



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

**CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE
ALGUNAS PLANTAS UTILIZADAS PARA EL
TRATAMIENTO DE PADECIMIENTOS CUTÁNEOS
LOCALIZADAS EN TONATICO, ESTADO DE
MÉXICO**

TESIS

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE
BIÓLOGA**

PRESENTA

ANDREA AKETZALLI ESCAMILLA RUIZ

**DIRECTORA DE TESIS
DRA. ANA MARÍA GARCÍA BORES**

**LOS REYES IZTACALA, TLALNEPANTLA DE BAZ, ESTADO DE
MÉXICO
Enero, 2019**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Investigación realizada en el laboratorio de Fitoquímica de la Unidad de Biotecnología y
Prototipos (UBIPRO) de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala.
Universidad Nacional Autónoma de México.

Con el financiamiento del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e
Innovación Tecnológica (PAPIIT) IN215017, DGAPA, UNAM.

La presente tesis CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE ALGUNAS PLANTAS UTILIZADAS PARA EL TRATAMIENTO DE PADECIMIENTOS CUTÁNEOS LOCALIZADAS EN TONATICO, ESTADO DE MÉXICO fue realizada por la alumna **Andrea Aketzalli Escamilla Ruiz** con los siguientes revisores, para obtener el grado de:

Bióloga

Revisores

Presidente	Dr. José Guillermo Avila Acevedo
Vocal	M. en C. Ma. Edith López Villafranco
Secretario	Dra. Ana María García Bores
Suplente	Dra. Adriana Montserrat Espinosa González
Suplente	Dra. Rocío Serrano Parrales

AGRADECIMIENTOS

Primero que nada, a mis mamás, mis dos Anas. Mi “madre mía”, Ana Olivia esa personita que me ha enseñado lo que es el amor de verdad, que desde el primer instante en el que llegue a este mundo se a dedicado a guiarme lo mejor que ha podido. Y usted Doctora Anita, mi madre académica, la segunda Ana en esta vida que ha cuidado de mí por años, quizá usted ya no lo recuerde, pero a mi nunca se me va a olvidar el día que la conocí, porque aquel momento trajo cosas muy bellas a mi vida acompañadas de maravillosas personas como es usted, muchas gracias por su tiempo y paciencia con esta muchacha que a veces le entrega algo tarde... A ambas las respeto y las admiro como no tienen una idea, muchas gracias por estar ahí para mí cada vez que lo necesite.

Después y no menos importante... A mis abuelos que sin darse cuenta en su jardín me daban clases de embriología, plantas medicinales y botánica, además de enseñarme lo que es una familia. A mi abuelita que me ha demostrado una y mil veces que lo que hace más rica la comida es la sazón de la abuelita. A mi abuelo por ser mucho más que mi abuelo, por ser mi padre cuando lo necesite y demostrarme que siempre se puede confiar en los hombres. Por supuesto, también a mi hermana, cuya frase de “tu tienes que saberlo todo” me ha hecho investigar hasta que piensan los peces. Muchas gracias, a esas grandes matriarcas que sostienen o sostuvieron a mi familia; Socorro, Orfilda, Juliana, Guadalupe, todas esas mujeres que han dejado su semilla a lo largo del camino. A las pequeñas escamas y las raíces, que de allí vengo yo.

Agradezco a todas esas voces amigas que a lo largo de este camino me han brindado palabras de aliento, un abrazo cuando lo necesitaba o incluso solo el estar allí. Pero de entre estas hay algunas que resaltar. Mi mas antigua amiga Andrea, que espero leas esto, 18 años de amistad y contando ¡mi adorada Andy! de aquí a que seamos pasitas jeje. Zita, Keyla, Edith y Lili. Y en CCH otra Andrea que también se ha quedado igual compañera de UNAM, Andrea Beato, que me ha enseñado lo que un nombre puede unir en un primer día de clases. Fany, Jesús (Churro), Andrés, Rocio, Gabby, Olga, Anadela.

Kari, vaya apoyo que has sido a lo largo de toda la carrera, sabes que te adoro querida y que cuentas conmigo en las buenas y en las malas. Aldo, ah mi cría, que gusto ha sido conocerte, en ti he encontrado un excelente amigo y espero podamos seguir así hasta llegar a Australia e incluso ¡después! Pato, sí mujer, tú vas aquí, por que eres y has sido importante para mi durante toda la carrera. Urbano, vaya experiencia interesante ha sido contar con tu amistad, de pocas personas he sentido un cariño tan sincero como el tuyo, por lo que me alegro de que hayas

entrado en mi vida querida y espero que te quedes un buen rato más. Karina, Urbano, Pato, Sarita, Ustedes son mis mujeres a las que tanto adoro y cuya compañía ha hecho muy divertida la carrera.

Muchas gracias a todos los del laboratorio de Fitoquímica, como tu Nallely, que más que una compañera, más que una amiga te has vuelto mi hermana académica, unidas por algo más fuerte que la sangre, ¡¡la carrera!! Jeje, en verdad no sabes cuanto te quiero mujer y se que lo que se ha unido por los extractos no se separará. El laboratorio para mi ha sido un bello lugar al que siempre podré ir con personas muy muy queridas para mí, como tu Arianne, como voy a extrañar esas bellas pláticas de regreso a casa. O como usted doctora Mon ¡Ah que bellos fueron los jueves de blasfemación! Mafer, Kevin, Alma, Rebeca, Dulce, Say, Erick, Morgan, Nashelly. Por el tiempo que haya sido, han sido importantes en este proceso tan largo, muchas gracias por su compañía.

La agradezco también a todos aquellos que a su manera formaron parte de este largo proyecto, que no solo son 5 años de carrera, si no los largos, largos años de mi formación académica. Primero, aquellos que invirtiendo horas de su vida leyeron esto y corrigieron tanto como les fue posible: Doc. Memo, Mtra. Edith, Dra. Chio, muchas gracias. Algunos otros profesores que han marcado mi camino han sido Demetria Camaño Fuerte, Arnulfo Barrón Torres, María del Carmen Corona Corona, Pedro Julian, Alberto Arriaga, Patricia, Armando, Tonya, Eliud Montoya, tantos nombres y caras que me han ayudado a llegar a donde estoy.

A todos ustedes, muchas gracias por su ayuda.

	Página
Índice general	
Índice de tablas	VII
Índice de figuras	VIII
Índice de gráficas	VIII
Resumen	IX
Introducción	1
Antecedentes	3
Justificación	10
Pregunta científica	10
Hipótesis	10
Objetivos	10
Objetivo general	10
Objetivos particulares	10
Área de estudio	11
Materiales y método	14
Recolecta	14
Extracción	14
Estudio fitoquímico	14
Perfiles cromatográficos por HPLC de los extractos metanólicos	15
Pruebas antibacterianas	15
Resultados y discusión	16
Recolecta	16
Rendimiento de las extracciones	18
Estudio fitoquímico	20
Perfiles cromatográficos por HPLC de los extractos metanólicos	25
Pruebas antibacterianas	33
Conclusiones	40
Referencias	41
Anexo	50

Índice de tablas

1. Información bibliográfica de <i>Oenothera roseae</i> , Hierba del golpe.	4
2. Información bibliográfica de <i>Datura inoxia</i> , Toloache.	5
3. Información bibliográfica de <i>Parthenium hysterophorus</i> , Hierba de la pulga.	6
4. Información bibliográfica de <i>E. hirta</i> , Hierba de la golondrina.	8
5. Información bibliográfica de <i>Solanum nigrum</i> , Hierba mora.	9
6. Rendimiento de <i>P. hysterophorus</i> , <i>Euphorbia</i> sp., <i>E. hirta</i> , <i>E. nutans</i> y <i>S. americanum</i> .	18
7. Resultados de las reacciones coloridas para detectar los diferentes tipos de metabolitos secundarios de <i>P. hysterophorus</i> .	20
8. Resultados de las reacciones coloridas para detectar los diferentes tipos de metabolitos secundarios de <i>E. hirta</i> .	21
9. Resultados de las reacciones coloridas para detectar los diferentes tipos de metabolitos secundarios de <i>Euphorbia</i> sp.	23
10. Resultados de las reacciones coloridas para detectar los diferentes tipos de metabolitos secundarios de <i>E. nutans</i> .	23
11. Resultados de las reacciones coloridas para detectar los diferentes tipos de metabolitos secundarios de <i>S. americanum</i> .	25
12. Tiempo de retención y picos máximos de absorción en UV de los compuestos en los cromatogramas de <i>P. hysterophorus</i> .	26
13. Tiempo de retención y picos máximos de absorción en UV de los compuestos en los cromatogramas de <i>E. hirta</i> .	28
14. Tiempo de retención y picos máximos de absorción en UV de los compuestos en los cromatogramas de <i>Euphorbia</i> sp.	29
15. Tiempo de retención y picos máximos de absorción en UV de los compuestos en los cromatogramas de <i>E. nutans</i>	31
16. Tiempo de retención y picos máximos de absorción en UV de los compuestos en los cromatogramas de <i>S. americanum</i> .	32
17. Actividad antimicrobiana de <i>P. hysterophorus</i> .	34
18. Actividad antimicrobiana de <i>E. hirta</i> .	36
19. Actividad antimicrobiana de <i>Euphorbia</i> sp. y <i>E. nutans</i> .	37
20. Actividad antimicrobiana de <i>S. americanum</i> .	38

	Página
Índice de figuras	
1. Localización geográfica de Tonatico, Estado de México.	12
2. Datos geográficos de las cartas de climas, precipitación anual total y temperatura media anual de Tonatico, Estado de México.	13
3. Ejemplares de herbario de las cinco especies colectadas	18
4. Cromatograma del extracto metanólico de <i>P. hysterothorus</i> en HPLC detectados a 365.4 nm.	27
5. Cromatogramas obtenidos en HPLC del extracto hexánico de <i>E. hirta</i> detectados a 365.4 nm.	29
6. Cromatograma del extracto metanólico de <i>Euphorbia</i> sp. en HPLC detectados a 365.4 nm.	30
7. Cromatograma del extracto metanólico de <i>E. nutans</i> en HPLC detectados a 365.4 nm.	31
8. Cromatograma del extracto metanólico de <i>S. americanum</i> en HPLC detectados a 365.4 nm.	33

	Página
Índice de gráficas	
1. Actividad antibacteriana de los extractos acetónico y metanólico de <i>P. hysterothorus</i> en contra de <i>S. aureus</i> .	34
2. Actividad antibacteriana del extracto acetónico de <i>P. hysterothorus</i> .	35
3. Comparativo de la actividad antibacteriana de los extractos hexánicos de las cinco especies frente a <i>S. aureus</i>	40

Resumen

La piel es un órgano que protege al cuerpo de diversos factores físicos, químicos y biológicos y que si se daña se pueden producir heridas, úlceras infecciones, etc. Para atender los padecimientos cutáneos se puede emplear la fitoterapia, sus efectos se deben a los metabolitos secundarios activos que producen las plantas. El objetivo del trabajo es caracterizar químicamente cinco plantas empleadas para el tratamiento de padecimientos cutáneos localizadas en Tonatico y determinar si los extractos son activos contra dos cepas bacterianas que provocan infecciones cutáneas.

Las partes aéreas de las plantas *Solanum americanum*, *Parthenium hysterophorus*, *Euphorbia* sp., *E. hirta* y *E. nutans* se recolectaron en la comunidad Los Amates en Tonatico, Estado de México. Posteriormente, fueron secadas y trituradas para después ser maceradas sucesivamente con solventes de polaridad creciente. Para la caracterización química de los extractos, se les realizaron reacciones cualitativas coloridas y se analizaron en el Cromatografo de Líquidos de Alta Resolución (HPLC por sus siglas en inglés). La caracterización biológica se llevo a cabo evaluando la actividad antibacteriana de forma cualitativa sobre dos cepas *Staphylococcus aureus* y *S. epidermidis*.

De acuerdo con las reacciones coloridas cualitativas *P. hysterophorus* contiene glicósidos, saponinas y fenoles; *Euphorbia* sp. fenoles, glicósidos, alcaloides y saponinas; *E. hirta* glicósidos, fenoles y alcaloides; *E. nutans* glicósidos, fenoles y saponinas, por su parte *S. americanum* tiene glicósidos, fenoles y saponinas. El análisis mediante HPLC de los extractos metanólicos evidenció la presencia de diferentes compuestos fenólicos. En las pruebas antimicrobianas de los extractos hexánicos de las cinco especies fueron activos frente a *S. aureus*. Para los extractos acetónicos solo *P. hysterophorus* presentó actividad sobre ambas cepas.

En este trabajo se concluye que las 5 especies investigadas pueden ser diferenciadas entre sí con respecto a su actividad antimicrobiana sobre *S. aureus* y *S. epidermidis*. Además de presentar diferentes metabolitos secundarios.

Introducción

La piel es el órgano más grande del cuerpo humano, mide aproximadamente dos metros. Su función es proteger al organismo de factores ambientales físicos, químicos y biológicos, como los agentes patógenos, que influyen en la salud (Grice *et al.*, 2009), producidos por diferentes organismos, entre las cuales se encuentran hongos, bacterias, helmintos, protozoarios (Kollipara *et al.*, 2016); aunque también los traumatismos mecánicos pueden generar daños como llagas, golpes, quemaduras, entre otros (Iglesias *et al.*, 2002; Efferth y Greten, 2012; Nciki *et al.*, 2016).

En la actualidad existen múltiples medicamentos para tratar las afecciones de la piel como: el cloranfenicol, la tetraciclina, la ampicilina y la penicilina, entre muchos otros, que son utilizados para atender infecciones bacterianas, provocadas por microorganismos como *Staphylococcus aureus* (Ryan y Ryan, 2011). Sin embargo, en muchas localidades los medicamentos no son accesibles, por lo que los pobladores siguen usando las plantas medicinales como recurso terapéutico, tal es el caso de muchas comunidades de México (Giovannini *et al.*, 2011), India (Sharma *et al.*, 2014) y Sudáfrica (Nciki *et al.*, 2016).

En el territorio mexicano existen numerosos reportes sobre el uso de plantas medicinales. Heinrich *et al.* (1998) realizaron una investigación sobre algunas de las plantas de uso tradicional en México, ellos consideraron las funciones, y la importancia cultural de las especies vegetales con propiedades medicinales en cuatro grupos indígenas (Mayas, Nahuas, Mixes y Zapotecas). Encontraron que entre los usos más importantes de las plantas medicinales se encuentran: el tratamiento de padecimientos gastrointestinales, dermatológicos y respiratorios. Sharma *et al.* (2016) realizaron una recopilación bibliográfica de artículos científicos y libros donde se reportan las sustancias activas de las plantas medicinales. Ellos mencionan 225 compuestos químicos presentes en las 343 especies registradas a lo largo de toda la República Mexicana.

En muchas comunidades mexicanas se recurre primero a las plantas medicinales para el tratamiento de diversos padecimientos (Giovannini *et al.*, 2011). Un ejemplo es el municipio de San Martín de las Pirámides, Estado de México. En este sitio Ávila-Uribe *et al.* (2015), realizaron un estudio etnobotánico, sus resultados indican que los pobladores emplean las plantas para tratar padecimientos gastrointestinales, dermatológicos y respiratorios.

De acuerdo con Henrich *et al.* (1998) y Ávila-Uribe *et al.* (2015), las plantas medicinales son muy utilizadas principalmente por grupos humanos a los que no llegan servicios médicos. Esto podría ocurrir en la comunidad de Los Amates en Tonatico, Estado de México, donde los pobladores solo cuentan con un centro de atención abierto de lunes a viernes, razón por la cual los pobladores no acuden regularmente, a pesar de tener algún malestar o herida ligera. En lugar de asistir al centro médico utilizan medios alternativos entre los que se encuentra el uso de plantas medicinales (León, 2019).

Las plantas medicinales sintetizan diversas sustancias conocidas como metabolitos secundarios, los cuales se clasifican de forma general en: alcaloides, terpenos, compuestos fenólicos y acetogeninas. Estos compuestos tienen múltiples funciones para la planta, como la protección contra agentes patógenos, luz ultravioleta y/o atracción de polinizadores. Algunos de éstos son aprovechados por el ser humano ya que pueden ser útiles por sus efectos terapéuticos (Croteau *et al.*, 2000).

Las infecciones cutáneas se encuentran entre los principales padecimientos atendidos con plantas medicinales. Uno de los factores que provocan enfermedades en la piel son especies bacterianas del género *Staphylococcus* (estafilocos). Estas son bacterias en forma de cocos que se distinguen por su arreglo en forma de racimos similares a las uvas. Dentro de este género, *S. aureus* y *S. epidermidis* son dos especies que tienen potencial infeccioso. *S. aureus* es responsable de afecciones como forunculosis crónica, impétigo y una gran variedad de lesiones profundas. También puede causar intoxicaciones alimenticias o el síndrome de choque tóxico. *S. epidermidis* es la principal responsable (en este género) de infecciones de dispositivos médicos, como

catéteres o cualquier otro instrumental (Ryan y Ryan, 2011). Por lo tanto, esta especie es una de las principales responsables de infecciones nosocomiales (Zaragoza *et al.*, 2014).

Como respuesta a la falta de conocimiento sobre las plantas medicinales en México, en la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, en los laboratorios de Fitoquímica, Anatomía Vegetal y el Herbario IZTA se inició un proyecto de investigación sobre la anatomía, la química y la etnobotánica de la flora medicinal de la comunidad de Los Amates, Tonalico, Edo. De México, dentro del cual se encuentra enmarcado el presente trabajo.

