub>30</sub>) y tetraterpenos (C<sub>40</sub>) (Springob y Kutchan, 2009), los cuales varían en su proporción y pureza enantiomérica dependiendo de la especie, de la época

## Triterpenos aislados de *Malpighia mexicana*

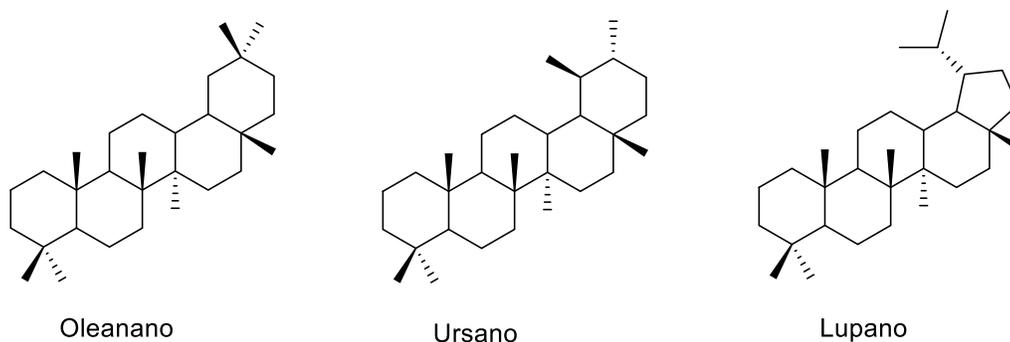
del año en que se recolectó la planta y de la parte utilizada, condición que hace necesario extraer e identificar estas sustancias (Gómez-Hurtado *et al.*, 2022).

Los esteroides son compuestos anfipáticos de naturaleza isoprenoide que se encuentran presentes en todos los organismos eucariotas, cuya estructura química común se basa en el ciclopentanoperhidrofenantreno, un núcleo rígido formado por cuatro anillos (A,B,C,D) generalmente con un grupo hidroxilo en la posición C3 y una cadena lateral alifática de longitud variable (8-10 carbonos) unida al carbono 17 (**Figura 1**). (Moreau *et al.*, 2018).



**Figura 1.** Estructura química básica de un esteroide. Numeración de acuerdo a la nomenclatura IUPAC 1989 (Moreau *et al.*, 2018).

Por su parte los esqueletos del oleanano, ursano y lupano (**Figura 2**) son importantes dentro de los triterpenos bioactivos, ya que se ha reportado que tienen actividad antitumoral, antiinflamatoria, antimicrobiana, hepatoprotectora, cardioprotectora, analgésica, antimicótica, quimiopreventiva y anti-VIH, dichos compuestos se encuentran ampliamente distribuidos en el reino vegetal (Cano Flores, 2013).



**Figura 2.-** Esqueleto base de algunos triterpenos pentacíclicos

La familia Malpighiaceae cuenta con una amplia variedad de sustancias químicas las cuales son empleadas para diferentes actividades biológicas, en donde destaca los compuestos triterpénicos, por lo tanto es importante llevar a cabo estudios químicos de especies pertenecientes a esta familia.

## Triterpenos aislados de *Malpighia mexicana*

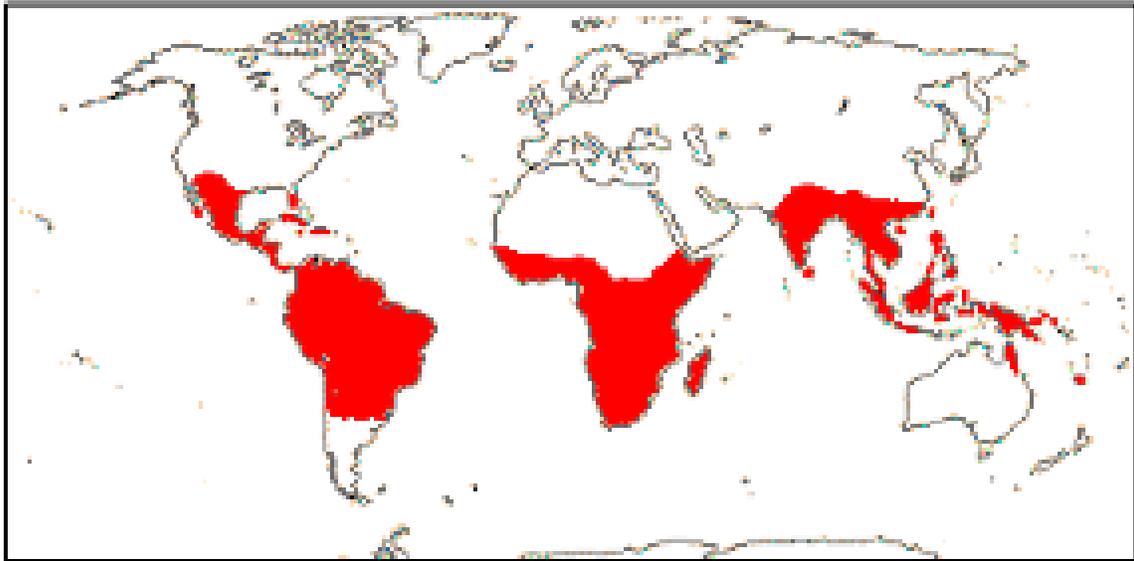
### 2. ANTECEDENTES

Malpighiaceae es una familia de árboles, arbustos, subarbustos y lianas con aproximadamente 71 géneros y 1300 especies, distribuidas en bosques tropicales y subtropicales donde se localiza el 85% de las especies (Figura 3). Dentro de la familia Malpighiaceae se encuentra el género *Malpighia* que consta de alrededor de 50 especies distribuidas desde el sur de Texas y Baja California hasta la región septentrional de sudamérica. En México, se encuentran 19 especies, de las cuales 12 son endémicas (Anderson, 2013; Villaseñor, 2016). El género es fuente de recursos maderables, ornamentales, y medicinales, además de desempeñar una importante función ecológica ya que brinda protección y sombra a diversas especies tanto animales como vegetales (Maldonado-Peralta *et al.*, 2016). En México su distribución incluye los estados de Durango, Oaxaca, Chiapas, Guerrero, Jalisco, México, Michoacán, Puebla y Yucatán (Martínez, 1994; Guízar y Sánchez, 1997; Juárez, 1998), donde es habitual su uso como cerca viva (Figura 4), mientras que los frutos tienen uso medicinal y alimenticio (Morton, 1987). Una revisión de la constitución química de esta familia registra como principales fitoconstituyentes a los alcaloides carbólicos, bases indólicas simples, fenilpropanoides, flavonoides, triterpenoides y polisacáridos. Los frutos del género *Malpighia* son reconocidos por su alto valor nutritivo, derivado del alto contenido de ácido ascórbico (vitamina C) y su aprecio en la cocina mexicana y brasileña (Dias *et al.*, 2014).

Los frutos de la familia Malpighiaceae, han sido estudiados y sus características son bien conocidas por ser una drupa que cuando madura presenta un epicarpio delgado rojo cuya pulpa representa entre 70 y 80 % del peso de la fruta, es carnosa, suave, jugosa y con un sabor ácido, debido a que es rica en vitamina C y posee actividades biológicas con funciones como antioxidante, antihiper glucemiantes, hepatoprotectoras, antitumorales y antifotoenvejecimiento debido a sus altas concentraciones de vitamina C, diversos flavonoides, especialmente flavanoles y sus heterósidos, flavanonas, biflavonoides, catequinas y epicatequinas. (Tarun Belwal *et al.*, 2018). ya que no se cuentan con reportes hasta el momento de contenido químico en *Malpighia mexicana* y para algunas especies de *Malpighia* se han reportado la presencia de compuestos tipo triterpénico las cuales son

## Triterpenos aislados de *Malpighia mexicana*

moléculas bioactivas y que pueden emplearse en cosmetología, biotecnología y farmacología.