Antecedentes

La medicina tradicional en México sigue siendo usada hoy en día (Giovannini *et al.*, 2011), ésta se basa en el uso de plantas para tratar diversos padecimientos, unos de estos tipos son los cutáneos y gástricos. Sin embargo, ya que el territorio mexicano es tan extenso hay muchos municipios cuya flora medicinal aún no ha sido estudiada. Tal es el caso de los Amates, en Tonalico, Estado de México; esta comunidad tiene vegetación de tipo bosque tropical caducifolio, en la que solo se han realizado dos estudios sobre este tópic. El primero realizado por Gómez en 2013 y el segundo por Luna en 2014. Ambos trabajos se enfocaron en obtener los listados florísticos de la localidad, pero no mencionan los usos de las plantas registradas. Sin embargo, actualmente se está llevando a cabo una investigación etnobotánica de la flora medicinal de la localidad. En dicho trabajo se recopilaron datos a través de numerosas entrevistas en la comunidad con personas específicas que dominaban el uso de plantas medicinales (León, 2019).

Algunos ejemplos de plantas medicinales utilizadas en otras regiones de México para tratar padecimientos cutáneos son *Oenothera rosea* (Tabla 1) y *Datura innoxia* (Tabla 2). Ambas especies han sido ampliamente investigadas por sus múltiples propiedades y componentes químicos los cuales se mencionan en las siguientes tablas.

Tabla 1.- Información bibliográfica de *Oenothera roseae*, Hierba del golpe.

Referencia	Modelo biológico	Efecto	Componentes químicos	Parte usada
Heinrich et al., 1998	No utilizado	Problemas indefinidos del estómago	Sin información	Sin información
Juárez, 2004	Ratones Balb/c ♂ Ratas wistar ♂	Analgésico y desinflamatorio	Ác. Gama-linoleico	Planta completa
Márquez, 2009	Ratas wistar ♀	Antiinflamatorio	Alcaloides, taninos, flavonoides y glicósidos	Sin información
Díaz et al., 2011	Sangre humana Ratas albinas ♀	Antiagregante plaquetario <i>in vivo</i> y fibrolítico <i>in vitro</i>	Taninos, saponinas, flavonoides, quinonas y alcaloides	Hojas
Pliego, 2011	No utilizado	Lesiones que se manifiestan en la piel	Sin información	Hojas y tallos
Gómez et al., 2012	<i>Escherichia coli</i> , <i>Salmonella enteritidis</i> y <i>Vibrio cholerae</i>	Antimicrobiano	Sin información	Hojas y tallos
Molina et al., 2012	No utilizado	Infección intestinal e irritación de estómago (cuando se siente ardor)	Sin información	Sin información
Villena y Arroyo, 2012	Ratas albinas	Efecto antiinflamatorio	Sin información	Sin información
Juárez et al., 2013	No utilizado	Heridas, diarrea	Sin información	Corteza
Rojas et al., 2013	Mujeres y hombres	Antioxidante, antiarrugas, suavidad y humectación	Ác. gálico, ác. ascórbico, ác. elágico	Hojas
Chena-Becerra et al., 2014	Levaduras, bacterias gram negativas y gram positivas	Antimicrobiano	Alcaloides y flavonoides	Flor, hojas y tallos

Tabla 2.- Información bibliográfica de *Datura inoxia*, Toloache.

Referencia	Modelo biológico	Efecto	Componentes químicos	Parte usada
Quintana, <i>et al.</i> 2010	<i>Ramularia cercosporelloides</i>	Antifúngico	Sin información	Tallo y hoja
Abu-Taleb <i>et al.</i> , 2011	<i>Drechslera biseptata</i> y <i>Fusarium solani</i>	Antifúngico	Daturadioles	Flor, hojas y tallo
Vermillion <i>et al.</i> , 2011	No utilizado	Anticancerígeno	Withanolides	Hojas
Rodríguez, 2015	Ratas albinas Wistar ♀	Cicatrizante, antiinflamatorio y antioxidante.	Fenoles, flavonoides, alcaloides, saponinas, azúcares etc.	Raíz, tallo, hojas y tallos
Hussain <i>et al.</i> , 2016	<i>E. coli</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>S. aureus</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> y <i>Salmonella typhi</i>	Antibacteriano	Sin información	Raíz, tallo, hojas y flores

Como parte inicial de esta investigación, para conocer las plantas medicinales que se localizan en el municipio de Tonalico, Estado de México, se realizó una búsqueda bibliográfica de las posibles especies que podrían encontrarse en la localidad de los Amates. Debido a que el municipio no contaba en ese momento con información etnobotánica, se consultaron fuentes estatales o nacionales para poder realizar una lista preliminar de las posibles plantas medicinales utilizadas para tratar problemas de la piel que se podrían encontrar en la región. La información etnobotánica consultada fue publicada por el Herbario Medicinal del Instituto Mexicano del Seguro Social (Aguilar *et al.*, 1994), la Farmacopea Herbolaria Mexicana (CPFEUM, 2013) y los dos listados florísticos de la localidad (Luna 2014; Gómez, 2013).

De acuerdo con el estudio etnobotánico realizado por León (2019) las afecciones cutáneas son de los principales padecimientos de la región, algunas de estas lesiones son tratadas con plantas medicinales. Sin embargo, como se mencionó anteriormente,

en la comunidad de los Amates no existen estudios sobre los componentes químicos de las plantas medicinales que se encuentran en esta localidad.

Al momento de la colecta (Noviembre, 2016) se encontraron cinco especies que de acuerdo a los reportes etnobotánicos a nivel nacional potencialmente podrían ser empleadas para tratar padecimientos cutáneos. Debido a lo anterior, en este trabajo se estudiaron las siguientes especies: *Parthenium hysterophorus*, *Euphorbia* sp., *E. hirta*, *E. nutans* y *Solanum americanum*. De éstas, dos no tenían antecedentes (*Euphorbia* sp. y *E. nutans*). *Euphorbia* sp. era un ejemplar juvenil por lo que carecía de las estructuras necesarias para su identificación.

P. hysterophorus cuenta con múltiples estudios fitoquímicos como los de Arana y Quillay (2016), Bezuneh (2015), García y Gutierrez (2007) y Jaramillo *et al.* (2016). Ellos estudian los diferentes compuestos de esa especie en diversas regiones donde se encuentra la planta. Los resultados de sus investigaciones indican que esta especie es rica en múltiples metabolitos secundarios; por su parte García y Gutierrez (2007), ponen en duda la presencia de alcaloides según sus resultados. Respecto a sus propiedades biológicas, Kaur *et al.* (2016), Madan *et al.* (2011) y Bezuneh (2015), indican que esta planta tiene propiedades antibacterianas en frente a diversas especies microbianas (Tabla 3).

Tabla 3.- Información bibliográfica de *Parthenium hysterophorus*, Hierba de la pulga.

Referencia	Modelo biológico	Efecto	Componentes químicos	Parte usada
García y Gutierrez, 2007	Sin información	Ligeramente tóxico	Glucósidos, saponinas	Sin información
Mandan <i>et al.</i>, 2011	<i>S. aureus</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>P. aeruginosa</i>	Antimicrobiano y espermatocida	Sin información	Parte aérea
Bezuneh, 2015	<i>S. aureus</i> , <i>E. coli</i> , <i>P. aeruginosa</i> , <i>B. subtilis</i> , <i>C. albicans</i> , <i>S. cerevisiae</i>	Antimicrobiano	Glucósidos, alcaloides, fenoles, taninos, carbohidratos, terpenos y esteroides	Sin información

Arana y Quillay, 2016	Sin información	Cicatrizante	Saponinas	Sin información
Jaramillo et al., 2016	Sin información	Sin información	Saponinas, Glucósidos, alcaloides, fenoles, taninos	Sin información
Kaur et al., 2016	<i>S. aureus, E. coli, P. aeruginosa, B. subtilis, C. albicans, S. cerevisiae</i>	Antimicrobiano	Sin información	Sin información

En el caso de *E. hirta* se ha estudiado su composición química por diversos autores como: Sudhakar *et al.* (2006), Perumal *et al.* (2012), Gupta y Garg (1966), Martínez *et al.* (1999) y Loh *et al.* (2009). Ellos reportan metabolitos tipo fenólicos, taninos, terpenos, alcaloides, saponinas, glicosidos, esteroides entre otros. Por otra parte, en cuanto a la información antibacteriana Yoshida *et al.* (1988), Ngemenya *et al.* (2006), Abubakar *et al.* (2009), Rajeh *et al.* (2010), Perumal *et al.* (2012) y Salosso y Jasmanindar (2014) han realizado estudios sobre esta especie (Tabla 4).

Tabla 4.- Información bibliográfica de *E. hirta* , Hierba de la golondrina.

Referencia	Modelo biológico	Efecto	Componentes químicos	Parte usada
Gupta y Garg, 1966	Sin información	Sin información	Taraxerol, ácido elágico, β amirina y β sitoesterol	Sin información
Yoshida et al., 1988	Sin información	Sin información	Taninos, polifenoles, euphorbina A y B	Sin información
Martínez et al., 1999	Sin información	Antinflamatorio	β amirina y β sitoesterol	Sin información
Sudhakar et al., 2006	<i>E. coli</i> , <i>P. aeruginosa</i> , <i>B. pumilus</i> , <i>S. aureus</i> , <i>Streptococcus faecalis</i> , <i>A. niger</i> y <i>R. oligosporus</i>	Antimicrobiano	Compuestos fenólicos y taninos	Sin información
Ngemenya et al., 2006	<i>E. coli</i> , <i>P. aeruginosa</i>	Antimicrobiano	Sin información	Sin información
Abubakar et al., 2009	Sin información	Antibacterial	Sin información	Sin información
Loh et al., 2009	Sin información	Antifúngico	Compuestos fenólicos y taninos	Sin información
Rajeh et al., 2010	<i>E. coli</i> , <i>B. subtilis</i> , <i>Klebsiella pneumonia</i> , <i>Proteus mirabilis</i> , <i>Salmonella typhi</i> , <i>C. albicans</i>	Antibacterial y antifúngico	Sin información	Hojas, flores, tallo y raíces
Perumal et al., 2012	<i>E. coli</i> , <i>P. aeruginosa</i> , <i>B. subtilis</i> , <i>Klebsiella pneumonia</i> , <i>Proteus mirabilis</i> , <i>Salmonella typhi</i> , <i>C. albicans</i>	Antimicrobiano	Terpenos, ańcaloides, saponinas, glicósidos y esteroides	Sin información
Salosso y Jasmanindar, 2014	<i>Aeromonas hydrophilla</i> y <i>Vibrio alginolitycus</i>	Antibacterial	Fenoles, flavonoides taninos y triterpenos	Hojas

De la revisión bibliográfica de *S. americanum* (Hierba mora) se recopiló información sobre la parte de la planta utilizada, los compuestos químicos, el efecto que se registró y modelo biológico en caso de ser mencionado (Tabla 5). El efecto antimicrobiano por

parte de *S. americanum* ha sido reportado por Sánchez *et al.* (2003), Abbas *et al.* (2014), Kumar *et al.* (2016), Modilal *et al.* (2015) y Hamad *et al.* (2018). En cuanto a la información química para esta especie Sánchez *et al.* (2003), Venkatesan *et al.* (2009), Hsui-Chen *et al.* (2010), Chang *et al.* (2013) y Kumar *et al.* (2016).

Tabla 5.- Información bibliográfica de <i>Solanum nigrum</i>, Hierba mora.				
Referencia	Modelo biológico	Efecto	Componentes químicos	Parte usada
Sánchez et al., 2003	<i>S. aureus</i> , <i>S. typhi</i> , <i>C. albicans</i> , <i>P. auresginosa</i>	Antibacteriano, cicatrizante, útero estimulante	Glicósidos, taninos y saponinas	Sin información
Venkatesan et al., 2009	<i>S. pyogenes</i> , <i>B. subtilis</i> , <i>S. flexneri</i> , <i>S. typhi</i> , <i>S. paratyphi</i> , <i>V. cholerae</i> , <i>P. aeruginosa</i> , <i>A. niger</i> .	Antibacteriano	Alcaloides, glicósidos, taninos, flavonoides, esteroides	Sin información
Abbas et al., 2014	<i>S. aureus</i> , <i>S. typhi</i> , <i>C. albicans</i> , <i>E. coli</i>	Antimicrobiano	Sin información	Frutos
Hsiu et al., 2010	Sin información	Anticancerígeno	Sin información	Sin información
Abu-Taleb et al., 2011	<i>Brassica juncea</i> y <i>B. pekinensis</i>	Citotóxico y antineoplásico	Sin información	Sin información
Zubair et al., 2011	Sin información	Antibacteriano	Sin información	Hojas
Chang et al., 2013	Sin información	Sin información	Alcaloides	Sin información
Modilal et al., 2015	<i>S. aureus</i> , <i>S. typhi</i> , <i>C. albicans</i> , <i>K. pneumonia</i> , <i>E. aerogens</i>	Antimicrobiano	Alcaloides, flavonoides y esteroides	Sin información
Kumar et al., 2016	<i>S. aureus</i> , <i>S. typhi</i> , <i>C. albicans</i> , <i>P. auresginosa</i> , <i>E. coli</i> , <i>B. cereus</i> , <i>E.aerogens</i>	Antimicrobiano	Alcaloiudes, flavonoides, esteropides y terpenos	Sin información
Hamad et al., 2018	<i>S. aureus</i> , <i>E. coli</i> , <i>B. cereus</i> , <i>S. pyogenes</i> , <i>Salmonella</i> sp.	Antimicrobiano	Sin información	Sin información

Justificación

En la comunidad de Los Amates, Tonalico, Edo. de México, no existen estudios químicos o de la actividad biológica de ninguna de las especies vegetales presentes en la localidad. Además, se sabe que las afecciones cutáneas se encuentran entre los principales padecimientos de la región. Por lo que, en el laboratorio de Fitoquímica, se detectó la necesidad de realizar un estudio fitoquímico y de las propiedades antibacterianas contra *S. epidermidis* y *S. aureus*, microorganismos causantes de enfermedades en la piel.

Pregunta científica

¿Existirá una relación directa entre los compuestos químicos de las plantas seleccionadas y su uso medicinal?

Hipótesis

El efecto benéfico de las plantas medicinales es debido a los metabolitos secundarios que pueden poseer determinadas propiedades biológicas, por lo que es probable que las plantas empleadas para tratar infecciones cutáneas tengan efecto inhibitorio sobre alguna de las dos especies bacterianas causantes de infecciones cutáneas.

Objetivos

Objetivo general

- Caracterizar químicamente y determinar cualitativamente la actividad antibacteriana de algunas plantas utilizadas para el tratamiento de padecimientos cutáneos en Los Amates, Tonalico, Estado de México.

Objetivos particulares

- Identificar los principales grupos de metabolitos secundarios de cinco especies vegetales recolectadas en Tonalico, Estado de México, mediante reacciones coloridas realizadas a sus extractos.

- Caracterizar los extractos metanólicos de cinco especies vegetales mediante perfiles cromatográficos por HPLC.
- Determinar la actividad antimicrobiana de cinco especies vegetales contra dos cepas bacterianas que producen afecciones cutáneas.

Área de estudio

Tonatico, Estado de México se encuentra ubicado entre los paralelos 18°43' y 18°50' de latitud Norte, los meridianos 99°33' y 99°43' de longitud Oeste (Figura 1); altitud entre 1 200 y 2 200 msnm, este municipio se localiza dentro de la provincia de la Sierra Madre del Sur, en la subprovincia de Sierras y Valles Guerrerenses dentro del sistema de topofomas Lomerío con mesetas y Sierra de cumbres tendidas. Específicamente, la barranca de la comunidad Los Amates, la cual fue la zona de muestreo del presente estudio, se encuentra aproximadamente en las coordenadas 18°46'38.8" latitud Norte y 99°40'03.1 longitud oeste en el Estado de México en el límite con el estado de Guerrero (INEGI, 2009).



Figura 1.- Localización geográfica de Tonatico (INEGI, 2009).

Los Amates

La vegetación característica de Tonatico es el un bosque tropical caducifolio. El rango de temperatura varía entre 18 – 24°C con un rango de precipitación 1000 – 1200 mm y un clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano (Figura 2). El suelo es vertisol, leptosol y regosol, el principal uso que le da la comunidad es para agricultura, colindando parte de los campos con el bosque (INEGI, 2009).

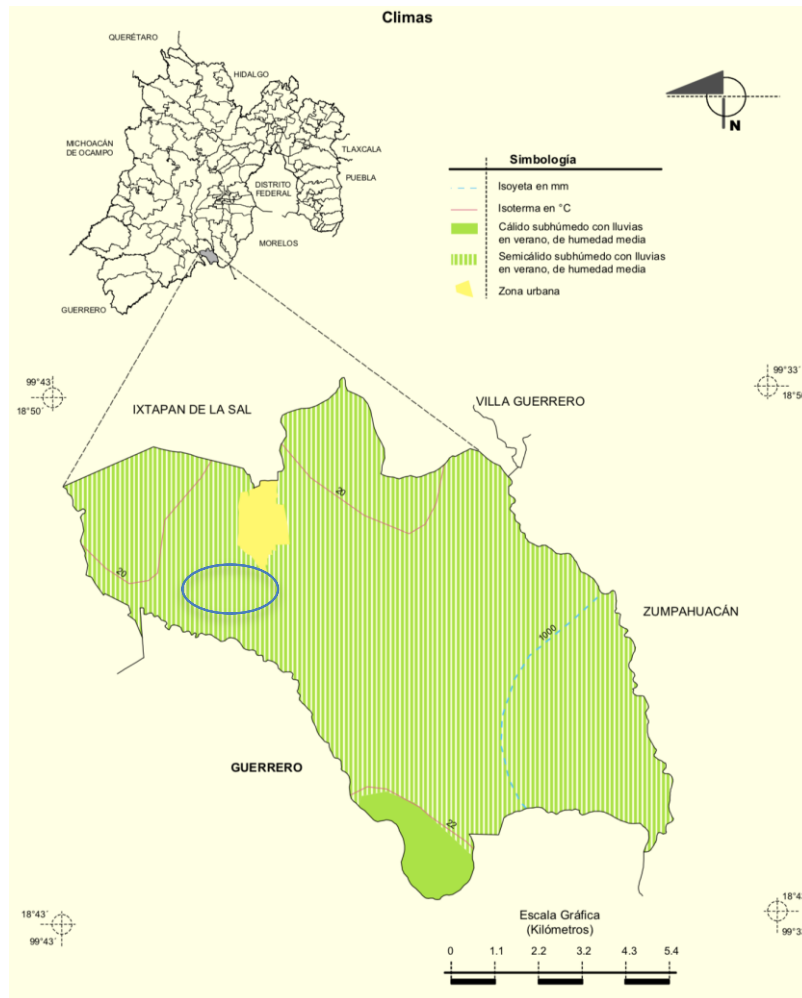


Figura 2.- Datos geográficos de las cartas de climas, precipitación anual total y temperatura media anual de Tonatico (INEGI, 2009). **Los Amates**

La localidad de “Los Amates” se encuentra sobre el lomerío, fuera de la zona urbana y cuenta con la presencia de una corriente de agua. El clima del lugar es semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media. Su suelo es tipo leptosol conformado por rocas sedimentarias, el principal uso de suelo de la comunidad es para agricultura, colindando parte de los campos con la selva (INEGI, 2009).

Materiales y métodos

Recolecta

Se recolectaron las especies *Parthenium hysterophorus*, *Euphorbia* sp., *E. hirta*, *E. nutans* y *Solanum americanum* el 25 de noviembre del 2016 en el municipio de Tonicaco, Estado de México. Estas fueron escogidas debido a que presentaban hojas en esa época del año y fueron señaladas por la M. en C. Ma. Edith López Villafranco como flora medicinal utilizadas para afecciones cutáneas. Para su identificación se herborizó una muestra de cada espécimen para su registro y resguardo en el Herbario IZTA de la FES Iztacala. Las partes aéreas de las cinco especies se guardaron en bolsas de papel para su estudio fitoquímico.

Extracción

El material vegetal se secó en sombra, se molió manualmente, se pesó y se tomaron 5 gramos (peso seco) de cada planta, mismos que fueron macerados en frío con hexano, posteriormente acetona y finalmente metanol. Para esto, la concentración de los extractos se realizó a presión reducida con un rotavapor Heidolph LABOROTA 4000. Para el secado final de los extractos se colocaron en recipientes de vidrio cubiertos parcialmente con papel aluminio hasta que el solvente restante se evaporó totalmente. Al finalizar, se calculó el rendimiento de los extractos por diferencia de peso entre los gramos de planta seca y los sólidos totales.

Estudio fitoquímico

Reacciones coloridas

Para el perfil químico se realizaron las reacciones coloridas de los extractos hexánicos, acetónicos y metanólicos para detectar los principales grupos de metabolitos secundarios con los siguientes reactivos: reactivo de cloruro férrico (fenoles), Molish (glucósidos), agua-espuma (saponinas), Mayer y Dragendorff (alcaloides) (Rivas-

Morales *et al.*, 2016). Para realizar dichas pruebas se diluyeron los extractos en el solvente en el que se habían extraído en una concentración (1mg/ml).

Con el reactivo de cloruro férrico (fenoles) la prueba es positiva si vira de su color original a tonos azules o verdes, la intensidad del color se debería a la abundancia de los compuestos fenólicos en el extracto. En el caso de la prueba de Molish (glucósidos) se forma un halo en tonos rosas o morados en el fondo del tubo de ensayo, este podría ser apreciado mejor a contraluz. Para la detección de las saponinas se observa si después de agitar vigorosamente había o no la presencia de espuma y si esta se mantenía por mas de un minuto. Por último, se encuentran las pruebas de Mayer y Dragendorff (alcaloides), en las que el resultado positivo era la presencia de pequeños precipitados de color blanco en el caso del reactivo de Mayer y naranja con el de Dragendorff.

Perfiles cromatográficos

Para el análisis de los perfiles cromatográficos los extractos metanólicos se procesaron por HPLC. Las muestras se disolvieron en metanol. La columna utilizada fue una C-18 Alltech Allsphere ODS-1 5µm, bajo condiciones de presión máxima de 400 bar. El flujo fue de 1.2 ml/min durante 42 minutos. La fase móvil fue una mezcla de agua, metanol y acetonitrilo, todos con un 0.1% de ácido fórmico. Se programó un gradiente de solventes comenzando en 95% (agua), 3% (metanol) y 2% (acetonitrilo) y terminando en 53% (metanol) y 43% (acetonitrilo). El volumen de inyección fue de 30 µL de una solución de 3 mg/ml de cada extracto. Estando a temperaturas entre los 18-21°C. Bajo estas especificaciones los constituyentes en las muestras fueron detectados a las longitudes de onda de 285 y 365 nm.

Pruebas antibacterianas

El efecto antimicrobiano de los extractos obtenidos de las 5 especies fue evaluado a través de pruebas Kirby-Bauer. Para esto se utilizaron las cepas *S. aureus* ATCC 29213 y *S. epidermidis* ATCC 12228, las cuales se inocularon en cajas con agar

Mueller–Hinton. Sobre el cual se le colocaron los sensidiscos previamente elaborados según Rodríguez *et al.* (2016). Para esto, los extractos se diluyeron para obtener una concentración de 2 mg/disco. Otros sensidiscos se prepararon con los solventes (control negativo) o cloranfenicol (control positivo) en una concentración 25 µg/disco.

Al terminar la siembra de la bacteria y la colocación de los sensidiscos se procedió a incubar las cajas durante 24 horas a 37°C. Al finalizar el periodo de incubación se midieron los diámetros de los halos de inhibición a las tres repeticiones que se habían hecho por extracto, a contraluz con ayuda de una regla o de un vernier. Al obtener las medidas de las repeticiones se sacó una media y desviación estándar de cada extracto.

A los resultados obtenidos de los extractos hexánicos aplicados sobre *S. aureus* se les realizó la prueba de ANOVA ya que estos cinco extractos diferentes presentaron actividad antimicrobiana. Por otra parte, se realizaron dos pruebas de T de student para *P. hystrophorus*, la primera fue con los datos obtenidos de los extractos acetónicos sobre *S. epidermidis*. La segunda se realizó con las cifras obtenidas de el extracto acetónico sobre ambas cepas. Estos estadísticos se realizaron para determinar si había diferencia entre las medias de las muestras analizadas.

Resultados y discusión

Recolecta

En noviembre del 2016 se recolectaron cinco especies vegetales en Tonatico, Estado de México (Figura 3). Fueron: *Solanum americanum* (Hierba mora) IZTA 2693, *Parthenium hysterophorus* (Hierba de la pulga) IZTA 2694, *Euphorbia* sp. IZTA 2691, *E. hirta* IZTA 2689 y *E. nutans* IZTA 2690 (todas miembros del género *Euphorbia*, estas tres plantas son llamadas hierba de la golondrina). De las cuales, *E. hirta* y *S. americanum* fueron reportadas por León, 2019 como medicinales debido a que los integrantes de la comunidad las usan para tratar padecimientos cutáneos.



HERBARIUM: FLORA CIL DE MEXICO - HORTICOLA
 N.º BUL: 1031 F.A.M. Euphorbiaceae
 N.º C. J. Rodríguez
 N.º P. Herbario de la producción
 F.A.M. MEXICO
 F.A.M. MEXICO
 F.A.M. MEXICO
 F.A.M. MEXICO
 F.A.M. MEXICO
 F.A.M. MEXICO
 F.A.M. MEXICO
 F.A.M. MEXICO
 F.A.M. MEXICO
 F.A.M. MEXICO
 F.A.M. MEXICO

a



HERBARIUM: FLORA CIL DE MEXICO - HORTICOLA
 N.º BUL: 1031 F.A.M. Euphorbiaceae
 N.º C. J. Rodríguez
 N.º P. Herbario de la producción
 F.A.M. MEXICO
 F.A.M. MEXICO
 F.A.M. MEXICO
 F.A.M. MEXICO
 F.A.M. MEXICO
 F.A.M. MEXICO
 F.A.M. MEXICO
 F.A.M. MEXICO
 F.A.M. MEXICO
 F.A.M. MEXICO
 F.A.M. MEXICO

b



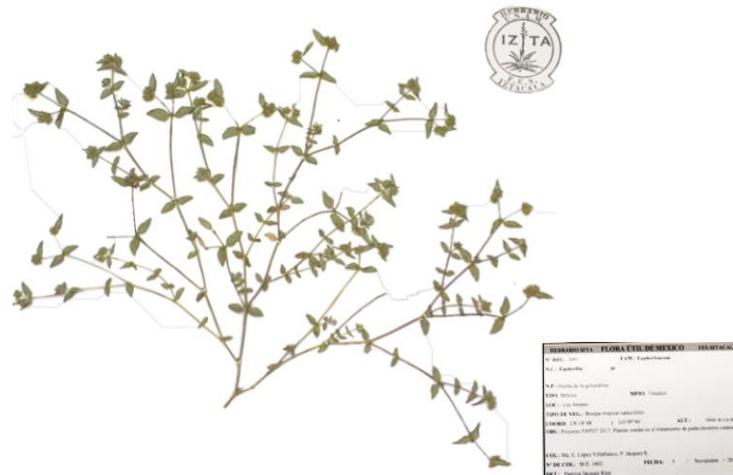
HERBARIUM: FLORA CIL DE MEXICO - HORTICOLA
 N.º BUL: 1031 F.A.M. MALVACEAE
 N.º C. J. Rodríguez
 N.º P. Herbario de la producción
 F.A.M. MEXICO
 F.A.M. MEXICO
 F.A.M. MEXICO
 F.A.M. MEXICO
 F.A.M. MEXICO
 F.A.M. MEXICO
 F.A.M. MEXICO
 F.A.M. MEXICO
 F.A.M. MEXICO
 F.A.M. MEXICO

c



HERBARIUM: FLORA CIL DE MEXICO - HORTICOLA
 N.º BUL: 1031 F.A.M. MALVACEAE
 N.º C. J. Rodríguez
 N.º P. Herbario de la producción
 F.A.M. MEXICO
 F.A.M. MEXICO
 F.A.M. MEXICO
 F.A.M. MEXICO
 F.A.M. MEXICO
 F.A.M. MEXICO
 F.A.M. MEXICO
 F.A.M. MEXICO
 F.A.M. MEXICO
 F.A.M. MEXICO

d



e

Figura 3.- Ejemplares de herbario de las cinco especies colectadas a) *E. hirta*; b) *E. nutans*; c) *P. hysterothorus*; d) *S. americanum*; e) *Euphorbia* sp.

Rendimiento de las extracciones

Al finalizar el proceso para la obtención de los 15 extractos de las cinco plantas se hizo el cálculo de los rendimientos (Tabla 6). El valor más alto fue obtenido en los extractos metanólicos con 22.40% en *Euphorbia* sp. y 16.13% en *S. americanum*; mientras que los que tuvieron el más bajo fueron los hexánicos con un rango de 2.02% en *Euphorbia* sp. y *E. hirta* a 0.88% de *S. americana*.

Tabla 6.- Rendimiento de *P. hysterothorus*, *Euphorbia* sp., *E. hirta*, *E. nutans* y *S. americanum*.

Planta	Extracto	Rendimiento (g)		
		Hexánico	Acetónico	Metanólico
	<i>P. hysterothorus</i>	0.88	7.32	16.872
	<i>Euphorbia</i> sp.	2.02	4.64	22.398
	<i>E. hirta</i>	2.02	5.06	17.226
	<i>E. nutans</i>	1.76	2.86	20.202
	<i>S. americanum</i>	0.56	2.84	16.734

Los porcentajes obtenidos se calcularon con base al peso seco de cada planta (5 g).

Para *P. hysterothorus* se han realizado trabajos sobre diversos aspectos como la actividad antibacteriana, larvicida, espermaticida, capacidad antioxidante y la detección de metabolitos secundarios. Estas investigaciones fueron llevadas a cabo por autores

como Thandapani *et al.* (2017), Jaramillo *et al.* (2016), Espinosa-Rivero *et al.* (2015), García y Gutiérrez (2007), Echevarria *et al.* (2016), Madan *et al.* (2011) y Kaur *et al.* (2016), en los cuales realizaron extractos de esta especie, sin embargo, no reportan su rendimiento, por lo que no se pudo comparar con los resultados obtenidos en esta investigación.

Para las Euphorbiaceae hay reportes previos de algunas especies del género donde se ha reportado el rendimiento. Por ejemplo, Chiappe (2013) que trabajó con *Croton schiedeanus*. El rendimiento para el extracto obtenido con un solvente polar (etanol) fue de 14.5% utilizando únicamente hojas. A las fracciones de este extracto no se les calculó el rendimiento. Este porcentaje es similar a los rendimientos obtenidos para los extractos metanólicos de las tres especies de *Euphorbias* de este trabajo. Siendo la más afín *E. hirta* con 17.2% de rendimiento.

En el presente trabajo se obtuvieron valores más altos en cuanto al rendimiento de las tres especies de *Euphorbia*, en comparación con otros estudios. Para *E. hirta* hay diferentes investigaciones previas como la realizada por Martínez *et al.* (1999) para observar la actividad anti-inflamatoria de dicha especie, ellos trabajaron con extracto hexánico y metanólico; mientras que Oyeyemi *et al.* (2009) utilizaron el extracto acuoso de las hojas y observaron su efecto sobre la movilidad y viabilidad espermática. Sin embargo, en ambas investigaciones no reportaron el rendimiento de los extractos que estudiaron. Gupta y Garg (1966) en su estudio de la composición química de esta especie, reportaron un contenido de sólidos totales de 3.6% en el extracto etanólico y 2.05% en el extracto obtenido con éter de petróleo.

En el caso de *S. americanum*, los resultados del rendimiento del extracto hexánico fue de 0.56%, para el acetónico fue de 2.84% mientras que para el extracto metanólico fue de 16.73%. Para esta misma especie, Zubair *et al.* (2011), reportaron el rendimiento del 10% para el extracto metanólico, del cual se obtuvieron la fracción hexánica con un rendimiento de 4.2%, sin embargo, no trabajaron con acetona. En su lugar, el solvente de polaridad media que utilizaron fue acetato de etilo cuya fracción tubo un rendimiento

de 1.8%. La cantidad de sólidos totales reportados por estos autores en cuanto al extracto metanólico es más bajo, en cuanto a la partición hexánica como en la de acetato de etilo son mayores. Esto en comparación con los resultados obtenidos en la presente investigación.

Estudio fitoquímico

Reacciones coloridas

P. hysterothorus

Los resultados de las reacciones coloridas que se realizaron en los extractos de *P. hysterothorus* dieron positivo para glucósidos, saponinas y finalmente en fenoles (Tabla 7). La presencia de fenoles en esta especie se podría correlacionar con la capacidad cicatrizante entre otros efectos benéficos para la piel. Los metabolitos detectados en el presente trabajo coinciden con lo reportado por diferentes autores que realizaron pruebas fitoquímicas como parte de sus investigaciones, como es el caso de Arana y Quillay (2016), ellos además realizaron pruebas de actividad cicatrizante, Bezuneh (2015) por su parte comprobó la actividad antimicrobiana, García y Gutierrez (2007) y Jaramillo *et al.* (2016) únicamente se abocaron en la detección de metabolitos en diversas especies entre las que se encontraba *P. hysterothorus*.

Tabla 7.- Resultados de las reacciones coloridas para detectar los diferentes tipos de metabolitos secundarios de <i>P. hysterothorus</i> .					
Prueba Extracto	Fenoles	Glucósidos	Saponinas	Alcaloides	
	FeCl ₃	Molish	Agua	Mayer	Dragendorff
Hex	-	+	+	-	+
Acet	-	+	-	-	-
Met	+	+	+	-	+

Hex= Extracto hexánico Acet= Extracto acetónico Met= Extracto metanólico
 + = Positivo - = Negativo

P. hysterothorus contiene glicósidos y saponinas. Arana y Quillay (2016) también reportan la presencia de saponinas y glucósidos en esta especie. García y Gutierrez

(2007), detectaron saponinas, glicósidos cianogénicos y alcaloides; sin embargo, los autores ponían en duda los resultados obtenidos para alcaloides debido a que no había reportes previos de estas moléculas en las plantas que se trabajaron. A las saponinas de esta especie según Arana y Quillay (2016) se les encontró capacidad cicatrizante.

Jaramillo *et al.* (2016) hallaron alcaloides, glucósidos y fenoles en los extractos de *P. hysterothorus*, encontrando además otros metabolitos que no fueron analizados en este trabajo. Por otro lado, Bezuneh (2015) reportó una revisión con diferentes aspectos de la especie, el fitoquímico y además el antimicrobiano. Encontrando alcaloides, saponinas, glicósidos, compuestos fenólicos, flavonoides, entre otros. Las moléculas anteriormente mencionadas en los reportes de los autores citados coinciden con los resultados obtenidos de las pruebas realizadas en esta especie en esta investigación reportados en la tabla 5.

Euphorbias

E. hirta

En las reacciones coloridas realizadas en los extractos de *E. hirta* se detectaron alcaloides, glucósidos y fenoles en el extracto metanólico. En el acetónico únicamente las pruebas positivas fueron para fenoles y glucósidos. En el caso del extracto hexánico, se obtuvo un falso positivo para alcaloides, pues sólo dio positivo en la prueba de Dragendorff (Tabla 8).