**Figura 3.** Distribución de la familia Malpighiaceae alrededor del mundo. Tomado de (Heywood, 1985)

La familia Malpighiaceae contiene varios géneros medicinalmente significativos entre los que se encuentran las siguientes:

<i>Acridocarpus</i>	<i>Camarea</i>	<i>Malpighia</i>
<i>Aspidopterys</i>	<i>Diplopterys</i>	<i>Stigmaphyllon</i>
<i>Banisteriopsis</i>	<i>Echinopterys</i>	<i>Tetrapteryx</i>
<i>Bunchosia</i>	<i>Flabellaria</i>	<i>Tristellateia</i>
<i>Byrsomina</i>	<i>Galphimia</i>	<i>Niedenzuella</i>
<i>Callaeum</i>	<i>Hiptage</i>	
<i>Caucanthus</i>	<i>Heteropterys</i>	

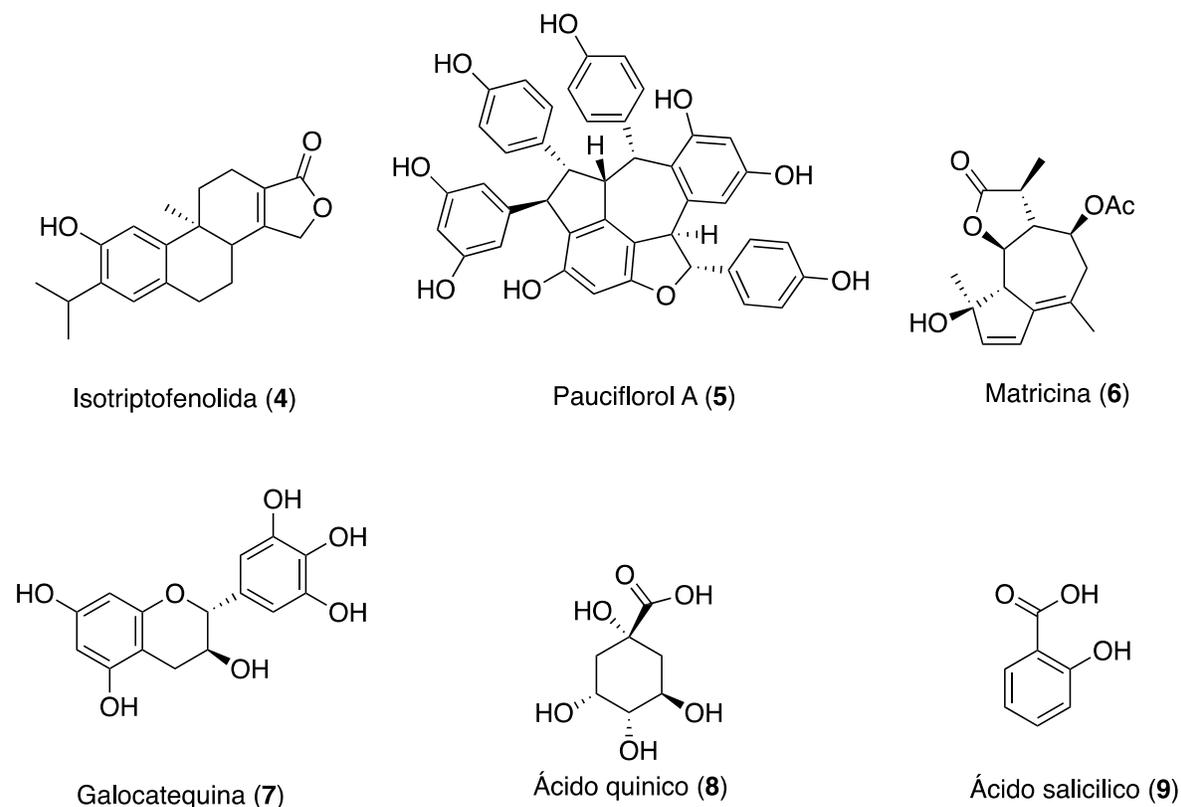
Investigaciones farmacológicas realizadas a algunos de estos géneros revelaron actividades significativas como antioxidante, antiinflamatoria, antidiabética, antimicrobiana, antidepresiva y propiedades citotóxicas (Abbas *et al.*, 2022). Sin embargo, solamente el 15%

## Triterpenos aislados de *Malpighia mexicana*

de las especies vegetales han sido estudiadas desde el punto de vista de la medicina tradicional, un ejemplo de ellas es la especie *Heteropterys glabra* sus hojas son utilizadas en medicina popular para tratar los casos de problemas nerviosos. (Martínez Crovetto,1981).

Una de las especies más estudiada corresponde a *Malpighia emarginata* DC, en sus frutos han encontrado carotenoides, antocianinas y flavonoides, los cuales presentan actividad antioxidante (Hanamura *et al.* 2005). Los extractos metanólicos de los frutos contienen flavonoides y compuestos polifenólicos, los cuales han demostrado actividad antiespasmogénica, inmunoestimuladora, antiinflamatoria, antihemorrágica, antiglicémica, antihiperlipidémica, antiulcerogénica, antidiarreica y antioxidante (Nunes *et al.*, 2011; Nunes *et al.*, 2013).

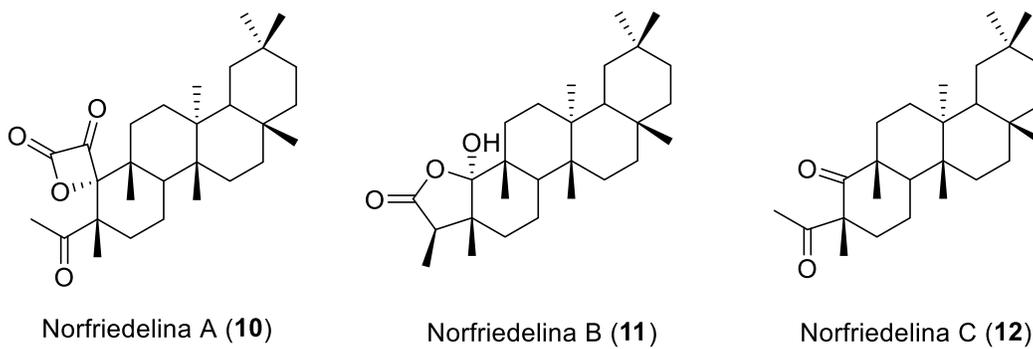
En un estudio realizado para evaluar las propiedades biológicas promovidas por el extracto salino de hojas de *Malpighia emarginata* DC, observaron un potencial antioxidante, antimicrobiano y citotóxico (Barros *et al.*, 2019). La separación de los componentes la realizaron por cromatografía UPLC y la caracterización por cromatografía de gases-masa, identificando los compuestos químicos mayoritarios mostrados en la **Figura 4**.



**Figura 4.** Compuestos mayoritarios de *Malpighia emarginata* DC

## Triterpenos aislados de *Malpighia mexicana*

De las ramas y raíces de *Malpighia emarginata* Liu y colaboradores en 2013 aislaron tres norfriedelinas **10-12** con esqueleto poco común (**Figura 5**), la configuración absoluta fue establecida por difracción de rayos X y mostraron inhibición de la acetilcolinesterasa.

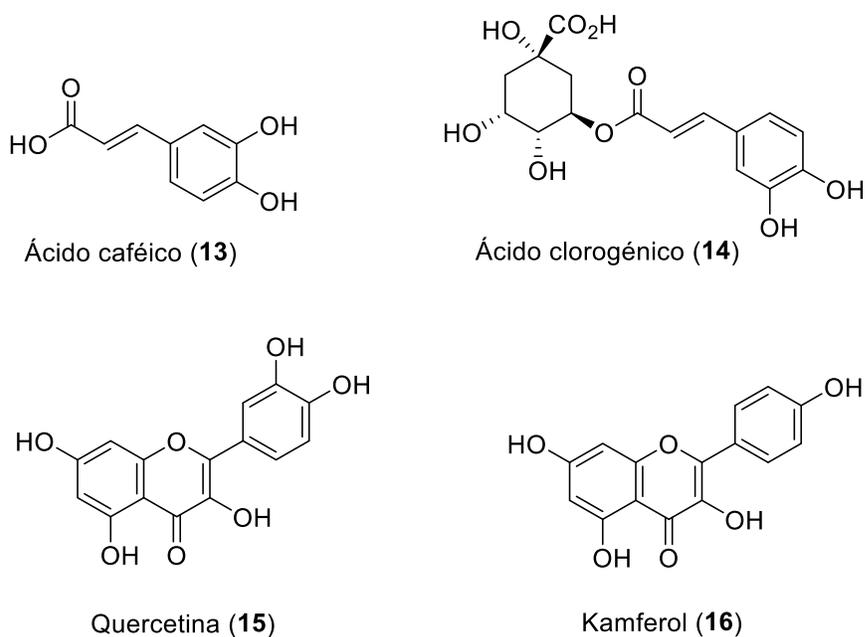


**Figura 5.** Norfriedelinas aisladas de *Malpighia emarginata*

En otra de las especies estudiadas por CG-EM a partir del extracto de las hojas de *Malpighia glabrata* detectaron: Esteroles y triterpenos totales en un 11.78% de abundancia, fitol en 8.5 % entre otros componentes, destacando la vitamina C (El-Hawary *et al.*, 2020).

Mientras que del extracto metanólico de hojas obtenido por el método de soxhlet y posterior extracción por bipartición del extracto de acetato de etilo, aislaron por separaciones cromatográficas al ácido cafeico (**13**), ácido clorogénico (**14**) y a los flavonoides quercetina (**15**) y Kamferol (**16**) (**Figura 6**) (El-Hawary *et al.*, 2020; Bataglion *et al.*, 2015).