Tabla 8.- Resultados de las reacciones coloridas para detectar los diferentes tipos de metabolitos secundarios de <i>E. hirta</i>					
Extracto \ Pruebas	Fenoles	Glucósidos	Saponinas	Alcaloides	
	FeCl ₃	Molish	Agua	Mayer	Dragendorff
Hex	-	-	-	-	+
Acet	+	+	-	-	-
Met	+	+	-	+	+

Hex= Extracto hexánico Acet= Extracto acetónico Met= Extracto metanólico
 + = Positivo - = Negativo

Para *E. hirta* se han realizado numerosos estudios, entre los que se encuentran los elaborados por Gupta y Garg (1966) el cual fue el primer trabajo registrado para esta especie, utilizando las extracciones en etanol y etér. Ellos detectaron taraxerol, alcohol de melisio o alcohol miricílico, friedelina y hentriacontano como componentes químicos de *E. hirta*. Martínez *et al.* (1999) reportaron β -amirina y 24-metilenocicloartenol tanto en el extracto hexánico como en el metanólico y β -sitosterol únicamente en el extracto más polar. Loh *et al.* (2009) detectaron quercetina y compuestos fenólicos los extractos polares.

Otras investigaciones de *E. hirta* son las siguientes: Abubakar *et al.* (2009) obtuvieron con tres extractos de diferentes polaridades (hexano, acetona y metanol) de las partes aéreas de la planta. Ellos mencionan la presencia de saponinas, fenoles, alcaloides, taninos, glicósidos, antraquinonas y flavonoides en la planta. Yoshida *et al.* (1988) aislaron dos sustancias por medio de una solución acetona acuosa, a las que nombraron euphorbina A y B. Por otra parte, Perumal *et al.* (2012) reportan terpenos, taninos, flavonoides, alcaloides, glicósidos cardíotónicos, antraquinonas, saponinas, azúcares y esteroides para esta especie. Finalmente, Salosso y Jasmanindar (2014) hallaron fenoles, flavonoides, taninos y triterpenos en las hojas de esta planta.

De los trabajos anteriormente citados se encuentran similitudes con los resultados obtenidos en esta investigación. Por ejemplo: Loh *et al.* (2009) detectaron compuestos fenólicos; Por parte de Abubakar *et al.* (2009) emplearon los mismos solventes que en este trabajo (hexano, acetona y metanol), y mencionan la presencia de saponinas, fenoles, alcaloides y glicósidos; Perumal *et al.* (2012) reportaron alcaloides, glicósidos, saponinas y azúcares; Salosso y Jasmanindar (2014) los cuales hallaron fenoles.

Euphorbia* sp. y *E. nutans

Euphorbia sp. contiene en el extracto metanólico fenoles, glucósidos, saponinas y alcaloides. Por otro lado, en el extracto hexánico solo se encontraron glucósidos y alcaloides. Mientras que en el extracto acetónico únicamente la prueba fue positiva

para fenoles (Tabla 9). En el caso de *E. nutans* se detectaron en el extracto metanólico, glucósidos y saponinas (Tabla 10). Mientras que el único grupo de metabolitos encontrados en el extracto acetónico fueron los glucósidos.

Tabla 9.- Resultados de las reacciones coloridas para detectar los diferentes tipos de metabolitos secundarios de <i>Euphorbia</i> sp.					
Pruebas Extracto	Fenoles	Glucósidos	Saponinas	Alcaloides	
	FeCl ₃	Molish	Agua	Mayer	Dragendorff
Hex	-	+	-	+	+
Acet	+	-	-	-	-
Met	+	+	+	+	+

Hex= Extracto hexánico Acet= Extracto acetónico Met= Extracto metanólico
 + = Positivo - = Negativo

Tabla 10.- Resultados de las reacciones coloridas para detectar los diferentes tipos de metabolitos secundarios de <i>E. nutans</i>					
Pruebas Extracto	Fenoles	Glucósidos	Saponinas	Alcaloides	
	FeCl ₃	Molish	Agua	Mayer	Dragendorff
Hex	-	-	-	-	-
Acet	+	+	-	-	-
Met	+	+	+	-	-

Hex= Extracto hexánico Acet= Extracto acetónico Met= Extracto metanólico
 + = Positivo - = Negativo

En la literatura hasta el momento no hay información específica para *E. nutans* y para *Euphorbia* sp. Debido a lo anterior, se utilizaron revisiones o estudios de otras especies del género *Euphorbia* o con la familia de las Euphorbiaceas para contrastar con los resultados obtenidos en este trabajo.

En lo que respecta a las Euphorbiaceae, Bittner *et al.* (2001) realizaron una revisión química de la familia en la que mencionan fenoles, glucósidos y alcaloides; sin embargo, no declaran a que especies corresponden estos datos. De acuerdo con Bruneton (2001), algunos metabolitos propios de la familia Euphorbiaceae son diterpenos tóxicos como la dafnetoxina (cortezas) y la mecereína (semillas), estos compuestos también se encuentran en el género *Euphorbia*. Los efectos tóxicos de este género se presentan comúnmente como irritaciones, enrojecimientos e

hinchazones cutáneas al contacto del látex con la piel de los animales. Pero, el contenido de sustancias tóxicas de éstas se considera que es muy bajo (0.05-0.1%).

Jassbi en el 2006 realizó una revisión de los metabolitos secundarios de varias especies Iranies del género *Euphorbia* encontrando diterpenos, triterpenos, flavonoides, compuestos fenólicos y ésteres. Waizel (2014) hace en una revisión de varias especies del género *Euphorbia*; la presencia de ésteres, ácido gálico y taninos en *E. corollata*; diterpenos en *E. esula* y en *E. fischeriana*. Abubakar *et al.* (2009) encontraron en *E. hirta* flavonoides, elagiotaninos, forbol-ésteres, diterpenoides y taninos. Para *E. hirta* por parte de encontraron de saponinas, fenoles, alcaloides y glicósidos. Mientras que Perumal *et al.* (2012) reportaron alcaloides, glicósidos, saponinas y azúcares.

Los resultados obtenidos en este trabajo para estas dos especies (*E. nutans* y *Euphorbia* sp.) concuerdan con lo reportado por Bittner *et al.* (2001) y Jassbi (2006) en lo que respecta a los fenoles. En cuanto a glucósidos y alcaloides los resultados habían sido reportados por Bittner *et al.* (2001). En el caso de las saponinas y alcaloides se cuenta con registros para el género *Euphorbia* por parte de Abubakar (2009) y Perumal *et al.* (2012). Todos estos compuestos que se hayaron en el extracto metanólico de *Euphorbia* sp. Por otro lado, los resultados de *E. nutans* coinciden con Abubakar (2009) y Perumal *et al.* (2012) en lo que respecta a las saponinas, fenoles y glucósidos. Para estos últimos metabolitos también esta el reporte por parte de Bittner *et al.* (2001).

S. americanum

En el presente trabajo, con la finalidad de detectar los principales grupos de metabolitos secundarios, se realizaron reacciones coloridas en los extractos de diferentes polaridades de *S. americanum*. Todas dieron positivo para glucósidos y solo en el extracto metanólico para fenoles (Tabla 11). Este resultado coincide con trabajos anteriores de autores como Venkatesan *et al.* (2009) y Sánchez *et al.* (2003) los cuales, detectaron algún tipo de glucósido en las pruebas que se le realizaron. En cuanto a

P. hysterothorus

Con la detección de los compuestos químicos del extracto metanólico de *P. hysterothorus* realizado en HPLC a tres longitudes de onda, se comprobó la presencia de compuestos fenólicos debido a su capacidad de absorción de la luz UV; ya que los picos máximos obtenidos son característicos de flavonoides (Tabla 12). El cromatograma del extracto metanólico de la planta muestra nueve picos que posiblemente se traten de flavonoides pues muestran absorción en las dos longitudes de onda (365.4 y 285.4 nm) (Figura 4). En cuanto a la presencia de otro tipo de compuestos fenólicos, en el extracto se detectaron tres picos que absorben en la longitud de onda más cortas (285.4 nm) y cuya absorción es característica de flavanonas o fenilpropanoides (Rivas-Morales *et-al.*, 2016).

También los resultados de las reacciones coloridas concuerdan con lo detectado en HPLC la presencia de compuestos fenólicos por la prueba de cloruro férrico, además los resultados en este trabajo coinciden con lo reportado por Jaramillo *et al.* (2016), García y Gutiérrez (2007) y Echeverría *et al.* (2016). Estos autores reportan la presencia de compuestos fenólicos en esta especie.

Tabla 12. Tiempo de retención y picos máximos de absorción en UV de los compuestos en los cromatogramas de <i>P. hysterothorus</i>.			
Tiempo de retención (min)	UV $\lambda_{\text{máx}}$ (nm)	Posible tipo de compuesto	Área relativa (%)
Detectados a λ 365.4 nm			
16.447	293, 325	Flavonoide	9.917
22.522	272, 327	Flavonoide	3.432
28.475	278, 325	Flavonoide	8.285
30.200	295, 328	Flavonoide	14.179
30.581	251, 333	Flavonoide	34.418
32.347	278, 328	Flavonoide	19.723
34.093	274	Fenol	6.699
35.039	274	Fenol	3.349
Detectados a λ 285.4 nm			
9.521	276, 325	Flavonoide	0.757
31.533	276, 327	Flavonoide	6.808

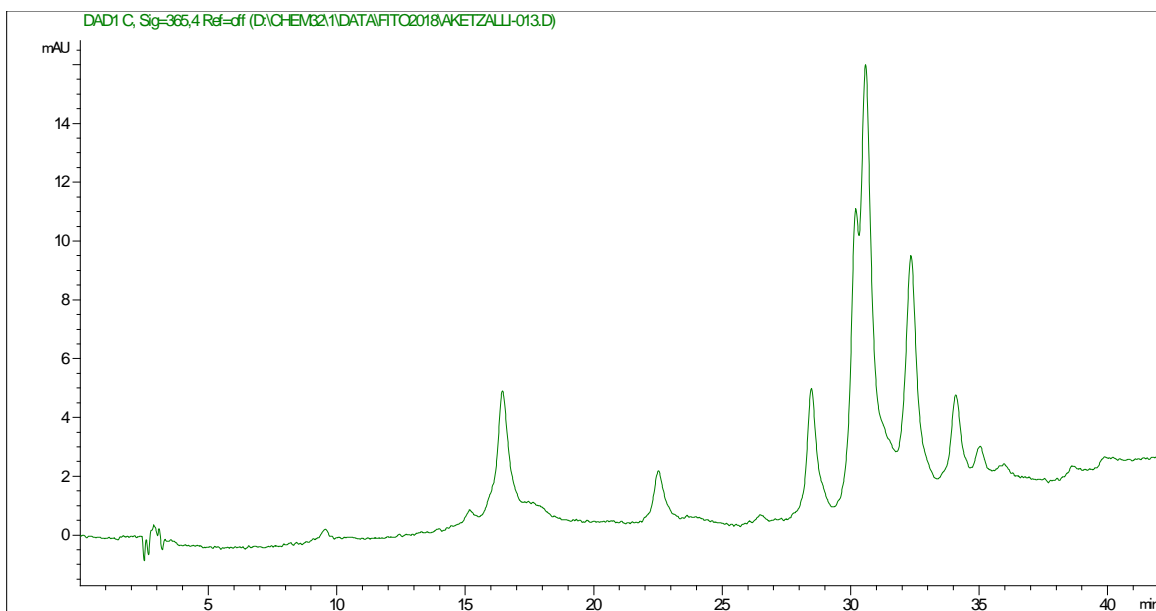


Figura 4. Cromatograma del extracto metanólico de *P. hysterophorus* en HPLC detectados a 365.4 nm.

Euphorbias

E. hirta

Para detectar los compuestos en el perfil cromatográfico del HPLC para el extracto metanólico de *E. hirta* se utilizaron dos longitudes de onda (365 y 285 nm) (Figura 5). En esta especie se encontraron compuestos fenólicos y flavonoides (Tabla 8) que igualmente fueron detectados en las reacciones coloridas (Tabla 13). En el caso de esta especie hay 17 compuestos fenólicos diferentes y 14 flavonoides no especificados. Estos tipos de metabolitos habían sido reportados para esta especie por diferentes autores como Waizel (2014) y Loh *et al.* (2009). Mientrás que Abubakar *et al.* (2009), Salosso y Jasmanindar (2014) así como Perumal *et al.* (2012) fue reportada la presencia de fenoles y específicamente de flavonoides. Loh *et al.* (2009), detectó quercetina en esta especie.

Tabla 13. Tiempo de retención y picos máximos de absorción en UV de los compuestos en los cromatogramas de *E. hirta*.

Tiempo de retención (min)	UV $\lambda_{\text{máx}}$ (nm)	Posible tipo de compuesto	Área relativa (%)
Detectados a λ 365.4 nm			
9.262	296, 324	Flavonoide	1.963
16.081	278, 326	Flavonoide	3.551
17.885	271	Fenol	0.726
23.725	271	Fenol	3.492
28.794	271	Fenol	0.967
30.242	252, 270, 358	Flavonoide	18.244
32.084	251, 271, 359	Flavonoide	8.934
32.947	252, 271	Fenol	4.103
33.617	251, 271	Fenol	3.242
34.623	254, 347	Flavonoide	40.608
35.423	253	Fenol	13.516
37.799	250, 251, 358	Flavonoide	0.653
Detectados a λ 285.4 nm			
4.613	271	Fenol	0.231
5.74	271	Fenol	0.508
6.328	343	Flavonoide	0.469
6.757	271	Fenol	0.442
9.257	295, 325	Flavonoide	2.001
10.966	271, 326	Flavonoide	0.821
11.962	272	Fenol	1.500
13.143	271, 364	Flavonoide	0.350
13.980	271	Fenol	0.749
14.817	272, 326	Flavonoide	0.926
18.985	271, 324	Flavonoide	1.786
19.295	271	Fenol	1.902
20.612	271	Fenol	1.565
21.860	271, 358	Flavonoide	3.411
26.820	272	Fenol	10.730
27.733	271, 359	Flavonoide	2.051
30.836	271	Fenol	2.970
32.096	252	Fenol	8.186
38.388	271	Fenol	11.811

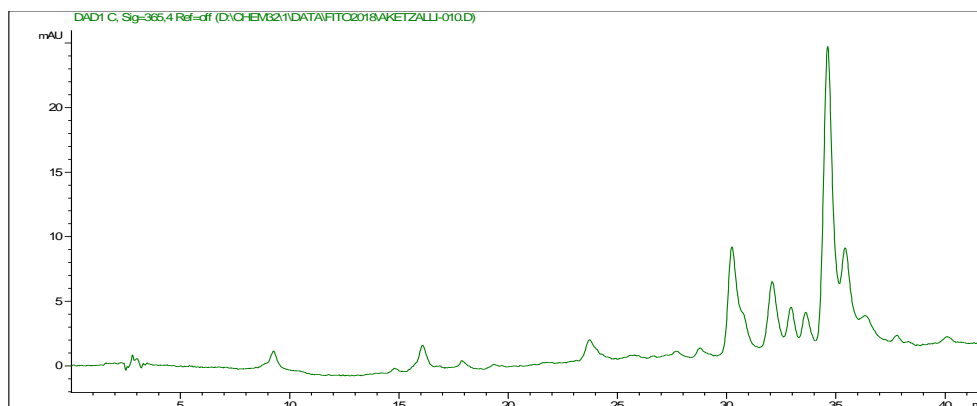


Figura 5. Cromatograma obtenido por HPLC del extracto hexánico de *E. hirta* detectado a 365.4 nm.

***Euphorbia* sp.**

En *Euphorbia* sp. el análisis por HPLC del extracto metanólico se realizó en dos longitudes de onda (365.4 (Figura 6) y 285.4 nm). Se confirmó la presencia de 19 compuestos fenólicos además de encontrar 2 flavonoides. Siendo todos los componentes detectados diferentes entre sí (Tabla 14). Los resultados también concuerdan con lo que se pudo apreciar en las reacciones coloridas para esta especie. Estos resultados coinciden con lo reportado para diferentes miembros de la familia Euphorbiaceae por Bittner *et al.* (2001) que encontró la presencia de fenoles, Jassbi (2006) en una revisión informó compuestos fenólicos y flavonoides para especies Iranies a su vez Waizel (2014) menciona la presencia de flavonoides en *E. hirta*.

Tabla 14. Tiempo de retención y picos máximos de absorción en UV de los compuestos en los cromatogramas de <i>Euphorbia</i> sp.			
Tiempo de retención (min)	UV $\lambda_{m\acute{a}x}$ (nm)	Posible tipo de compuesto	Área relativa (%)
Detectados a λ 365.4 nm			
23.728	271	Fenol	2.539
28.820	271	Fenol	0.826
32.163	252, 352	Flavonoide	39.051
34.627	252, 271	Fenol	25.655
35.637	359	Flavonoide	28.062
37.82	252, 271	Fenol	3.868
Detectados a λ 285.4 nm			
4.508	276	Fenol	0.211
5.679	271	Fenol	0.399
6.854	268	Fenol	0.374

8.372	268	Fenol	0.331
11.058	270	Fenol	1.132
11.968	272	Fenol	1.565
13.107	271	Fenol	0.544
16.120	271	Fenol	3.704
18.998	271	Fenol	5.756
20.554	271	Fenol	2.528
21.893	271	Fenol	3.733
25.658	271	Fenol	5.308
26.828	277	Fenol	11.813
28.211	271	Fenol	4.624
31.048	271	Fenol	14.355

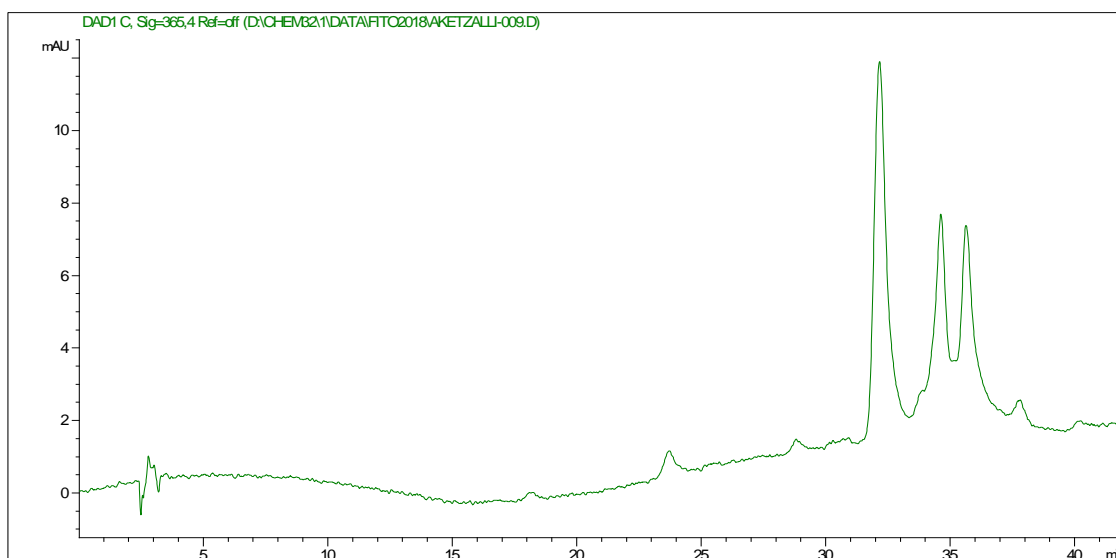


Figura 6. Cromatograma del extracto metanólico de *Euphorbia* sp. por HPLC detectado a 365.4 nm.