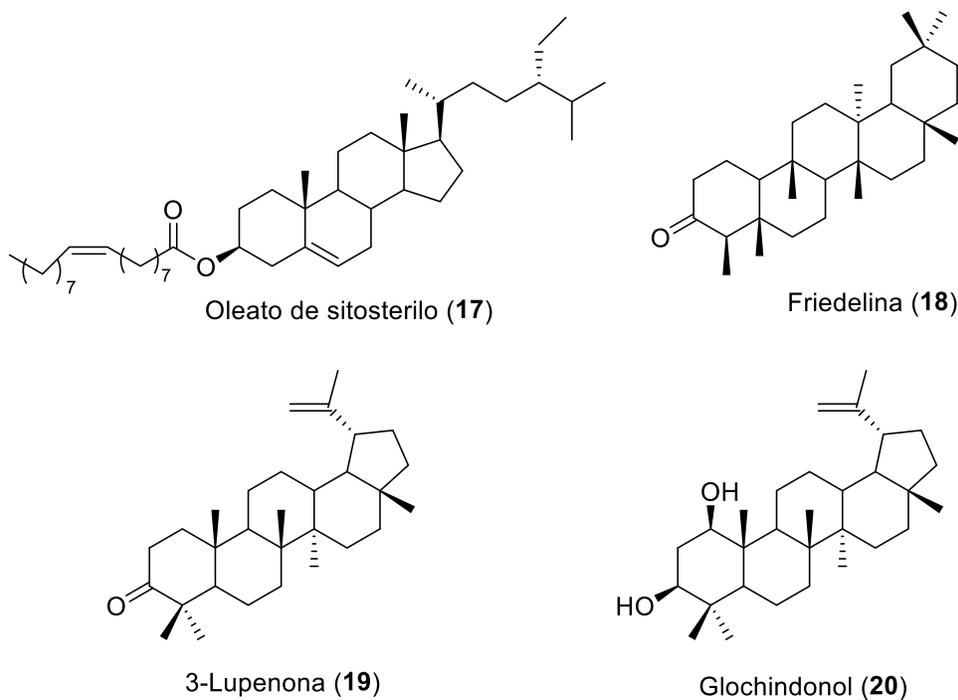
## Triterpenos aislados de *Malphigia mexicana*



**Figura 6.** Compuestos fenólicos aislados de *M. glabrata*

Como se mencionó anteriormente, otro de los géneros estudiados de la familia Malpighiaceae corresponde a *Banisteriopsis*. Del extracto etanólico de las hojas y raíces de *Banisteriopsis anisandra*, aislaron compuestos triterpénicos (1-3, 17-20) entre otros metabolitos que mostraron actividad alelopática, citotóxica y antifúngica, sus estructuras fueron establecidas de sus datos espectroscópicos y por comparación con muestras auténticas (Figura 7) (Freitas *et al.*, 2015).

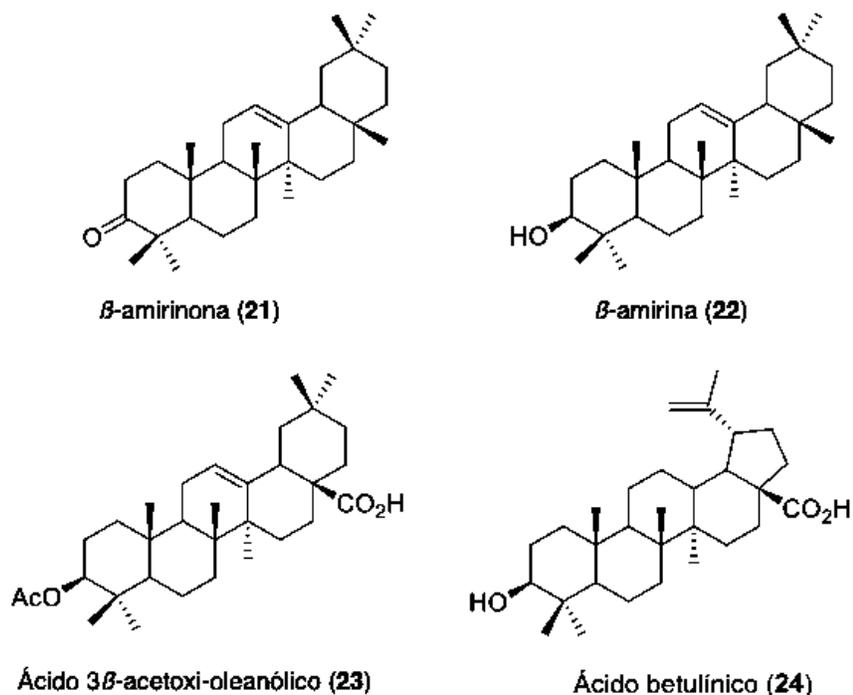
## Triterpenos aislados de *Malphigia mexicana*



**Figura 7.** Triterpenos aislados de *Banisteriopsis anisandra*

*Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth comúnmente conocido como nanche es un arbusto perenne, nativo de Mesoamérica que ha sido ampliamente usado en etnomedicina, principalmente para tratar enfermedades y problemas relacionados con los sistemas respiratorio y gastrointestinal. La composición química es muy diversa y se han estudiado diferentes partes de la especie, respecto a los compuestos triterpénicos se pueden mencionar los siguientes  $\beta$ -amirinona (21),  $\beta$ -amirina (22), ácido  $3\beta$ -acetoxi-oleanólico (23), ácido betulínico (24) además del  $\beta$ -sitosterol (2) (**Figura 8**) (Hernández-López *et al.*, 2022). El nanche representa un recurso natural importante como fuente de metabolitos con potencial biotecnológico y comercial.

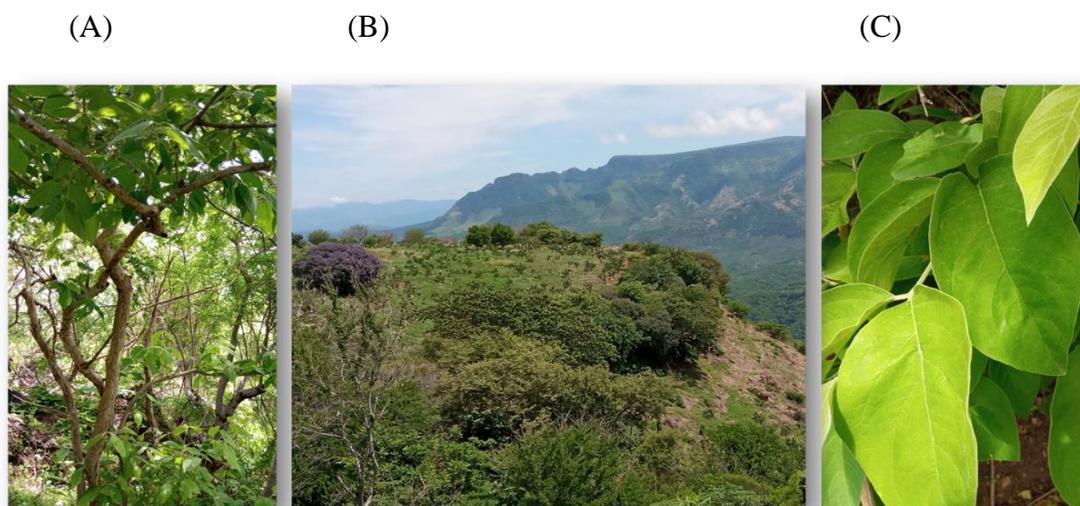
## Triterpenos aislados de *Malpighia mexicana*



**Figura 8.** Triterpenos aislados de *B. crassifolia*

Para el caso de *Malpighia mexicana* comúnmente conocida como nanche rojo, guejocote o guachocote, con un valor etnobotánico en diversas regiones de México por ser fuente de alimentación (Morton, 1987; Castañeda-Vildózola et al., 2014), no existen estudios a nivel fitoquímico más allá de la determinación de contenido de vitamina C y algunos compuestos antioxidantes a pesar de ser una fuente de diversos recursos maderables, ornamentales y medicinales (Maldonado-Peralta et al., 2016). En el presente estudio se analiza el extracto hexánico de tallos y hojas de *Malpighia mexicana* con la finalidad de aportar nuevo conocimiento químico, buscando coadyuvar en su conservación y revalorización de su uso y aprovechamiento medicinal. En la **figura 9**, se muestran algunas características de la especie.

## Triterpenos aislados de *Malpighia mexicana*



**Figura 9.** Detalle de tallo (A), hábito de crecimiento (B) y hojas (C) de *Malpighia mexicana*.

## Triterpenos aislados de *Malpighia mexicana*

### 3. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad aún es reducida la información sobre la composición química de plantas mexicanas, sobre todo aquellas que se encuentran en zonas de alta diversidad como es el caso de la zona occidente de México. Resulta importante incrementar el conocimiento fitoquímico de especies endémicas, por ser fuente de numerosos compuestos con distintas actividades biológicas, que incrementa la posibilidad de aprovechamiento sustentable. Diversas investigaciones sobre los frutos del género *Malpighia* han demostrado que su consumo es una importante fuente de antioxidantes y puede contribuir a la prevención de diversas enfermedades. Por lo que el conocimiento sobre los metabolitos secundarios presentes en la composición de distintos tejidos de *M. mexicana* puede contribuir al aprovechamiento sustentable del género.

## Triterpenos aislados de *Malpighia mexicana*

### 4. OBJETIVO GENERAL

Generar conocimiento químico de extractos de tallo y hoja de *Malpighia mexicana* para revalorizar su uso y aprovechamiento. Demostrando la presencia de metabolitos con actividad biológica.