E. nutans

Para el análisis cromatográfico de *E. nutans* la detección de compuestos se dió en una longitud de onda (365.4 nm) (Figura 7). Se registró la presencia de 6 picos de flavonoides y 6 de compuestos fenólicos ($\lambda = 365.4$) (Tabla 15). Este es el primer reporte donde se detectan este tipo de metabolitos en *E. nutans*, aunque sí son característicos del género. Estos compuestos pudieron ser detectados en las reacciones coloridas que se le realizaron a esta planta en el extracto metanólico (Tabla 9). Los resultados obtenidos concuerdan con lo mencionado por autores como Jassbi (2006) quien menciona compuestos fenólicos presentes en este género.

Tabla 15. Tiempo de retención y picos máximos de absorción en UV de los compuestos en los cromatogramas de *E. nutans*.

Tiempo de retención (min)	UV $\lambda_{\text{máx}}$ (nm)	Posible tipo de compuesto	Área relativa (%)
Detectados a λ 365.4 nm			
9.522	275, 328	Flavonoide	2.345
15.243	275, 328	Flavonoide	2.792
16.464	279, 298, 327	Flavonoide	16.679
22.114	271	Fenol	1.029
23.706	271, 320	Flavonoide	3.345
25.679	271, 357	Flavonoide	4.089
30.617	252, 359	Flavonoide	23.317
31.727	251	Fenol	5.535
32.339	251	Fenol	13.577
34.214	271	Fenol	4.340
35.583	251, 271	Fenol	10.891
36.812	251	Fenol	12.062

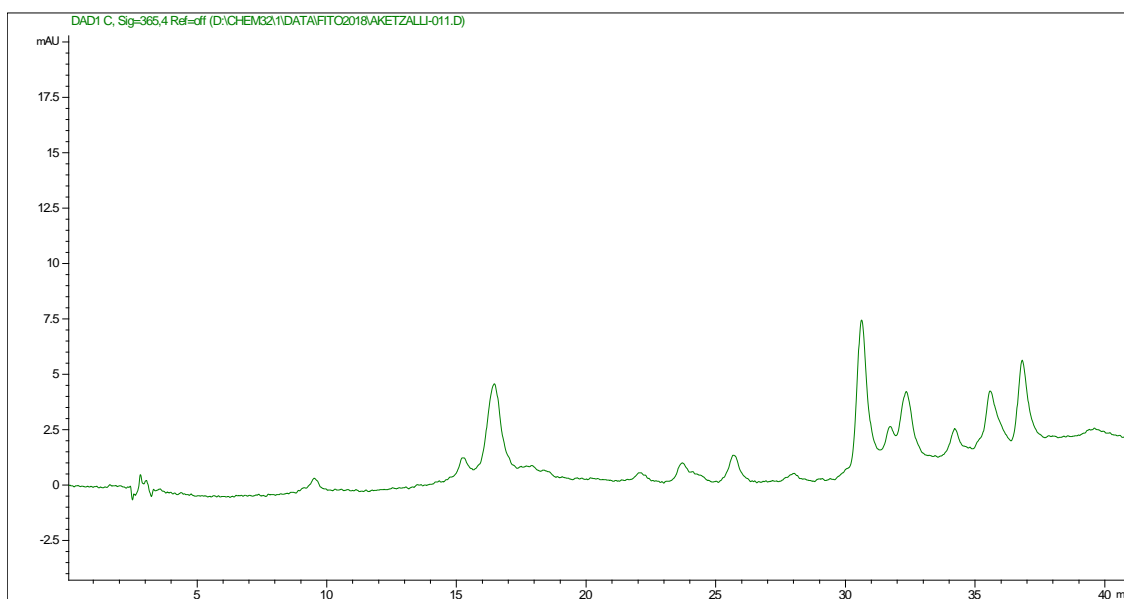


Figura 7. Cromatograma del extracto metanólico de *E. nutans* por HPLC detectado a 365.4 nm

S. americanum

Gracias al perfil cromatográfico del extracto metanólico de *S. americanum* obtenido mediante HPLC y detectado a dos longitudes de onda (364 y 285 nm) se comprobó la presencia de compuestos fenólicos simples y de algunos flavonoides como componentes del extracto (Tabla 16). En las reacciones coloridas hubo resultados positivos para este tipo de compuestos, específicamente en el extracto metanólico. A 365.4 nm se detectaron 11 flavonoides y seis compuestos fenólicos (Figura 8). Mientras que a 285.4 nm sólo se detectaron nueve. Estos resultados coinciden con lo reportado por Venkatesan *et al.* (2009), los cuales detectan flavonoides presentes en *S. americanum* mediante una prueba colorida pero no mencionan cuantos gramos de planta utilizaron.

Tabla 16. Tiempo de retención y picos máximos de absorción en UV de los compuestos en los cromatogramas de *S. americanum*.

Tiempo de retención (min)	UV $\lambda_{\text{máx}}$ (nm)	Posible tipo de compuesto	Área relativa (%)
Detectados a λ 365.4 nm			
9.516	279, 297, 327	Flavonoide	3.742
10.363	271, 324	Flavonoide	0.221
15.164	276, 291, 328	Flavonoide	2.027
16.456	278, 297, 327	Flavonoide	12.368
22.246	271, 360	Flavonoide	12.368
23.971	271, 360	Flavonoide	1.617
24.517	371, 360	Flavonoide	0.755
26.077	250, 270	Fenol	3.795
28.376	271, 360	Flavonoide	1.347
30.071	271, 360	Flavonoide	0.138
31.134	251	Fenol	16.184
32.121	251, 330	Flavonoide	5.973
34.656	271	Fenol	4.642
35.944	251, 271	Fenol	8.392
37.24	251, 270	Fenol	14.184
38.981	271, 317, 357	Flavonoide	5.087
40.544	271	Fenol	4.365
Detectados a λ 285.4 nm			
6.224	269, 363	Flavonoide	0.375
6.850	271, 364	Flavonoide	0.119
8.117	271, 363	Flavonoide	0.407

11.304	271, 360	Flavonoide	0.600
12.243	271, 357	Flavonoide	1.255
13.401	271, 360	Flavonoide	0.814
17.901	271, 360	Flavonoide	2.184
18.603	271, 360	Flavonoide	1.483
27.512	248, 271, 360	Flavonoide	4.114

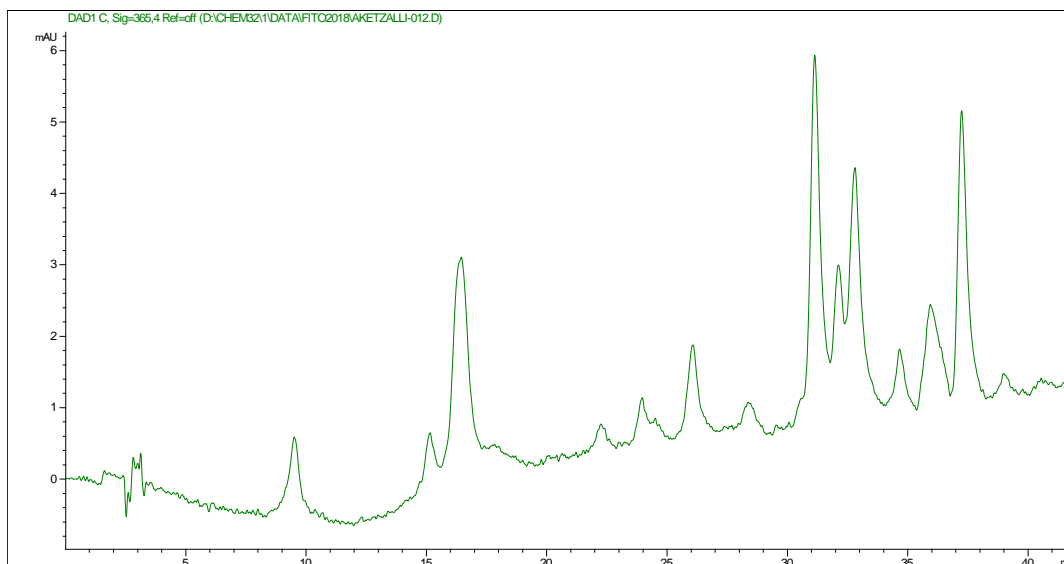


Figura 8. Cromatograma del extracto metanólico de *S. americanum* por HPLC detectado a 365.4 nm.

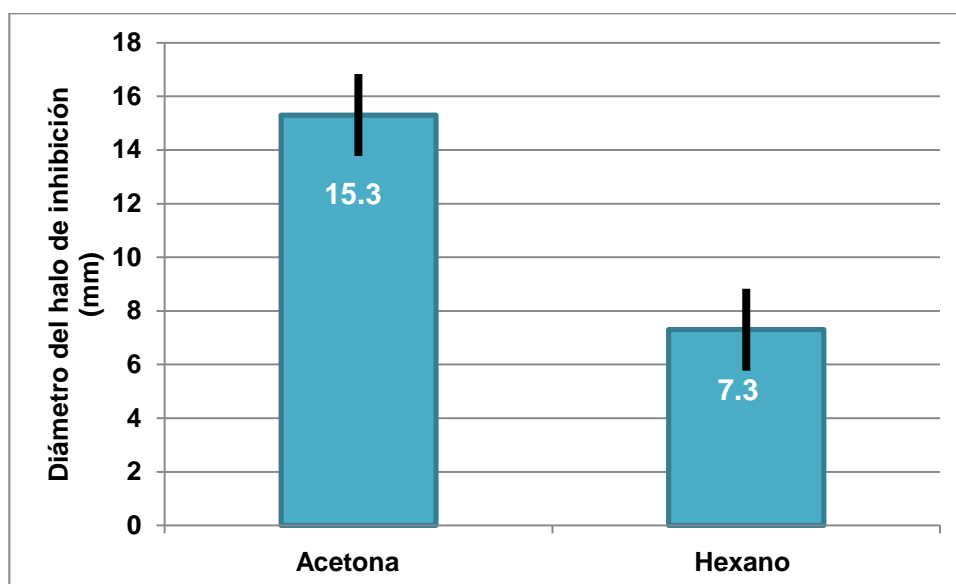
Pruebas antibacterianas

P. hysterothorus

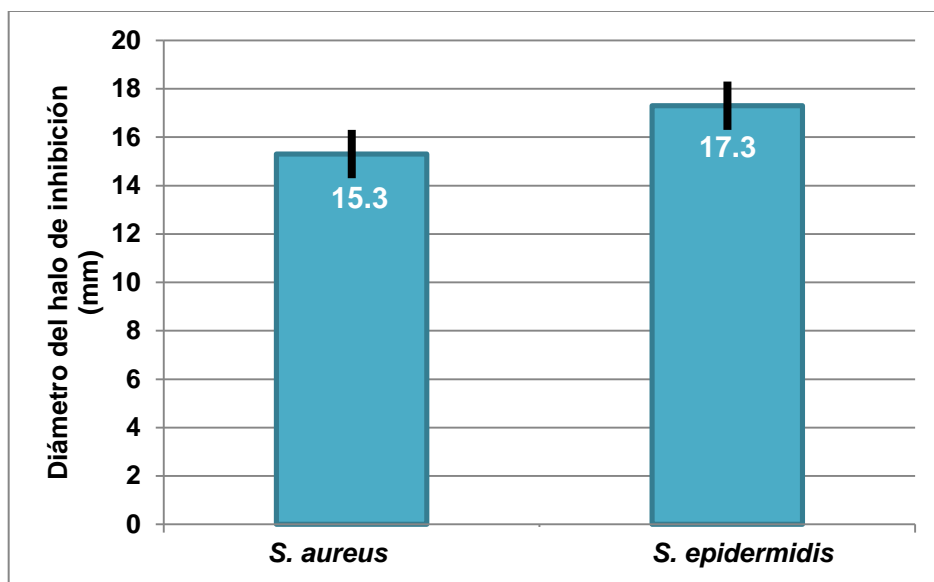
El extracto hexánico y el acetónico de *P. hysterothorus* mostraron actividad en las pruebas antibacterianas pues obtuvieron halos de inhibición frente a *S. aureus* y *S. epidermidis*. Sin embargo, el extracto metanólico no inhibió el crecimiento bacteriano. El promedio de los halos de inhibición del extracto hexánico de *P. hysterothorus* en *S. aureus* fue de 7.3 mm y para el extracto acetónico de 15.3 mm. En el caso de la actividad antibacteriana en *S. epidermidis* sólo fue activo en el extracto acetónico la medida promedio de los halos fue de 17.3 mm (Tabla 17).

Tabla 17. Actividad antimicrobiana de <i>P. hysterothorus</i> .			
Cepa	Halos de inhibición (mm)		
	Extracto hexánico	Extracto acetónico	Extracto metanólico
<i>S. aureus</i>	7.3±1.5	15.3±1.5	0.0
<i>S. epidermidis</i>	0.0	17.3±2.1	0.0

Esta especie presentó efecto antimicrobiano en las dos cepas bacterianas utilizadas para las pruebas, por lo que fue posible realizar dos análisis estadísticos de t de student para comparar los resultados de la actividad antimicrobiana de esta planta. El primero fue para *S. aureus* frente a los extractos acetónico y hexánico. El segundo fue para el extracto acetónico contra ambas cepas. En el caso de la inhibición de los extractos acetónico y hexánico de *P. hysterothorus* sobre *S. aureus* los resultados indican que hay una diferencia estadísticamente significativa entre ambos extractos, siendo el acetónico el más activo de los dos (Gráfica 1). Por otro lado, los resultados del extracto acetónico sobre *S. epidermidis* y *S. aureus* indican que no hay una diferencia significativa en la efectividad del extracto contra ambas cepas, de acuerdo con este estadístico, es igual (Gráfica 2).



Gráfica 1. Actividad antibacteriana de los extractos acetónico y hexánico de *P. hysterothorus* en contra de *S. aureus*



Gráfica 2. Actividad antibacteriana del extracto acetónico de *P. hysterothorus*.

En el presente trabajo el extracto hexánico de 5 g de *P. hysterothorus* obtuvo halos de 15.3 ± 1.5 mm en *S. aureus* y 17.3 ± 2.1 mm *S. epidermidis*. Por lo que nuestros resultados fueron menores a los reportados por Kaur *et al.* (2016) de su extracto acetónico obtenido a partir de 10 g de *P. hysterothorus* dio halos de inhibición de 24.6 mm de diámetro.

Por otro lado, Madan *et al.* (2011) notificó la actividad de sus dos extractos obtenidos de con éter de petróleo y diclorometano-éter-metanol de las hojas de *P. hysterothorus* contra *S. aureus* cuyos halos alcanzaron un diámetro de 9 mm por lo que son más pequeños que los obtenidos en el presente trabajo.

Bezuneh (2015) en su recopilación de datos encontró actividad antimicrobiana de esta especie frente a cepas como *S. aureus* y *S. epidermidis*. También esta planta inhibe otras múltiples especies microbióticas entre las que se encuentran *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Enterococcus sp.*, *Staphylococcus aureus*, *S. epidermidis*, *Salmonella typhimurium*, *Vibrio cholerae*, *Shigella flexneri*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Micrococcus luteus*, *Bacillus cereus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Enterobacter aerogenes*, *Xanthomonas vesicatoria*, *Ralstonia solanacearum*.

Kaur *et al.* (2016) reportan el efecto antimicrobiano de los extractos obtenidos con 10 gramos de *P. hysterophorus* en varios organismos como son *E. coli*, *P. aeruginosa*, *C. albicans*, *B. subtilis*, *Saccharomyces cerevisiae* y *S. aureus*. El extracto que más efectividad tuvo fue el acetato de etilo con 28.3 mm de diámetro en sus halos de inhibición en *S. aureus*. De acuerdo con esta referencia, el extracto metanólico si tuvo actividad antibacteriana, sin embargo, el resultado fue inferior a comparación de otros extractos de menor polaridad.

Euphorbias

E. hirta

Los extractos acetónico y metanólico de *E. hirta* no fueron activos en ninguna de las cepas. Por otro lado, los halos de inhibición del extracto hexánico en *S. aureus* fueron de 9.5 ± 0.5 mm (Tabla 18). Para *S. epidermidis* no se obtuvo ningún efecto inhibitorio.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Sudhakar *et al.* (2006), Ngemenya *et al.* (2006), Rajeh *et al.* (2010) y Perumal *et al.* (2012) en cuanto a la actividad sobre *S. aureus*. Los halos de inhibición sobre *S. epidermidis* difieren con lo mencionado por Parekh *et al.* (2005) y Bittner *et al.* (2001) ya que ellos si encontraron efectividad en esta cepa. Parekh *et al.* (2005) trabajo con 10 gramos de planta, por otro lado, Bittner *et al.* (2001) realizó una revisión en la que no reportó este dato. Ambos autores además hallaron efectividad de esta especie sobre *S. aureus*. En esta investigación se usaron 5 gramos.

Tabla 18. Actividad antimicrobiana de <i>E. hirta</i> .			
Cepa	Halos de inhibición (mm)		
	Extracto hexánico	Extracto acetónico	Extracto metanólico
<i>S. aureus</i>	9.5 ± 0.5	0.0	0.0
<i>S. epidermidis</i>	0.0	0.0	0.0

Para *E. hirta* autores como Parekh *et al.* (2005) que reportan la inhibición de un extracto metanólico obtenido a partir de 10 gramos de material vegetal sobre *S. epidermidis*, *B. subtilis*, *P. pseudoalcaligenes*, *P. vulgaris* y *S. typhimurium*. Sudhakar *et al.* (2006) la observó en especies como *E. coli*, *P. vulgaris*, *P. aeruginosa*, *B. pumilus*, *S. aureus*, *Streptococcus faecalis*, *C. albicans*, *A. niger* y *R. oligosporus*, sin embargo, no menciona la cantidad de planta que utilizó. De la misma forma Ngemenya *et al.* (2006) omitieron este dato. A su vez hallaron inhibición de *E. hirta* en *E. coli* y *P. aeruginosa*, pero no tuvo efecto en *S. aureus* y *Salmonella typhimurium*.

En estudios más recientes Perumal *et al.* (2012) observaron actividad inhibitoria de los extractos de *E. hirta* en en múltiples organismos como *Enterobacter aerogens*, *E. coli*, *Klebsiela pneumonia*, *Proteus mirabilis*, *P. vulgaris*, *P. aureuginosa*, *S. typhi*, *Shigella typhi*, *Ahigella dysenteriae*, *Aspergillus niger*, *B. subtilis*, *C. albicans*, *C. glabrata* y en *S. aureus*. Rajeh *et al.* (2010) por su parte reporta inhibición de *S. aureus*, *Bacillus thuringiensis*, *B. subtilis*, *Micrococcus sp.*, *K. pneumonia*, *Proteus miranilis*, *Salmonella typhi* y *C. albicans*.

Euphorbia* sp. y *E. nutans

Los extractos hexánicos de *Euphorbia* sp. y *E. nutans* fueron los únicos que mostraron actividad en las pruebas antibacterianas sobre *S. aureus*. Con el extracto metanólico y el acetónico de ambas especies no se inhibió el crecimiento bacteriano de ninguna cepa. Los halos de inhibición del extracto hexánico de *Euphorbia* sp. en *S. aureus* fueron de 11.0±1.0 mm y para *E. nutans* con 9.0±0.0 mm (Tabla 19).

Tabla 19. Actividad antimicrobiana de <i>Euphorbia</i> sp. y <i>E. nutans</i> .				
Especie	Cepa	Halos de inhibición (mm)		
		Hex	Acet	Met
<i>Euphorbia</i> sp.	<i>S. aureus</i>	11.0 ± 1.0	0.0	0.0
	<i>S. epidermidis</i>	0.0	0.0	0.0
<i>E. nutans</i>	<i>S. aureus</i>	9.0 ± 0.0	0.0	0.0
	<i>S. epidermidis</i>	0.0	0.0	0.0

Hex= Extracto hexánico Acet= Extracto acetónico Met= Extracto metanólico

Los resultados obtenidos por Natarajan *et al.* (2005), Rojas *et al.* (2008), Hanane *et al.* (2014) y Mohammadi *et al.* (2015) concuerdan con los obtenidos en este trabajo ya que ellos también encontraron efecto inhibitorio en *S. aureus* por alguna especie dentro del género *Euphorbia*. Sin embargo, Bittner *et al.* (2001) mencionan que en las Euphorbias hay especies que pueden inhibir tanto a *S. epidermidis* como a *S. aureus*.

Bittner *et al.* (2001) reportaron que algunas especies de la familia Euphorbiaceae tienen capacidad antibacteriana sobre cepas como *B. subtilis*, *E. coli*, *P. aeruginosa*, *Sarcina* sp., *S. aureus*, *S. epidermidis*, *S. faecalis* y *Sarcina lutea*.

Natarajan *et al.* (2005), Rojas *et al.* (2008), Hanane *et al.* (2014), Mohammadi *et al.* (2015) entre otros habían realizado trabajos con especies del género *Euphorbia*. Los experimentos que estos autores realizaron dieron como resultado inhibición de especies como *B. pumilis*, *B. subtilis*, *S. aureus*, *E. coli*, *P. aeruginosa*, *K. pneumoniae*, *P. vulgaris*, *E. faecalis*, *S. typhii* en su variedad A y B. Por lo que los resultados obtenidos para *Euphorbia* sp. y *E. nutans* coinciden con lo descrito anteriormente en lo que respecta a los halos de *S. aureus* en el extracto hexánico.

S. americanum

El extracto hexánico de *S. americanum* presentó halos de inhibición en *S. aureus* cuya medida fue de 8.5 ± 0.5 mm (Tabla 20). Por otro lado, tanto el extracto acetónico como el metanólico no inhibieron el crecimiento bacteriano.

Tabla 20. Actividad antimicrobiana de <i>S. americanum</i>.			
Cepa	Halos de inhibición (mm)		
	Extracto hexánico	Extracto acetónico	Extracto metanólico
<i>S. aureus</i>	8.5 ± 0.5	0.0	0.0
<i>S. epidermidis</i>	0.0	0.0	0.0

El efecto antimicrobiano de *S. americanum* fue reportado para *S. aureus* y *S. epidermidis* por varios autores como Venkatesan *et al.* (2009), ellos mencionan que hay

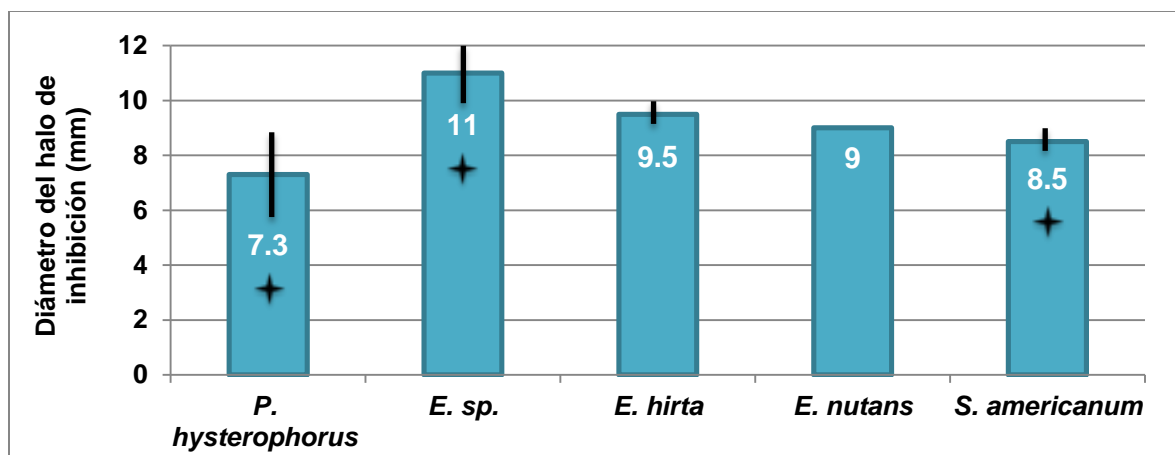
actividad antimicrobiana en *Streptococcus pyogenes*, *S. agalactiae*, *S. faecalis*, *B. anthracis*, *B. subtilis*, *E. coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Shigella flexneri*, *S. sonnei*, *S. boydii*, *S. typhi*, *S. paratyphi*, *V. cholerae*, *P. aeruginosa*, *Microsporium gypsum*, *Trichophyton mentagrophytes*, *Epidermatophyton floccosum* y *Aspergillus niger*.

El efecto antimicrobiano por parte de *S. americanum* para *S. aureus* también ha sido descrito por Sánchez *et al.* (2003), Abbas *et al.* (2014), Kumar *et al.* (2016), Modilal *et al.* (2015) y Hamad *et al.* (2018). También mencionan su efecto en otros organismos como *C. albicans*, *B. cereus*, *E. coli*, *Micrococcus luteus*, *E. aerogens*, *Klebsiella pneumoniae*, *S. typhimurium*, *P. aureuginosa* y *E. aerogens*.

Los resultados reportados por autores anteriores coinciden con el efecto inhibitorio de esta especie en *S. aureus* más no en *S. epidermidis*. Sin embargo, los autores no reportaron la medida exacta de los halos de inhibición por lo que no se pueden comparar nuestros halos de inhibición.

Comparación de la actividad antimicrobiana de las cinco especies.

Para poder comparar la actividad antimicrobiana de las cinco especies se realizó una prueba de ANOVA para los resultados obtenidos en el análisis antibacteriano aplicado sobre *S. aureus* (Gráfica 3). Se realizó esta prueba con la finalidad de determinar si la actividad antibacteriana es estadísticamente diferente entre las especies estudiadas. El análisis arrojó que los resultados de *S. americanum* fue la menos activa y *Euprobia* sp. la más activa de los extractos hexánicos ($p < 0.05$).



Gráfica 3. Comparativo de la actividad antibacteriana de los extractos hénxicos de las cinco especies frente a *S. aureus*. Diferencia significativa +

Conclusiones

Los grupos de metabolitos secundarios que se pudieron detectar mediante reacciones coloridas de los extractos fueron fenoles, glucósidos, saponinas y alcaloides en *P. hysterophorus*. Fenoles, glucósidos y alcaloides en *E. hirta*, fenoles, glucósidos, saponinas y alcaloides en *Euphorbia sp.* glucósidos y saponinas en *E. nutans*. y finalmente glucósidos y saponinas en *S. americanum*.

Los extractos metanólicos obtenidos de las cinco especies se caracterizaron mediante HPLC. De este análisis se obtuvieron cromatogramas en los que se podían diferenciar las especies estudiadas en cuanto a sus principales componentes químicos de tipo flavonoides. Por lo que se concluye que estas 5 especies pueden ser diferenciadas a través de sus compuestos químicos.

Los resultados de las pruebas de actividad antibacteriana se distinguieron entre las diferentes especies. Todas las plantas presentaron actividad antibacteriana en el extracto hexánico. Los halos obtenidos en las tres Euphorbias fueron más activas que *P. hysterophorus* y *S. americanum* en el extracto hexánico. Mientras que la única planta que presentó actividad antibacteriana en el extracto acetónico fue *P. hysterophorus*.

Referencias

- Abu-Taleb A. M., El-Deeb K. y Al-Otibi F. O. 2011. Bioactivity of some plant extracts against *Drechslera biseptata* and *Fusarium solani*. *JFAE*. 9(3-4): 769-774.
- Abbas K., Niaz U., Hussain T., Saeed M. A., Javaid Z., Idrees A., y Rasool S. 2014. Antimicrobial activity of fruits of *Solanum nigrum* and *Solanum xanthocarpum*. *Acta Pol. Pharm.* 71(3): 415-421.
- Abubakar E. M. 2009. Antibacterial activity of crude extracts of *Euphorbia hirta* against some bacteria associated with enteric infections, *J. Medicinal Plants Res.* 7: 498-505.
- Aguilar A., Camacho J. R., Chino S., Jácquez P. y López M. E. 1994. *Herbario Medicinal del Instituto Mexicano del Seguro Social. Información Etnobotánica*. Instituto Mexicano del Seguro Social, México, D. F.
- Alejos-De la F. J. I., Ortega-S. J. L., Favela-R. J. E., González P. A., Sepúlveda B. M. y Blando N. J. L. 2000. Las plantas tóxicas en las regiones áridas y semiáridas del norte de México. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*. I (1): 57-61.
- Arana A. Y. A. y Quillay D. M. Á. 2016. Contenido de saponinas y actividad cicatrizante de *Cecropia peltata*, *Parthenium hysterophorus* y *Phylla strigulosa*. Machála: Universidad Técnica De Machala. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/7709>.
- Ávila-Uribe, M., García-Zárate, S., Sepúlveda-Barrera, A., & Godínez-Rodríguez, M. (2016). Plantas medicinales en dos poblados del municipio de San Martín de las Pirámides, Estado De México. *Polibotánica*, (42), 215-245.
- Bezuneh. T. T. 2015. Phytochemistry and Antimicrobial Activity of *Parthenium hysterophorus* L.: A Review. *Science Journal of Analytical Chemistry (SJAC)*. 3(3): 30-38.
- Bittner M., Alarcón J., Aqueveque P., Becerra J., Hernández V., Hoeneisen M. y Silva M. 2001. Estudio químico de especies de la familia Euphorbiaceae en Chile. *Bol. Soc. Chil. Quím.* 46(4): 419-431.
- Bruneton, J. (2001). *Farmacognosia, Fotoquímica, Plantas Medicinales*. (2ª. Ed.). Zaragoza, España. Editorial Acribia, S.A.

- CPFEUM [Comisión permanente de la Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos]. 2013. *Farmacopea Herbolaria de los Estados Unidos Mexicanos*. 2° ed. México, D. F. Secretaria de Salud, Comisión Permanente de la Farmacopea de los Estados Unidos.
- Chang H. L. Rosabal C. Y. y Morales L. J. Á. 2013. Composición fitoquímica de los tallos y hojas de la especie *Solanum nigrum* L. que crece en Cuba. *Rev. Cubana Plant. Med.* 18(1): 10-16.
- Chena-Becerra F., Palmeros-Sánchez B. Fernández, M. S. y Lozada-García J. A. 2014. Antimicrobial activity of nine medicinal plants from Veracruz, Mexico. *Int. J. Appl. Biol. Pharm.* 5(4): 113- 119.
- Chiappe P. A. C. 2013. Estudio fitoquímico de las hojas de la especie vegetal *Croton schiedeanus* (Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de: Magister en Ciencias-Química). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Química. Bogotá, Colombia.
- Croteau R. Kutchan T. M. y Lewis N. G. 2000. Natural products (Secondary metabolites). In: Buchanan B. Gruisem W. Jones R. (Eds.). *Biochemistry & Molecular Biology of Plants*. American Society of Plant Physiologist. New York. U. S. A.
- Díaz P. H. V., Fuertes R. C., Whu W. D., Jurado T. B., Roque A. M. y Arroyo A. J. 2011. Efecto antiagregante plaquetario *in vivo* y fibrinolítico *in vitro* del extracto etánolico de las hojas de *Oenothera rosea* Aiton (Chupasangre). *Rev. Soc. Quím. Perú.* 77(3): 225-234.
- Echevarría A., D'Armas H., Matute N. L., Jamarillo C., Rojas de Astudillo L., Benítez R. 2016. Evaluación de la capacidad antioxidante y metabolitos secundarios de dieciséis plantas medicinales. *Ciencia UNEMI.* 9(20): 29-35.
- Efferth T. y Greten H. J. 2012. Quality control for medicinal plants. *Med. Aromat. Plants.* 1: 7.
- Espinosa-Rivero J., Rendón-Huerta E., Romero I. 2015 Inhibition of *Helicobacter pylori* by *Parthenium hysterophorus* extracts. *J. Ethnopharmacol.* 174: 253–260.
- Gao F., Miski M., Gage D. A., Mabry T. J. 1985. Terpenoid constituents of *Viguiera dentata*. *J. Nat. Prod.* 48(2): 316-318.

- García O. D. y Gutierrez A. D. 2007. Rastreo cualitativo de alcaloides, saponinas y glicósidos cianogénicos en malezas usadas como forrajes en el estado de Querétaro. Programa de verano de la ciencia 2007. Facultad de Química Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, México. <https://www.uaq.mx/investigacion/difusion/veranos/memorias-2007/>. Consultado en: 10 de septiembre de 2018.
- Geissman, T. A. 1973. *Principios de química orgánica*. (2ª edición). Universidad de California, los Ángeles: Editorial Reverté, S. A.
- Giovannini P. Reyes-García G. P. Wald-Stein V. A., Heinrich M. 2011. Do pharmaceuticals displace local knowledge and use of medicinal plants? Estimates from across-sectional study in a rural indigenous community, Mexico. *Soc. Sci. Med.* 72 (6): 928-936.
- Gómez R. M. 2013. Estudio del bosque tropical caducifolio en las barrancas de Tonicato, Estado de México, México. (Tesis de Licenciatura en Biología). Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. 79 p.
- Gómez-Flores R. Reyna-Martínez R. Tamez-Guerra P., Quintanilla-Licea R. (2012). Antibacterial activity of *Oenothera rosea* (L'Her) leaf extracts. *Brit. J. of Med. & Med. Res.* 2(3): 396-404.
- Grice E. A. Kong H. H. Conlan S. Deming C. B. Davis J. Young A. C. NISC Comparative Sequencing Program, Bouffard G. G. Blakesley. R. W. Murray P. R. Green E. D. Turner M. L. Segre J. A. 2009. Topographical and temporal diversity of the human skin microbiome. *Science*. 324: 1190–1192.
- Gupta D. R. y Garg S. K. 1966. A chemical examination of *Euphorbia hirta* Linn. *BCSJ*. 39(11): 2532-2534.
- Hamad G. M., Zeitoun A. M., Abu-Serie M. M. y Hafez E. E. 2018. Detection and control of foodborne pathogenic bacteria using *Solanum nigrum* extract as antibacterial in meat products. *ARRB*. 23(6): 1-17.
- Hanane F., Abdellah E. y Abdeslam L. 2014. *In vitro* antioxidant and antibacterial activity of the root extract of *Euphorbia resinifera*. *J. Pharmacogn. Phytochem.* 2(5): 161 - 163.