### 5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Evaluar la presencia de los compuestos presentes en los extractos hexánicos de tallos y hojas de *M.mexicana*.
2. Aislar los metabolitos del extracto hexánico de tallos y hojas de *M. mexicana* por métodos cromatográficos.
3. Determinar los metabolitos mayoritarios en el extracto hexánico de *M. mexicana* por métodos espectroscópicos y espectrométricos.

## Triterpenos aislados de *Malphigia mexicana*

### 6. PARTE EXPERIMENTAL (Materiales y Métodos)

#### 6.1. Generalidades

Los espectros de Resonancia Magnética Nuclear de  $^1\text{H}$  a 400 MHz se determinaron en un espectrómetro Varian Mercury plus 400. Disolvente  $\text{CDCl}_3$  y TMS como referencia interna. Los espectros de RMN de  $^1\text{H}$  fueron procesados y editados con el software MestReNova versión 14.2.0-26256.

La purificación de los compuestos se realizó por cromatografía en columna abierta en fase normal gel de sílice (230-400 mesh ASTM), los sistemas de elución fueron mezclas de hexanos-acetato de etilo con incrementos en la polaridad. El proceso de separación se monitoreó mediante cromatografía en capa fina (CCF), utilizando como fase estacionaria cromatofolios de aluminio (AL TLC, gel de sílice 60 F254) y como fase móvil diferentes sistemas de elución hexanos-acetato de etilo.

El extracto hexánico se analizó por cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masa, en un equipo marca Thermo Scientific GC TRACE 1310 EM ISQ LT a 70 eV usando un inyector split/splitless (250 °C) y una columna capilar TG-SQC Thermo Scientific [15 m x 0.25 mm (i.d), espesor de película: 0.25  $\mu\text{m}$ ]. La temperatura inicial de la columna TG-SQC fue de 50 °C (5 min) con una rampa de 20°C/min hasta alcanzar 250°C. Se empleó Helio como gas de elución a un caudal de 1 mL/min. Los espectros obtenidos se analizaron con la base de datos NIST MS Search 2.0 (National Institute of Standards and Technology Mass Spectral Database).

#### 6.2. Material vegetal

Para la colecta de material vegetal se revisaron los ejemplares del herbario IBUG-Universidad de Guadalajara, seleccionado ejemplares reportados en la Barranca del Río Santiago en la localidad de San Francisco de Ixcatán, municipio de Zapopan, Jalisco. Se seleccionaron dos individuos en buen estado colectando tallos y hojas de los cuatro puntos cardinales. Los ejemplares colectados fueron revisados por el Dr. Martín Tena Meza perteneciente al herbario IBUG-UdeG para su confirmación. Con el tejido colectado se hizo una muestra compuesta por cada árbol para su posterior secado a temperatura ambiente en el Instituto de Investigaciones Químico Biológicas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

## **Triterpenos aislados de *Malphigia mexicana***

### **6.3. Obtención del extracto**

La planta recolectada fue secada a la sombra durante cinco días, un lote de 490 g de hojas y tallos se maceró en 3.5 L de hexanos por un tiempo aproximado de 72 h, posterior se filtró el macerado y se llevó al rotavapor, hasta obtener un sólido que representa el extracto vegetal, el proceso se realizó tres veces con el mismo material.

### **6.4. Purificación de los compuestos**

Un gramo de extracto se sometió a purificación usando una columna cromatográfica de vidrio de 2 cm de diámetro con gel de sílice 230-400 mallas de la marca Merck con 11 cm de altura como fase estacionaria e iniciando con mezclas 9:1 hexanos-AcOEt y finalizando con la polaridad 2:3 hexanos-AcOEt como fase móvil, obteniendo como resultado 93 fracciones de 10 mL cada una, para su análisis por resonancia magnética nuclear se tomó en cuenta la cantidad presente en cada fracción y la presencia de compuestos en cromatografía de capa fina.

## Triterpenos aislados de *Malpighia mexicana*

### 7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El extracto hexánico total de *Malpighia mexicana* se analizó por RMN de  $^1\text{H}$ , para realizar una identificación preliminar de los compuestos presentes en la parte aérea de la especie. En el espectro se aprecian señales de hidrógenos vinílicos en  $\delta$  5.2 a 4.5, hidrógenos base de heteroátomos alrededor de  $\delta$  3.8 a 3.0 y grupos alifáticos entre  $\delta$  2.5 y 0.5, así como señales intensas indicando la presencia de metilos, sugiriendo la presencia de derivados terpénicos (**Figura. 10**). La presencia de estas señales indicaba que era posible aislar e identificar compuestos, por esa razón se continuó con la purificación de los compuestos presentes.

## Triterpenos aislados de *Malphigia mexicana*

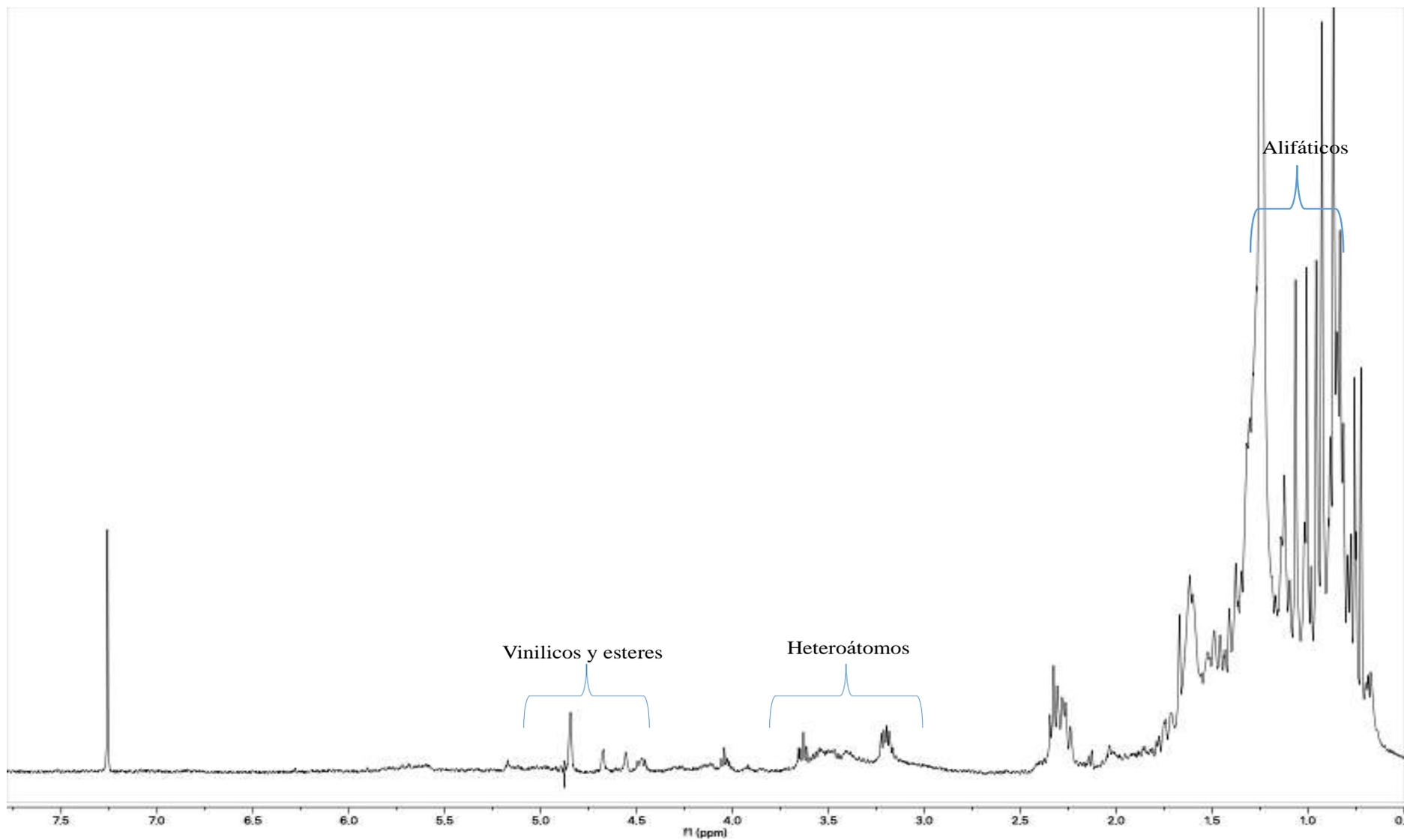


Figura 10.- Espectro de RMN  $^1\text{H}$  a 400 MHz en  $\text{CDCl}_3$  del extracto hexánico de *M. mexicana*

## Triterpenos aislados de *Malphigia mexicana*

Del extracto hexánico purificado por cromatografía, las fracciones 43-45 con la polaridad hexanos:AcOEt (9:1), se obtuvo un sólido. El espectro de RMN de  $^1\text{H}$  (**Figura 11**) mostró dos señales simples anchas en  $\delta$  4.69 y  $\delta$  4.57 correspondientes a los protones vinílicos H-29 y H-29' respectivamente. Una señal doble de dobles en  $\delta$  3.19 con una  $J = 11.2$  y  $5.0$  Hz correspondiente al protón H-3 base de alcohol. En aproximadamente  $\delta$  2.40 se observa la señal múltiple del H-19, en  $\delta$  1.68 la señal simple del metilo vinílico H-30. Además, se observan señales en  $\delta$  1.03,  $\delta$  0.97,  $\delta$  0.94,  $\delta$  0.83,  $\delta$  0.79 y  $0.76$ , correspondientes a los hidrógenos de los metilos terciarios CH<sub>3</sub>-26, CH<sub>3</sub>-23, CH<sub>3</sub>-27, CH<sub>3</sub>-25, CH<sub>3</sub>-28 y CH<sub>3</sub>-24 respectivamente. El resto de las señales que van desde  $\delta$  1.5 hasta  $\delta$  3.2 corresponden a los hidrógenos que se encuentran presentes en el esqueleto triterpénico. Estos datos fueron idénticos a los reportados para el Lupeol (**1**) (Jain y Bari, 2010; Silva *et al.*, 2018). El lupeol es un triterpeno pentacíclico presente en varias plantas medicinales. Se le atribuyen propiedades antiinflamatorias (Shahlaei *et al.*, 2013), actividad anticancerosa contra diferentes líneas celulares, como melanoma (G361, 451Lu y WM35), leucemia linfoblástica, cáncer de mama (MCF-7 and MDA-MB-231) y cérvico uterino (HeLa) entre otras (Saleem, 2009; Gallo y Sarachine, 2009).

**Tabla 1.** Comparación de los principales desplazamientos  $\delta$  en ppm RMN de  $^1\text{H}$  del lupeol.

Posición	Experimental	(Jain & Bari, 2010)
<b>3</b>	3.19	3.21
<b>19</b>	2.40	2.37
<b>21</b>	1.90	1.91
<b>23</b>	0.97	0.98
<b>24</b>	0.76	0.76
<b>25</b>	0.83	0.84
<b>26</b>	1.03	1.04
<b>27</b>	0.94	0.97
<b>28</b>	0.79	0.79
<b>29</b>	4.69 y 4.57	4.71 y 4.56
<b>30</b>	1.68	1.69

## Triterpenos aislados de *Malphigia mexicana*

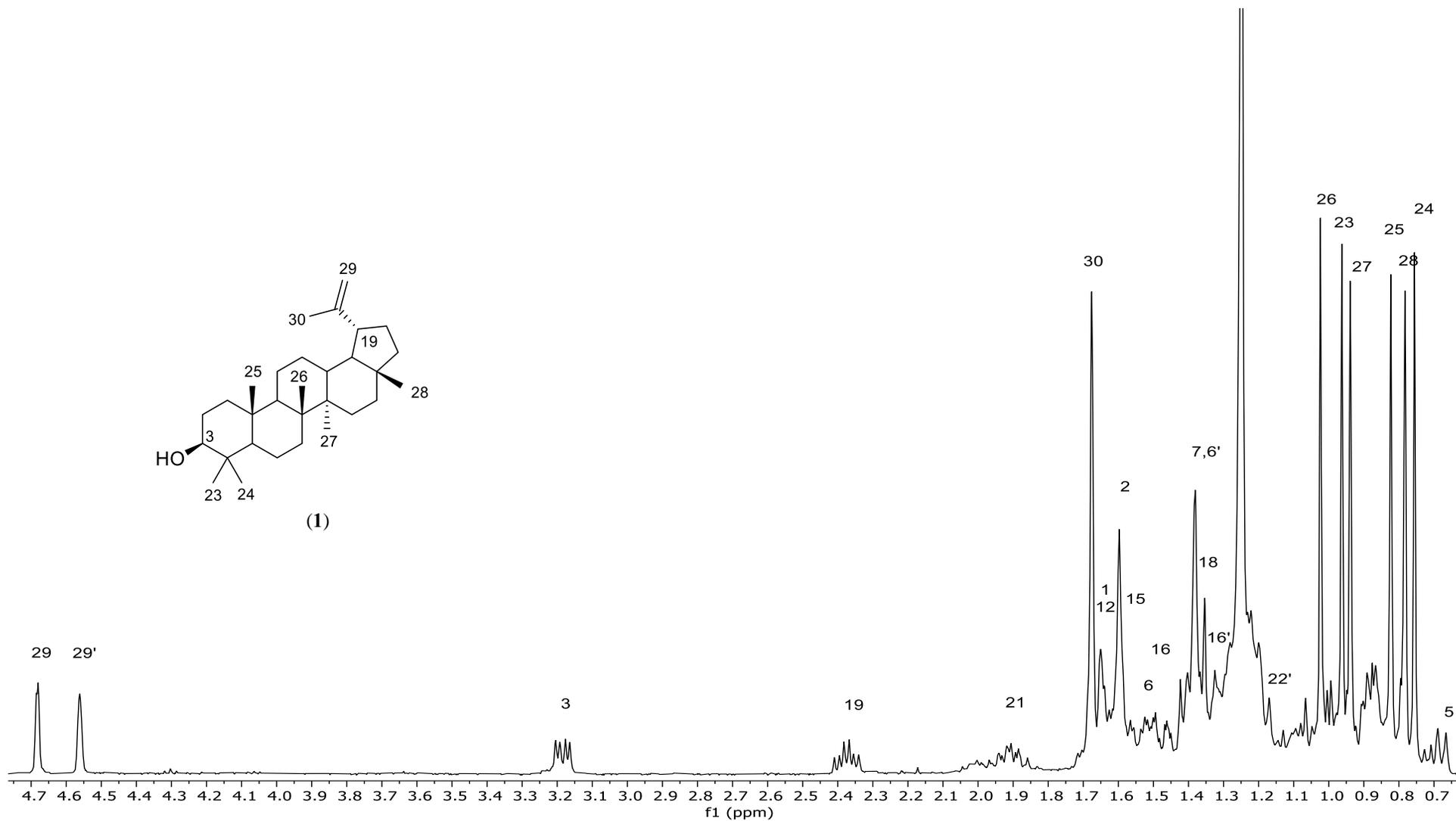


Figura 11. Espectro de RMN <sup>1</sup>H a 400 MHz en CDCl<sub>3</sub> del Lupeol (1) aislado de *M. mexicana*

## Triterpenos aislados de *Malphigia mexicana*

Continuando con la purificación del extracto hexánico de las fracciones 56-58 con una polaridad de hexanos:AcOEt 4:1 se obtuvo una fracción enriquecida de compuestos del tipo triterpenoide, donde el análisis por RMN de  $^1\text{H}$  (**Figura 12**) destaca en  $\delta$  5.35 una señal doble ( $J=5.2$  Hz) asignada a los protones vinílicos H-6 y H-6'; se aprecia en  $\delta$  5.14 y  $\delta$  5.01 dos señales dobles de dobles ( $J= 15.1, 8.5$  Hz) correspondiente a los protones vinílicos H-22'y H-23', respectivamente; una señal múltiple se observa en  $\delta$  3.53 correspondientes a los H-3 y H-3' base de hidroxilo; además, se observan señales simples en  $\delta$  1.01 del CH<sub>3</sub>-19 y  $\delta$  0.68 del CH<sub>3</sub>-18 (Tabla 2). El resto de las señales se encuentra  $\delta$  1.03- $\delta$  0.68 correspondiente al resto de los grupos metilos del esqueleto, este perfil de señales permite establecer que se trata de una mezcla de esteroides, correspondiendo al  $\beta$ -sitosterol (**2**) y estigmasterol (**3**) de acuerdo a comparación con datos reportados por Chatuvedula y Prakash 2012; Erwin *et al.*, 2020.