- Harwood. L. M. y Moody C. J. 1989. *Experimental organic chemistry: Principles and practice*. Blackwell Scientific Publications. Oxford. U. K.
- Henrich M. Ankli A. Frei B. Weiman C., Sticher O. 1998. Medicinal plants in Mexico: Healers consensus and cultural importance. *Soc. Sci. Med.* 47(11): 1859±1871.
- Hsiu-Chen H. Kai-Yang S., Jen-Kun L. 2010. Chemical Composition of *Solanum nigrum* Linn Extract and Induction of Autophagy by Leaf Water Extract and Its Major Flavonoids in AU565 Breast Cancer Cells. *J. Agric. Food Chem.* 58(15): 8699–8708.
- Hussain F. Kalim M. Ali H. Ali T. Khan M. Xiao S. Iqbal M. N. and Ashraf A. 2016. Antibacterial Activities of Methanolic Extracts of *Datura inoxia*. *PSM Microbiology.* 1(1): 33-35.
- Iglesias E. L. Pardo M. H. Y Villanueva A. M. 2002. Heridas, contusiones y pequeños traumatismos. *Farmacia Profesional.* 16(8): 59.
- INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Tonatico, México. Fecha de consulta: 10 de agosto del 2016. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/15/15107.pdf>
- Jaramillo J. C., Jaramillo E. A., D'Armas H., Troccoli L., Rojas de Astudillo L. 2016. Concentraciones de alcaloides, glucósidos cianogénicos, polifenoles y saponinas en plantas medicinales seleccionadas en ecuador y su relación con la toxicidad aguda contra *Artemia salina*. *Rev. Biol. Trop.* 64(3): 1171-1184.
- Jassbi A. R. 2006. Chemistry and biological activity of secondary metabolites in *Euphorbia* from Iran". *Phytochemistry.* 67: 1977-1984.
- Juárez C. M. 2004. Evaluación de la actividad antiinflamatoria y analgésica de los extractos de *Oenothera rosea* en diferentes modelos *in vivo* (Tesis de Licenciatura en Biología Experimental). Plantel Iztapalapa. Universidad Autónoma Metropolitana. D.F, México. 83 p.
- Juárez-Vázquez M. C. Carranza-Álvarez C. Alonso-Castro A. J. González-Alcaraz V. F. Bravo-Acevedo E. Chamarro-Tinajero F. J. Solano E. 2013. Ethnobotany of medicinal plants used in Xalpatlahuac. *J. Ethnopharmacol.* 148(2): 521–527.
- Kaur M. Aggarwal N. K. and Dhiman R. 2016. Antimicrobial Activity of Medicinal Plant: *Parthenium hysterophorus* L. *Res. J. of Med. Plant.* 7 p.

- Kollipara R. Peranteau A. J. Nawas Z. Y. Tong Y. Woc-Colburn L. Yan A. C. Lupi O. Y Tyring S. K. 2016. Emerging infectious diseases with cutaneous manifestations: Fungal, helminthic, protozoan and ectoparasitic infections. *J. Am Acad. Dermatol.* 75(1):19-30.
- Kumar P., Kumar J., Kumar R. and Dubey R. C. 2016. Studies on phytochemical constituents and antimicrobial activities of leaves, fruits and stems of *Solanum nigrum* L. *Asian J. Plant Sci. Res.* 6(4): 57-68.
- León E. D. A. 2019. Flora medicinal de Tonatico, Estado de México. (Tesis de Licenciatura en Biología en proceso). Facultad de Estudios Superiores Iztacala Universidad Nacional Autónoma de México.
- Loh D. S. Y., Er H. M. y Chen Y. S. 2009. Mutagenic and antimutagenic activities of aqueous and methanol extracts of *Euphorbia hirta*. *J. Ethnopharmacol.*, 126: 406-414.
- Luna C. R. 2014. Flora de las barrancas de Tonatico, Estado de México, México. (Tesis de Licenciatura en Biología). Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. 119 p.
- Madan H., Gogia S. y Sharma S. 2011. Antimicrobial and spermicidal activities of *Parthenium hysterophorus* Linn. and *Alstonia scholaris* Linn. *Indian J. Nat. Prod. Resour.* 2: 458-463.
- Márquez-Flores Y. K. Meléndez-Camargo M. E. Montellano-Rosales H. Campos A. M. E. 2009. Anti-inflammatory activity of aqueous and methanolic extracts of *Oenothera rosea* L' Hér. ex Ait in the rat. *Rev. Mex. Cien. Farm.* 40(3): 11-16.
- Martínez V., M., Ramírez A., T., Lazcano, M., Bye, R. 1999. Anti-inflammatory Active Compounds from the n-Hexane Extract of *Euphorbia hirta*. *J. Mex. Chem. Soc.* 43(3-4): 103-105.
- Medinilla, B. 1993. *Manual de Laboratorio de Fitoquímica. Universidad de San Carlos de Guatemala.* Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Guatemala.
- Modilal M. R. D., Anandan R., Sindhu R. y Logeshwari M.N. 2015. Screening of *Solanum nigrum* for its phytochemical and antimicrobial activity against respiratory tract pathogens. *Int. J. Pure Appl. Zool.* 3 (3):210- 215.
- Mohammadi S., Asgary V., Shandiz S. A. S., Heidari E., Jozaghkar H., Cohan R. A.

2015. Antimicrobial activity of methanolic root extracts of *Euphorbia condylocarpa* against pathogenic bacteria. *Adv Studies Biol.* 7(2): 55-64.
- Molina-Mendoza J. L. Galván-Villanueva R. Patiño-Siciliano A. Fernández-Nava R. 2012. Plantas medicinales y listado florístico preliminar del municipio de Huasca de Ocampo, Hidalgo, México. *Polibotánica.* 34: 239-271.
- Muñoz L. de B, F. 1987. *Plantas medicinales y aromáticas: Estudio, cultivo y procesado.* Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Natarajan D., Britto S., Srinivasan K., Nagamurugan N., Mohanasundari C., Perumal G. 2005. Anti-bacterial activity of *Euphorbia fusiformis*. A rare medicinal herb. *J Ethnopharmacol.* 102: 123 - 126.
- Nciki S. Vuuren S. van Eyk A. y de Wet H. 2016. Plants used to treat skin diseases in northern Maputaland, South Africa: antimicrobial activity and *in vitro* permeability studies. *Pharm. Biol.* 3:1-17.
- Ngemenya M. N., Mbah J. A., Tane P., Titanji, V. P. K., 2006. Antibacterial effects of some Cameroonian medicinal plants against common pathogenic bacteria. *Afr. J. Trad. CAM.* 3(2): 84-93.
- Oyeyemi, M. O, Olukole, S. G, Taiwo, Bolanle, & Adeniji, Deborah A. 2009. Sperm Motility and Viability in West African Dwarf Rams Treated with *Euphorbia hirta*. *Int. J. Morphol.* 27(2): 459-462.
- Parekh J., Jadeja D., Chanda S. 2005. Efficacy of aqueous and methanol extracts of some medicinal plants for potential antibacterial activity, *Turk J Biol.* 29: 203 - 210.
- Perumal S., Pillai S., Cai L. W., Mahmud R., Ramanathan S. 2012. Determination of minimum inhibitory concentration of *Euphorbia hirta* (L.) Extracts by tetrazolium microplate assay. *J Nat Prod.* 5: 68-76.
- Pliego O. N. 2011. Catálogo de plantas medicinales del Jardín Botánico del Instituto de Biología. (Tesis de Diplomado). TlahuiEdu A. C. México.
- Quesada M. S. 2007. Manual de experimentos de laboratorio para bioquímica. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José Costa Rica. 90-91 pp.
- Quintana O. E. A. Plascencia J. M. Burgos H. A. Guerrero R. J. C. Parra V. N. V., Cortez R. M. O. 2010. Extracto metanólico de *Datura stramonium* para el control *in vitro* e *in vivo* de *Ramularia cercosporelloides*, agente causal de la falsa cenicienta

- del cártamo (*Carthamus tinctorius*). *Rev. Mex. de Micol.* 31: 19-27.
- Rajeh M. A. B., Zuraini Z., Sasidharan S., Latha L. Y. y Amutha S. 2010. Assessment of *Euphorbia hirta* L. Leaf, Flower, Stem and Root Extracts for Their Antibacterial and Antifungal Activity and Brine Shrimp Lethality, *Molecules*, 15: 6008-6018.
- Rivas-Morales C. Oránday-Cárdenas Ma. A. y Verde-Star Ma. J. 2016. *Investigación en plantas de importancia médica*. Nuevo León, México. OmniaScience.
- Rodríguez B. V. 2015. Determinación del efecto cicatrizante de los extractos de *Amphipterygium adstringens* y *Datura inoxia* Miller. (Proyecto de investigación para Ingeniero Farmacéutico). Instituto Politécnico Nacional. 84 p. Obtenido de: <https://tesis.ipn.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/18687/TESIS%201.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rodríguez C. E., Gamboa C. Ma. Del M., Hernández C. F. y García H. J. D. 2016. *Bacteriología general: principios y prácticas de laboratorio*. 2ª ed. Editorial Universidad de Costa Rica, Costa Rica.
- Rojas R. Doroteo V. H. Díaz C. Vaisberg A. Neira M., Terry C. 2013. Actividad antioxidante, anti-elastasa, anti-colagenasa, protectora contra rayos UV-B, promotora de síntesis de colágeno *in vitro* y estudios de seguridad/ eficacia de extractos de *Bixa Orellana* ("Achiote") y *Oenothera rosea* ("Chupa sangre"). XXI Congreso Latinoamericano e Ibérico de Químicos Cosméticos. http://apqc.org.pe/boletines/ago-13/Trabajo_Colamiqc_2013.pdf. Consultado el: 12 de septiembre de 2018.
- Rojas, J., Velasco, J., Morales, A., Díaz, T., Meccia, G. 2008. Evaluation of antibacterial activity on different solvent extracts of *Euphorbia caracasana* Boiss and *Euphorbia cotinifolia* L. (Euphorbiaceae) collected in Venezuela. *BLCPMA*.7(4): 198-201.
- Ryan K. J. y Ryan C. G. 2011. *Sherris: Microbiología médica*. México. 5ª ed. MC Graw Hill.
- Salosso Y., Jasmanindar Y., 2014. Potential of Patikan Kerbau (*Euphorbia hirta*) as Antibacterial on *Aeromonas hydrophila* and *Vibrio alginolyticus* in Fish Culture. *Aquatic Science and Technology*, 2(1): 63-72.

- Sánchez L. M., Buones C., Pérez P., Rodríguez A., Noa M., Ginorio C. Y Gómez B. C. 2003. Actividad antibacteriana, cicatrizante y útero-estimulante de *Solanum americanum* Miller. *Actual Biol.* 25(78): 71-78.
- Sharma A., Flores-Vallejo R. D., Cardoso-Taketa A. y Villarreal M. L. 2016. Antibacterial activities of medicinal plants used in Mexican traditional medicine. *J. Ethnopharmacol.* <http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2016.04.045i>.
- Sharma J., Gariola S., Sharma Y. P., y Gaur R. D. 2014. Ethnomedicinal plants used to treat skin diseases by Tharu community of district Udham Singh Nagar, Uttarakhand, India. *J. Ethnopharmacol.* 158: 140-206.
- Sudhakar M., Rao Ch., Rao P., Raju D., Y. Venkateswarlu. 2006. Antimicrobial activity of *Caesalpinia pulcherrima*, *Euphorbia hirta* and *Asystasia gangeticum*. *Fitoterapia.* 77: 378-380.
- Thandamani K., Kathiravan M., Namasivayam E., Aruselvi P. I., Natesan G., Tiwari M., Giovanni B. y Perumal V. 2017. Enhanced larvicidal, antibacterial, and photocatalytic efficacy of TiO₂ nanohybrids green synthesized using the aqueous leaf extract of *Parthenium hysterophorus*. *Environ Sci Pollut Res.* DOI:10.1007/s11356-017-9177-0.
- Universidad de Barcelona. 2012a. Fundamento de la técnica http://www.ub.edu/oblq/oblq%20castellano/extraccio_fona.html. Consultada el: 18 de abril de 2018.
- Universidad de Barcelona. 2012b. Fundamento de la técnica http://www.ub.edu/oblq/oblq%20castellano/destilacio_fonament.html. Consultada el: 18 de abril de 2018.
- Universidad de Barcelona. 2012c. Fundamento de la técnica http://www.ub.edu/oblq/oblq%20castellano/cromatografia_fonament.html. Consultada el: 18 de abril de 2018.
- Universidad de Barcelona. 2012d. Otros tipos de cromatografía http://www.ub.edu/oblq/oblq%20castellano/cromatografia_altres.html. Consultada el: 18 de abril de 2018.
- Universidad de Barcelona. 2012e. Tipos de destilación. http://www.ub.edu/oblq/oblq%20castellano/destilacio_tipus.html. Consultada el: 18

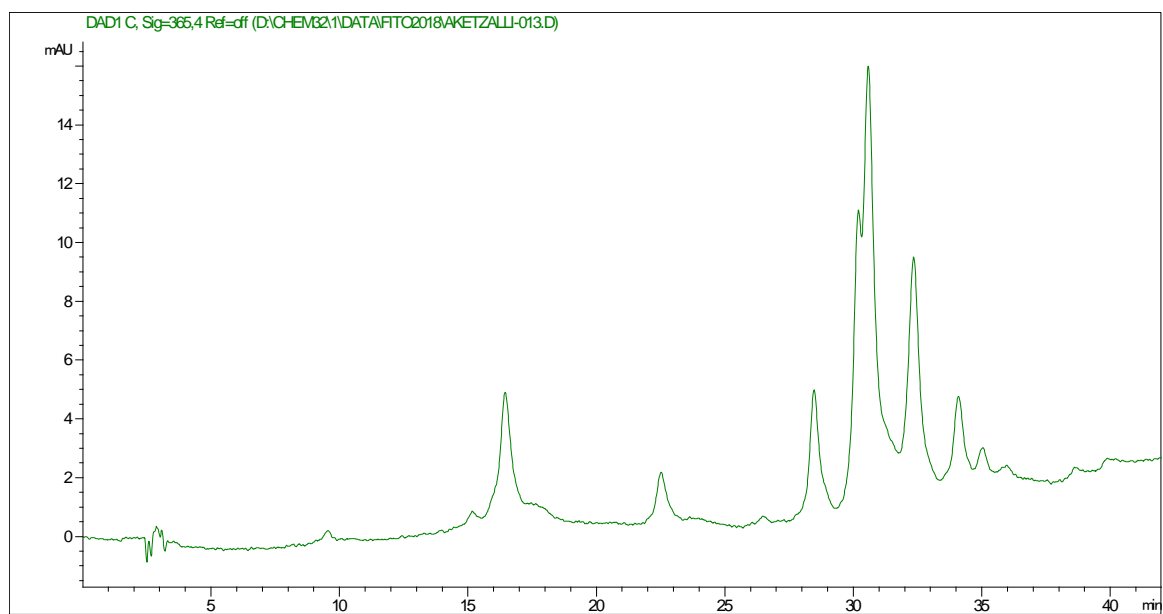
de abril de 2018.

- Valencia T. G., Garín A. M. E. 2010. Manual de prácticas de productos naturales. IPN. 56 p.
- Venkatesan D., Karrunakaran C. M. y Selva S. 2009. Studies on Phytochemical constituents, Functional Group Identification and Antimicrobial Activity of *Solanum nigrum* (Solanaceae). *Ethnobotanical Leaflets*. 13: 1485-1503.
- Vermillion K., Holguin F. O., Berhow M. A., Richins R. D., Redhouse T., O'Connell M. A., Posakony J., Mahajan S. S., Kelly S. M. y Simon J. A. 2011. Dinoxin B, a Withanolide from *Datura innoxia* Leaves with Specific Cytotoxic Activities. *J. Nat. Prod.* 74(2): 267-271.
- Villena N. C. A. Arroyo A. J. L. 2012. Efecto antiinflamatorio del extracto hidroalcohólico de *Oenothera rosea* (Yawar socco) en ratas con inducción a la inflamación aguda y crónica. *Ciencia e Investigación*. 15(1): 15-19.
- Waizel B. J. 2014. *Las plantas y su uso antitumoral: Un conocimiento ancestral con futuro prometedor*. Editorial Instituto Politécnico Nacional. México, México.
- Wang W. W. y Lu D. P. 2005. An *in vitro* study of cytotoxic and antineoplastic effects of *Solanum nigrum*, L. Extract on U266 Beijing. *Da Xue Xue Bao*. 37(3): 240-244.
- Yoshida T., Chen L., Shingu T. y Okuda T. 1988. Tannins and Related Polyphenols of Euphorbiaceous Plants. IV.: Euphorbins A and B, Novel Dimeric Dehydroellagitannins from *Euphorbia hirta* L. *Chem. Pharm. Bull.* 36(8): 2940-2949.
- Zaragoza R., Ramírez P. y López-Pueyo Ma. J. 2014. Infección nosocomial en las unidades de cuidados intensivos. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*. 32 (5): 320-327. <https://doi.org/10.1016/j.eimc.2014.02.006>.
- Zubair M., Rizwan K., Rasool N., Afshan N., Shahid M. y Ahmed V. 2011. Antimicrobial potential of various extract and fractions of leaves of *Solanum nigrum*. *International Journal of Phytomedicine*. 3(1): 63-67.