**Tabla 2.** Comparación de los principales desplazamientos  $\delta$  en ppm RMN de  $^1\text{H}$  de **2** y **3**.

Posición	2 Exp	2 Lit	3 Exp	3 Lit
3	3.53	3.53	3.53	3.52
4	2.25,2.32	2.21, 2.28	2.25,2.32	2.24,2.38
5	5.35	5.36	5.35	5.36
7	1.99	1.99	1.99	1.99
18	0.68	0.68	0.70	0.71
19	1.01	1.01	1.01	1.03
21	0.92	0.93	0.92	1.02
22	1.33	34.07	5.01	4.98
23	1.16	26.20	5.14	5.14
26	0.83	0.83	0.83	0.82
27	0.81	0.81	0.81	0.80
29	0.84	0.84	0.84	0.83

## Triterpenos aislados de *Malphigia mexicana*

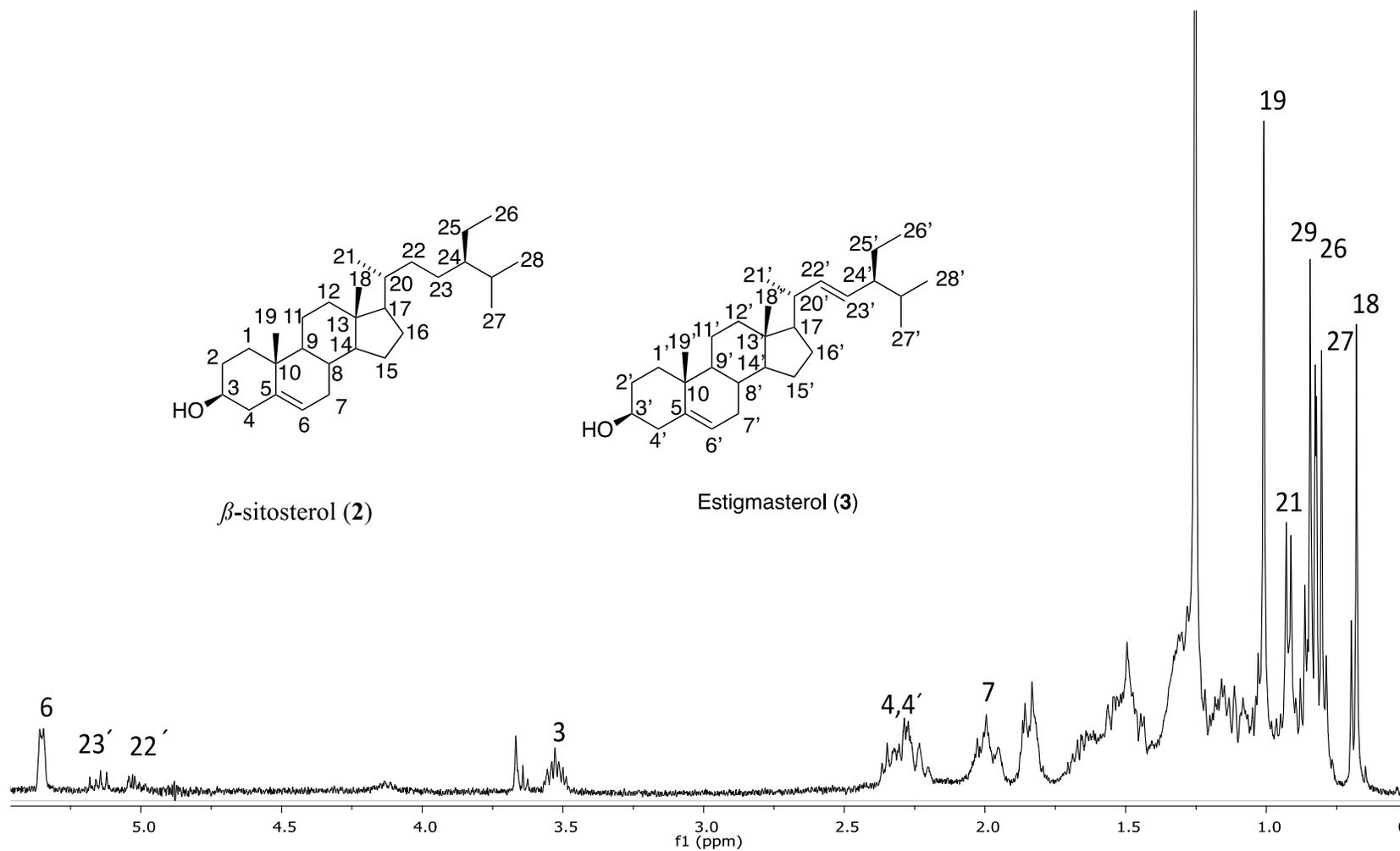
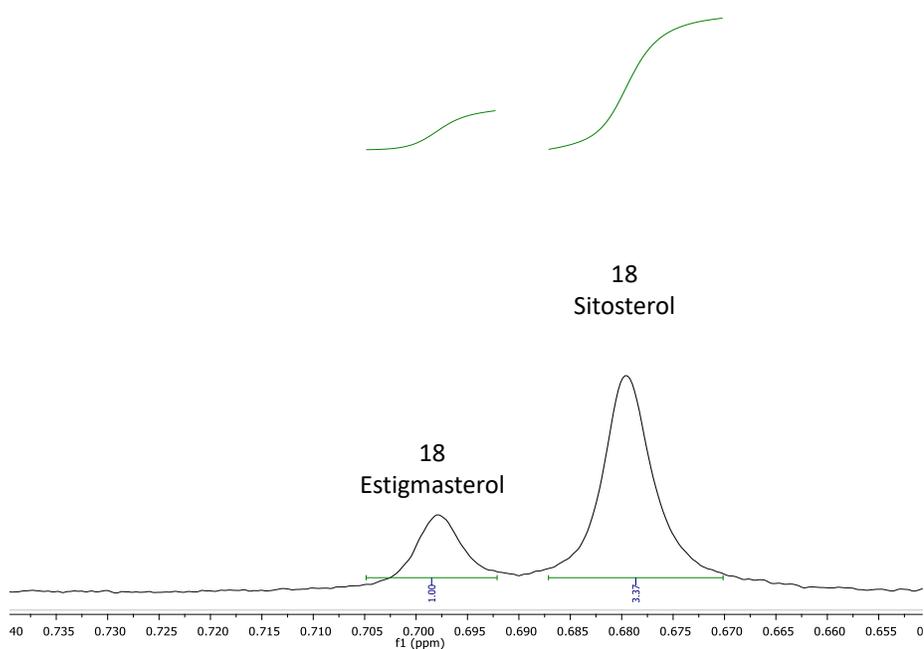


Figura 12.-Espectro de RMN  $^1\text{H}$  a 400 MHz en  $\text{CDCl}_3$  del  $\beta$ -sitoesterol (2) y estigmasterol (3) de *M. mexicana*

## Triterpenos aislados de *Malpighia mexicana*

De acuerdo con la literatura, el  $\beta$ -sitosterol y estigmasterol están comunmente presentes en mezcla en diferente proporción, lo que resulta muy difícil de purificar. La diferencia estructural entre ambos compuestos es la presencia de un doble enlace en los carbonos C22=C23 para el estigmasterol y un enlace simple en C22-C23 para el  $\beta$ -sitosterol.

La mezcla presente en esta fracción indica que se encuentran en una proporción 77% sitosterol y 23 % de estigmasterol, de acuerdo con el análisis de las integrales de los metilos 18, los cuales pueden ser diferenciados (**Figura 13**). La razón de seleccionar esta zona para conocer la proporción de la mezcla, es que se observan las señales de los metilos claramente identificados y aislados, aunque algunos autores analizan la proporción de la mezcla en la región de los protones vinílicos.

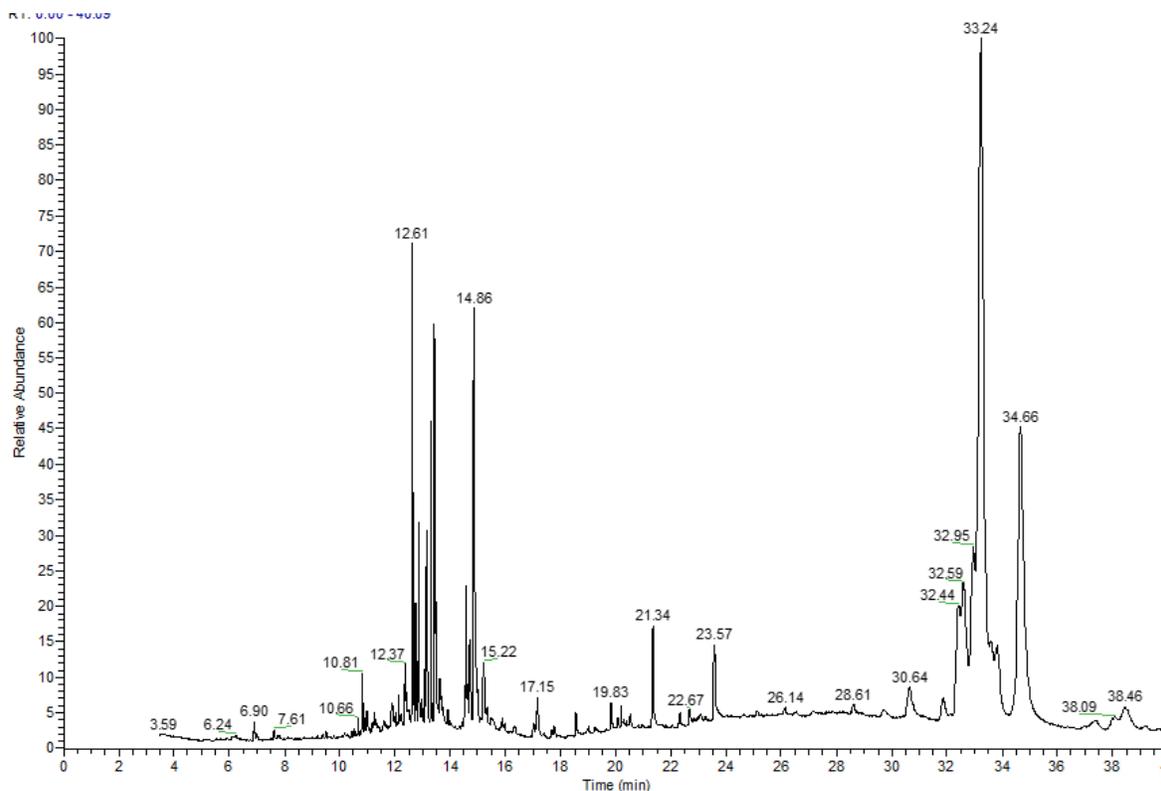


**Figura 13.** Expansión del espectro de RMN de <sup>1</sup>H

Adicionalmente, se llevó a cabo el análisis por cromatografía de gases del extracto hexánico crudo de *Malpighia mexicana* con la finalidad de analizar e identificar los compuestos observados mediante RMN. En el cromatograma total (**Figura 14**) se puso énfasis en los tiempos 30.0-40.00 min por la coincidencia con los tiempos de retención de esteroides y otros

## Triterpenos aislados de *Malpighia mexicana*

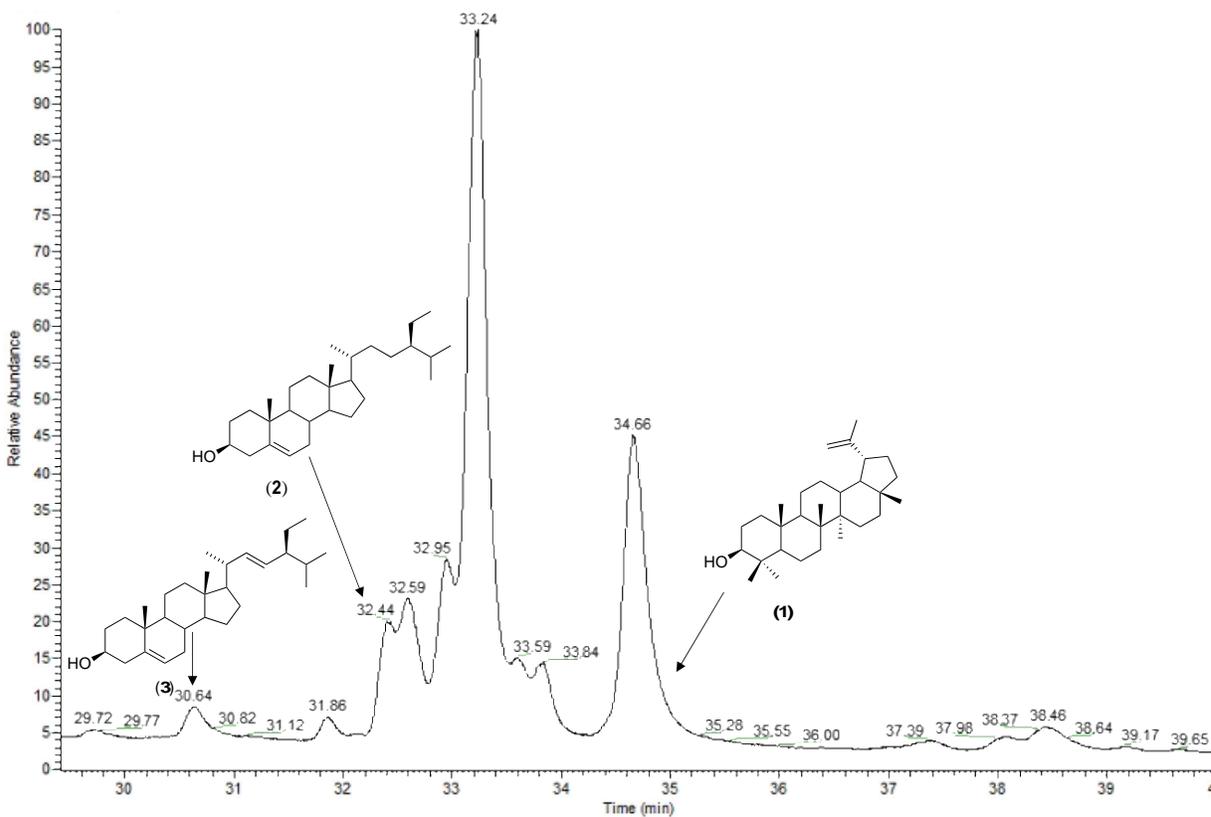
compuestos triterpénicos de acuerdo a lo reportado por Calixto et al 2017 Mohammed et al 2021.



**Figura 14.-** Cromatograma de gases de *Malpighia mexicana*

En la expansión para los tiempos de retención (Rt) entre 30.0-40.00 min, se identificaron al estigmasterol (**3**) (30.6),  $\beta$ -sitosterol (**2**) (32.4) y lupeol (**1**) (34.7), comparado con la base de datos NIST 2.0, 2011, los resultados de los compuestos aislados en el extracto hexánico corresponden a los tres triterpenos anteriormente mencionados, completando con ello, evidencia experimental de la presencia de estos compuestos en la planta. (**Figura 15**). El análisis realizado por CG-EM y RMN son importantes para la identificación de compuestos orgánicos, lo cual facilita al estudio químico de cualquier especie vegetal.

## Triterpenos aislados de *Malpighia mexicana*



**Figura 14.-** Cromatograma de gases del extracto hexánico de *Malpighia mexicana*

La detección de estos compuestos de gran utilidad farmacológica como el lupeol que han sido reportado en numerosos géneros de plantas medicinales (Sharma *et al.*, 2020). Estudios biotecnológicos recientes han demostrado que no solo suprime el crecimiento tumoral, sino que también impide la invasión de células, al revertir la transición epitelial (Centro Nacional de Biotecnología 2022), por otro lado el  $\beta$ -sitosterol ofrece actividades anticancerígena, antidiabética, antioxidante, antiinflamatorio, antibacterial, antiartrítica, antipirético entre otras .

A pesar de su inestimable importancia se sabe que varias familias de plantas no han sido exploradas a profundidad hasta la fecha no han sido exploradas para aportar datos químicos y farmacológicos que ayuden a la prevención y mantenimiento de diversas patologías que aquejan a la salud humana.

## Triterpenos aislados de *Malpighia mexicana*

### 8. CONCLUSIÓN

Las investigaciones para conocer la composición química del género *Malpighia* son vigentes en todo el mundo, debido a la aceptación de frutos de la especie de mayor consumo del género, *Malpighia emarginata* (Raghu *et al.*, 2023). Sin embargo, para las especies presentes en México los estudios todavía son limitados y más aún para los tejidos aéreos. Por lo que el aislamiento e identificación de lupeol (**1**),  $\beta$ -sitosterol (**2**) y estigmasterol (**3**) por primera vez en tejido aéreo de *M. mexicana* representa un importante aporte al conocimiento químico, ya que en general los estudios del género se enfocan a los frutos, poco valorados permitiendo revalorizar la especie a partir del conocimiento químico, para generar propuestas de aprovechamiento sustentable en aspectos alimenticios, agronómicos, farmacéuticos o cosméticos dentro de un contexto que tiende a priorizar los monocultivos sobre las especies endémicas.

## Triterpenos aislados de *Malpighia mexicana*

### 9. BIBLIOGRAFÍA

- Abbas, H. A., Tadros, S. H., El-Toumy, S. A., Salama, A. M. y El Gedaily, R. A. (2022). A review on traditional uses, phytochemistry and pharmacological potential of family Malpighiaceae. *Egyptian Journal of Chemistry*. 65(11):235-274.
- Anderson, W. R. (2013). Origins of Mexican Malpighiaceae. *Acta Botanica Mexicana* 104: 107-156.
- Belwal, T., Devkota, H. P., Hassan, H. A., Ahluwalia, S., Ramadan, M. F., Mocan, A., Atanasov, A. G. (2018) Phytopharmacology of Acerola (*Malpighia* spp.) and its potential as functional food *Trends in Food Science & Technology* 74:99-106.
- Barros, B.R.S., Barboza, B.R., Ramos, B.A., Moura, M. C.D., Coelho, L. C. B. B., Napoleão, T.H., Correia, M. T. S, Paiva, P.M.G., Da Cruz Filho, I.J., Da Silva, T.D., Lim, C.S.A., Melo, C.M.L.D. (2019). Saline extract from *Malpighia emarginata* DC leaves showed higher polyphenol presence, antioxidant and antifungal activity and promoted cell proliferation in mice splenocytes. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 91(1), e20180358:1-15.
- Bataglion, G. A., da Silva, F. M. A., Eberlin, M. N., & Koolen, H. H. F. (2015). Determination of the phenolic composition from Brazilian tropical fruits by UHPLC – MS / MS. *Food Chemistry*, 180: 280-287.
- Cano Flores A. E. (2013) Biotransformación de triterpenos con diferentes microorganismos, *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas* 44(2):7-16.
- Castañeda-Vildózola, A., O. Franco-Mora, J. C. R. Alemán, C. Ruiz-Montiel, J. Valdez-Carrasco y A. Equihua-Martínez. (2014). New distribution records of the small avocado seed weevil, *Conotrachelus perseae* Barber (Coleóptera: Curculionidae), in México and notes on its biology. *The Coleopterists Bulletin* 69(2): 267-271.
- Centro Nacional de Información Biotecnológica (2022). Registro de anotación de PubChem para LUPEOL, Fuente: Banco de datos de sustancias peligrosas (HSDB). Recuperado el 16 de abril de 2022 de <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/source/hsdb/7687>.
- Chaturvedula, V.S.P, Prakash, I. (2012). Isolation of stigmasterol and  $\beta$ -sitosterol from the dichloromethane extract of *Rubus suavissimus*. *International Current Pharmaceutical Journal* 1(9): 239-242.