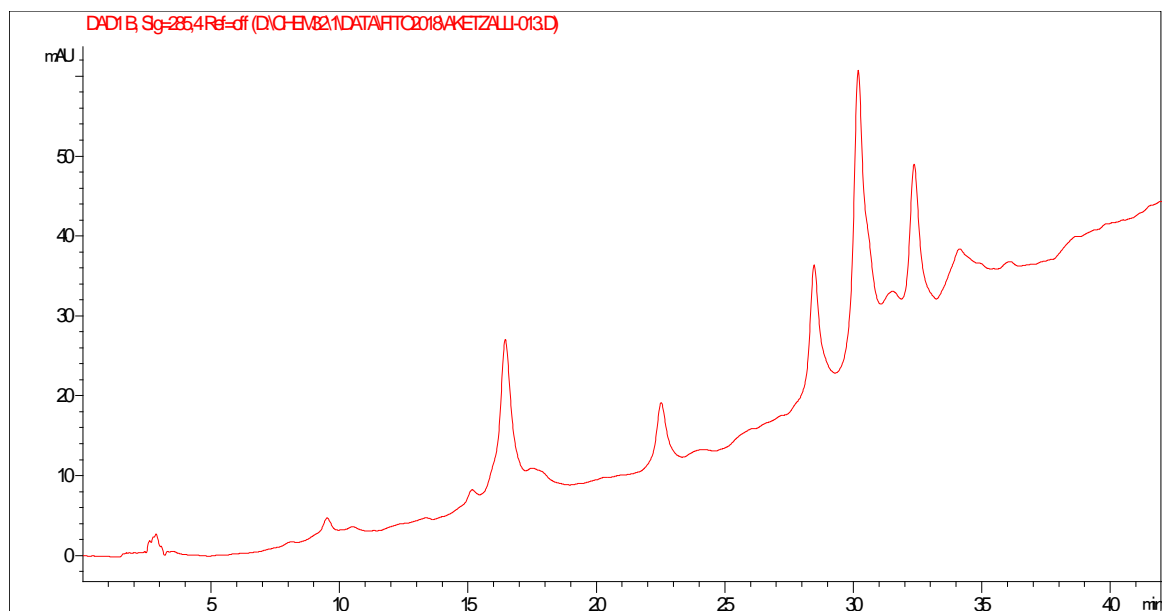
ANEXO

Cromatogramas por especie sin tiempo de retención.

P. hysterothorus

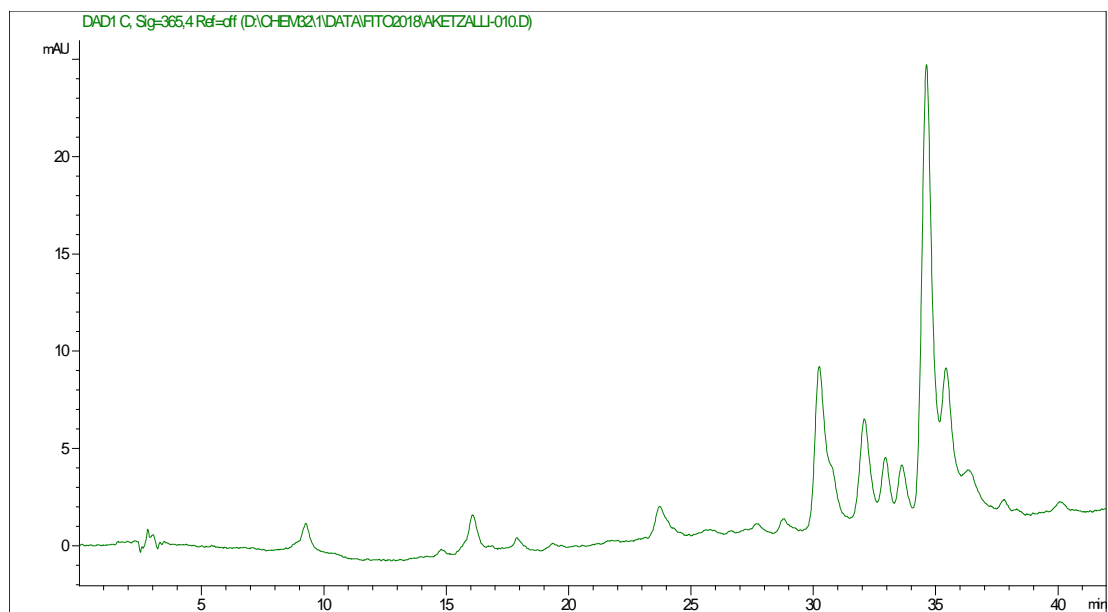


Cromatograma del extracto metanólico de *P. hysterothorus* por HPLC detectado a 365.4 nm.

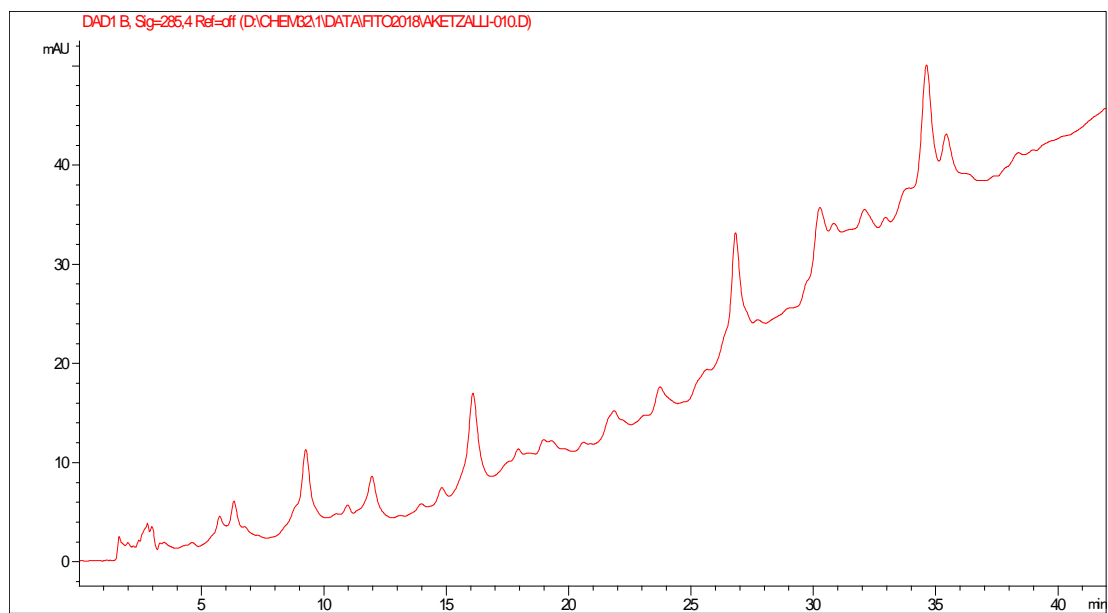


Cromatograma del extracto metanólico de *P. hysterothorus* por HPLC detectado a 285.4 nm.

E. hirta

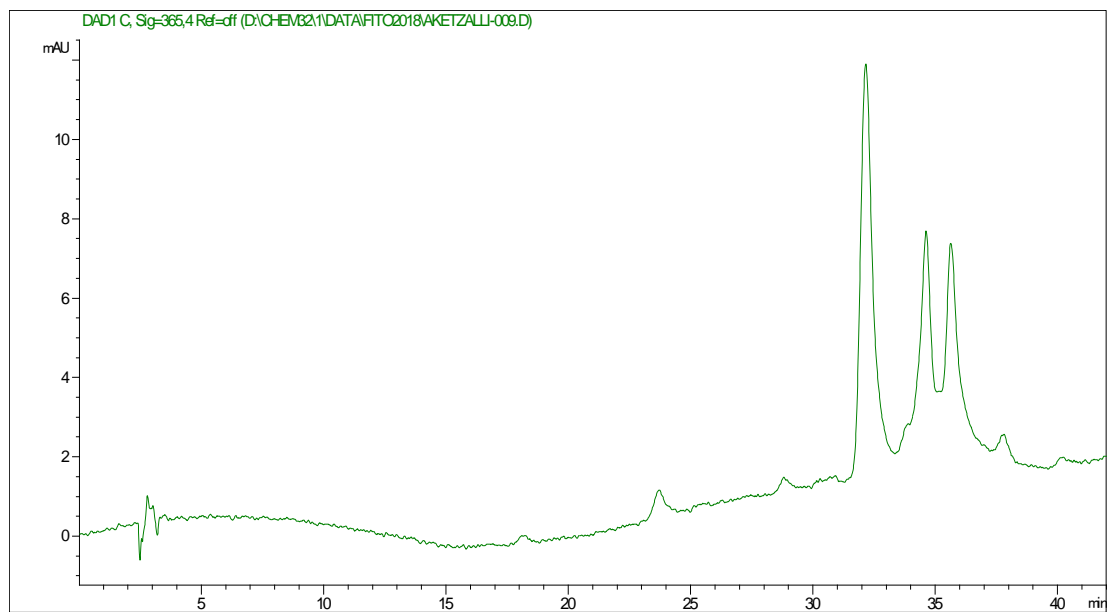


Cromatograma del extracto metanólico de *E. hirta* por HPLC detectado a 365.4 nm.

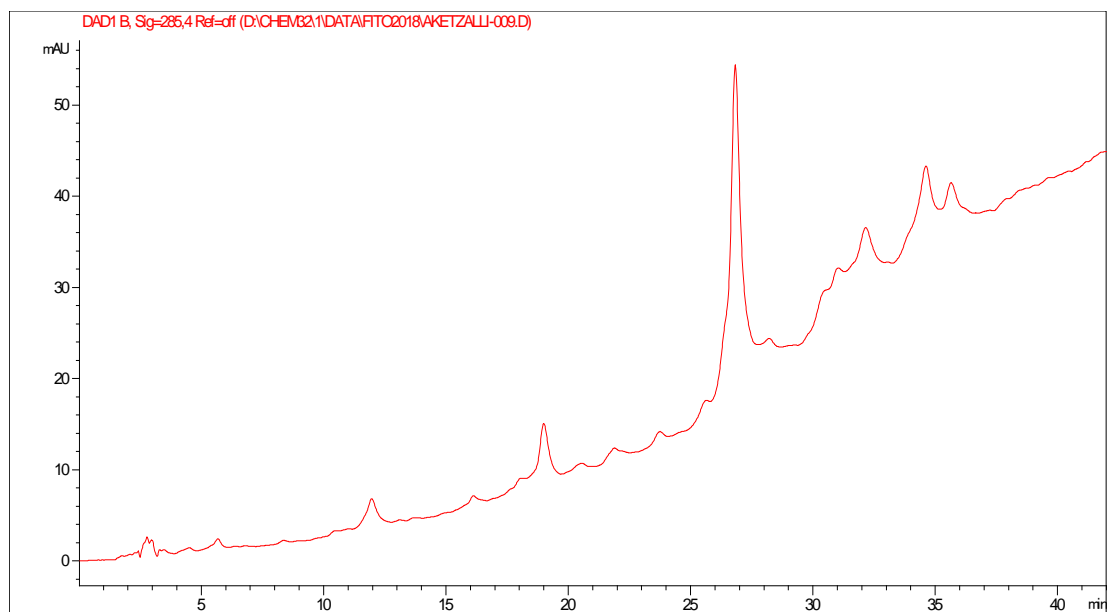


Cromatograma del extracto metanólico de *E. hirta* por HPLC detectado a 285.4 nm.

Euphorbia sp.

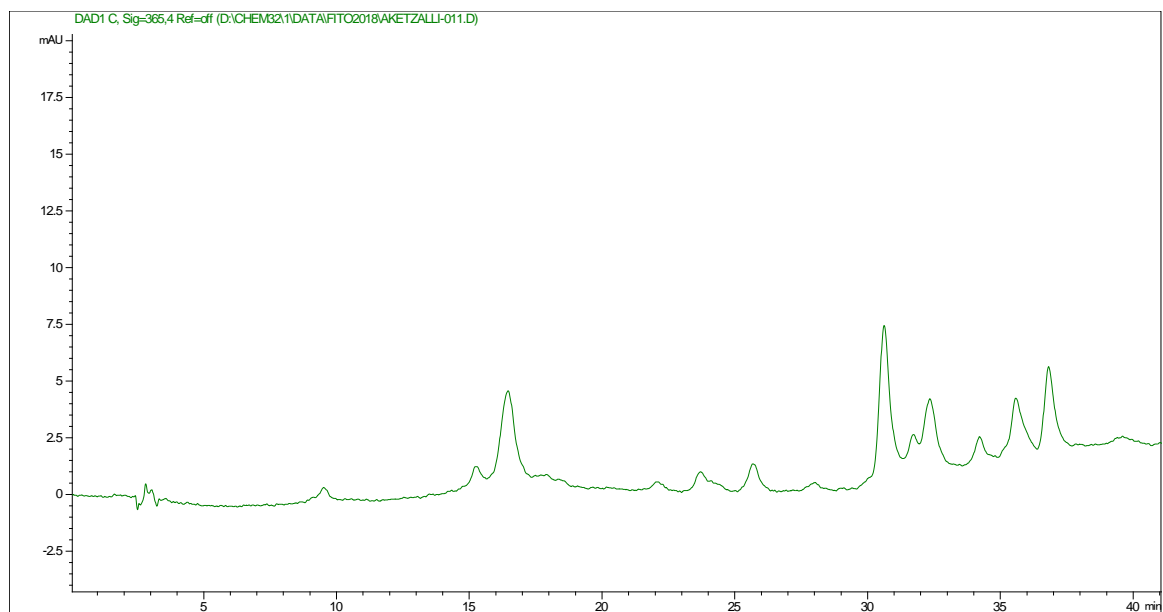


Cromatograma del extracto metanólico de *Euphorbia* sp. por HPLC detectado a 365.4 nm.



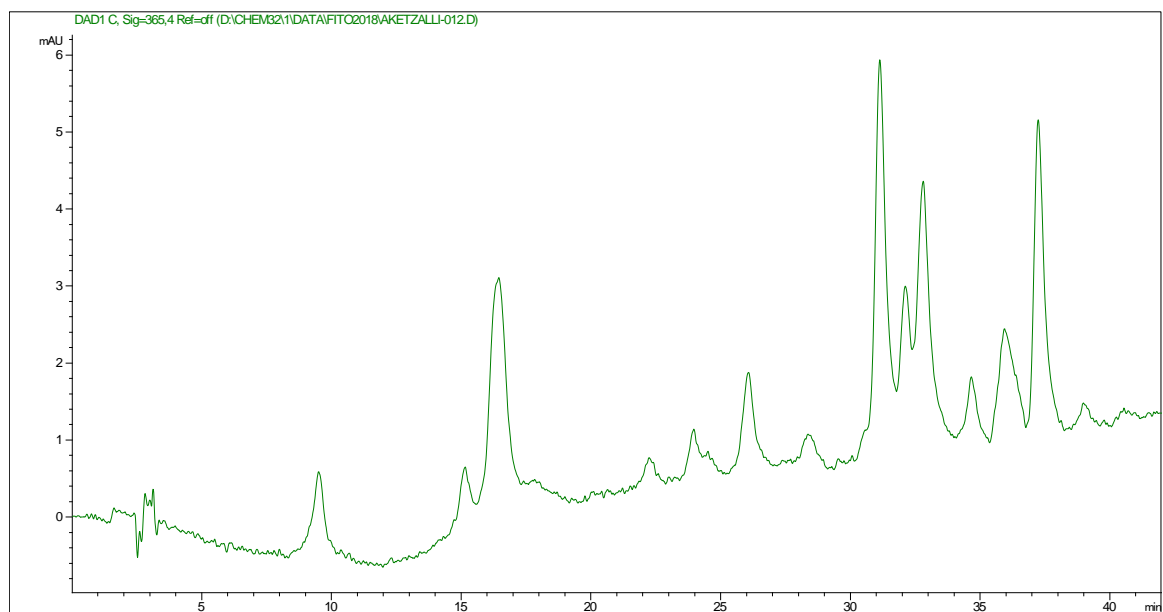
Cromatograma del extracto metanólico de *Euphorbia* sp. por HPLC detectado a 285.4 nm.

E. nutans

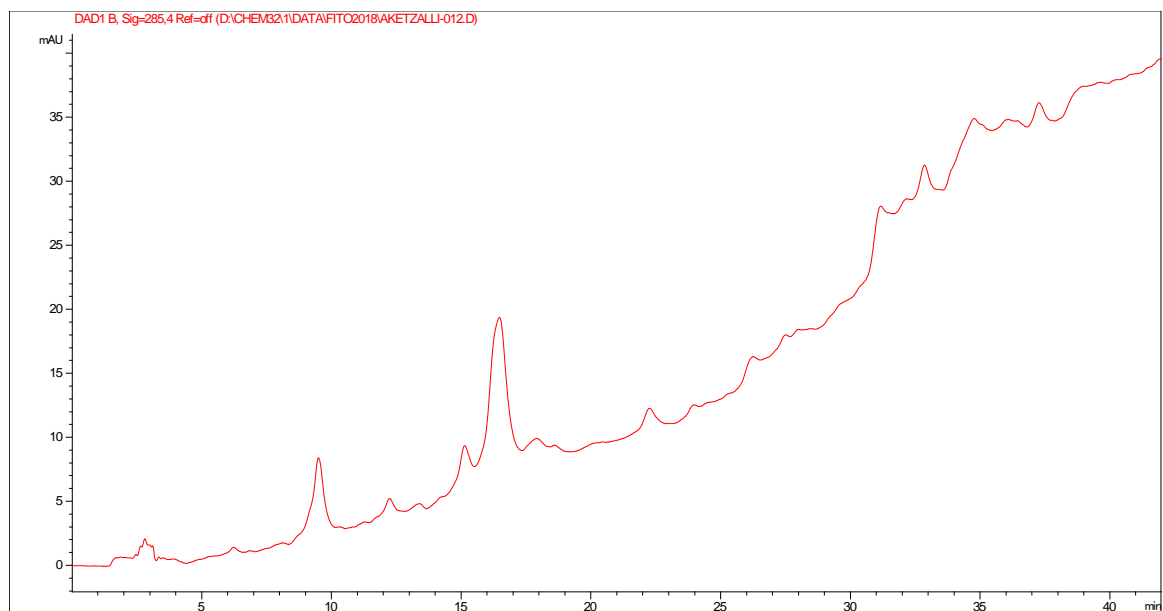


Cromatograma del extracto metanólico de *E. nutans* por HPLC detectado a 365.4 nm.

S. americanum



Cromatograma del extracto metanólico de *S. americanum*. por HPLC detectado a 365.4 nm.



Cromatograma del extracto metanólico de *S. americanum* por HPLC detectado a 285.4 nm.