## Triterpenos aislados de *Malpighia mexicana*

- Dias F.M., Leffa D.D., Daumann F., Marques S. de O., Luciano T.F., Possato J.C., de Santana A.A., Neves R.X., Rosa J.C., Oyama L.M., Rodrigues B., de Andrade V.M., de Souza C.T., de Lira F.S. (2014). Acerola (*Malpighia emarginata* DC.) juice intake protects against alterations to proteins involved in inflammatory and lipolysis pathways in the adipose tissue of obese mice fed a cafeteria diet. *Lipids in Health and Disease*, 13(1):24.
- Erwin, E., Pusparohmana, W.R., Safitry, R.D., Marliana, E., Usman, U., Kusuma, I.W. (2020). Isolation and characterization of stigmasterol and  $\beta$ -sitosterol from wood bark extract of *Baccaurea macrocarpa* Miq. Mull. Arg. *Rasayan Journal of Chemistry*, 13(4): 2552-2558.
- El-Hawary, Ola Mohamed Mousa, Rana Ahmed El-Fitiary, Rania A. El Gedaily. (2020). Cytotoxic, antimicrobial activities, and phytochemical investigation of three peach cultivars and acerola leaves. *Journal of Reports in Pharmaceutical Sciences*.8(2): 221-236.
- Freitas, Luiza B.O., Boaventura, M. A. D., Santos, W. L., Stehmann, J. R., Junior, D. D., Lopes, M. T.P., Magalhães, T. F.F., Da Silva, D. L., De Resende, M. A. (2015). Allelopathic, cytotoxic and antifungic activities of new dihydrophenanthrenes and other constituents of leaves and roots extracts of *Banisteriopsis anisandra* (Malpighiaceae). *Phytochemistry Letters*,12: 9-16.
- Gallo, M.B.C., Sarachine, M.J. (2009). Biological activities of lupeol. *International Journal of Biomedical Pharmaceutical Sciences*.3: 46-66.
- Gómez-Hurtado, Mario A., Ramírez-Briones, E., Arreaga-González, H.M., Rodríguez-García, G., Cerda-García-Rojas, C.M., Joseph-Nathan, P., del Río, R.E. (2022). Chiral NMR analysis reveals the environmental dependence of areolal scalemization in *Piptothrix areolare*. *Chirality*, 34(6): 864-876.
- Guízar, E. y A. Sánchez V. (1997). Guía para el conocimiento de los principales árboles del alto balsas, México. Universidad Autónoma de Chapingo. Pp. 109-146.

## Triterpenos aislados de *Malpighia mexicana*

- Hanamura T, Hagiwara T, Kawagishi H. (2005). Structural and functional characterization of polyphenols isolated from acerola (*Malpighia emarginata* DC.) fruit. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* 9(2):280–286.
- Hernández-López, A., Roldán-Sabino, C., Parra-Reyes, A., Ávila-Alejandre, A. X. (2022). Revisión del estudio etnobotánico, fitoquímico y farmacológico de *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth (Malpighiaceae). *Acta Agrícola y Pecuaria* 8: e0081010.
- Heywood (1985) Diversidad Vegetal Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensur (UNNE) EUDICOTILEDONEAS ESCENCIALES-Clado Rosides-Eurosides Malpighiaceae
- Jain, P.S. y Bari, S.B. (2010). Isolation of lupeol, stigmasterol and campesterol from petroleum ether extract of woody stem of *Wrightia tinctoria*. *Asian Journal of Plant Sciences*, 9(3): 163-167.
- Juárez, Delgado J. C. (1998). La familia Malpighiaceae en el estado de Morelos. Tesis Biólogo Universidad Autónoma del Estado de Morelos 110 pp.
- Lozoya, X y Lozoya, M. (1982). Flora medicinal de México. Primera parte plantas indígenas, México, Instituto Mexicano del Seguro Social.
- Liu, J.-Q., Peng, X.-R., Li, X.-Y., Li, T.-Z., Zhang, W.-M., Shi, L., Han, J., Qiu, M.-H. (2013). Norfriedelins A–C with Acetylcholinesterase Inhibitory Activity from Acerola Tree (*Malpighia emarginata*). *Organic Letters*, 15(7): 1580-1583.
- Martínez Crovetto. (1981). Plantas utilizadas en medicina en el Noroeste de Corrientes Argentina. Ministerio de Cultura y Educación, Fundación Miguel Lillo, 139 páginas.
- Maldonado-Peralta, M. A., G. García de los Santos, J. R. García Nava, T. Corona Torres, V. M. Cetina Alcalá y C. Ramírez Herrera. (2016). Calidad morfológica de frutos y endocarpios del nanche rojo (*Malpighia mexicana*), Malpighiaceae. *Acta Botanica Mexicana*, 117: 37-46
- Martínez, M. (1994). Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. Fondo de Cultura Económica. México. 276-278 pp.
- Moreau, R. A., Nyström, L., Whitaker, B. D., Winkler-Moser, J. K., Baer, D. J., Gebauer, S. K., & Hicks, K. B. (2018). Phytosterols and their derivatives: Structural diversity, distribution, metabolism, analysis, and health-promoting uses. *Progress in Lipid Research*, 70: 35-61.

## Triterpenos aislados de *Malpighia mexicana*

- Morton, J. F. (1987). Barbados Cherry In: Fruits of warm climates. Creative Resource Systems. Miami, Florida, USA. Pp. 204-207.
- Nunes, R., Kahl, V. F. S., da Silva Sarmiento, M., Richter, M. F., Costa-Lotufo, L. V., Rodrigues, F.A., Abin-Carriquiry, J.A., Martinez, M., Ferronato, S., Ferraz, A de B., da Silva, J. (2011). Antigenotoxicity and antioxidant activity of acerola fruit (*Malpighia glabra* L.) at two stages of ripeness. *Plant Foods for Human Nutrition* 66, 129-135.
- Nunes, R., Kahl, S., Francília, V., Da Silva Sarmiento, M., Richter, M. F., Abin-Carriquiry, J. A., Martínez, M., Ferraz, A. Da Silva, J. (2013). Genotoxic and antigenotoxic activity of acerola (*Malpighia glabra* L.) extract in relation to the geographic origin. *Phytotherapy Research*, 27 (10):1495-1501.
- Oldfield, S. y M. Jenkins (2012). Wild flora for improved rural livelihoods. Case studies from Brazil, China, India and Mexico. UK: Botanic Garden Conservation International, Richmond.
- Raghu, S.V., Rao, S., Kini, V., Kudva, A.K., George, T., Baliga, M.S. (2023). Fruits and their phytochemicals in mitigating the ill effects of ionizing radiation: review on the existing scientific evidence and way forward, *Food & Function*,14: 1290-1319.
- Rodríguez-Acosta, M., J. L. Villaseñor, A. J. Coombes y A. B. Cerón-Carpio. (2014). Flora del Estado de Puebla, México. 1a edición. México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Schifter, A. L. (2010). La farmacopea mexicana. Guardiania de un patrimonio nacional viviente. Casa del tiempo, 29: 63-67.
- Saleem M. (2009). Lupeol, a novel anti-inflammatory and anti-cancer dietary triterpene. *Cancer Letters* 285(2):109-115.
- Shahlaei, M., Ghanadian, S.M., Ayatollahi, A.M., Mesaik, M.A., Abdalla, O.M., Afsharypour, S., Rabbani, M. (2013). Molecular modeling, structure activity relationship and immunomodulatory properties of some lupeol derivatives. *Medicinal Chemistry Research*. 22: 1795-1803.

## **Triterpenos aislados de *Malphigia mexicana***

- Sharma, N., Priyankul P., Amit, C., Shalini, V.K. Inder, K. (2020). A Review on pharmacological activities of lupeol and its triterpene derivatives. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*. 10(5): 325-332.
- Silva, A. T. M. e, Magalhães, C. G., Duarte, L. P., Mussel, W. da N., Ruiz, A. L. T. G., Shiozawa, L., de Carvalho, J.E., Trindade, I.C., Vieira Filho, S. A. (2018). Lupeol and its esters: NMR, powder XRD data and in vitro evaluation of cancer cell growth. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 53(3):1-10.
- Springob, K. y Kutchan, T.M. Introduction to the different classes of natural products. In: Osbourn, A., Lanzotti, V. (eds) *Plant-derived Natural Products* (2009). Chap. 1, pp 3-50 Springer, New York, NY.
- Villaseñor, J. L. (2016). checklist of the native vascular plants of México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87:559-902.