



UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO

DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BÁSICAS



**“ANÁLISIS FITOQUÍMICO Y ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DE EXTRACTOS
ORGÁNICOS DE *Cecropia obtusifolia* B. Y *Cecropia peltata* L.”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN QUÍMICA

PRESENTA:

STEPHANI JAZMÍN BRAVATA SILVÁN

BAJO LA DIRECCIÓN DE:

DR. CARLOS ERNESTO LOBATO GARCÍA

EN CODIRECCIÓN DE:

M.C. MA. DOLORES PÉREZ GARCÍA

CUNDUACÁN, TABASCO, SEPTIEMBRE DE 2024

Declaración de autoría y Originalidad

En la Ciudad de Cunduacán, el día 12 del mes de septiembre del año 2024, el que suscribe **Stephani Jazmín Bravata Silván** alumna(o) del Programa de **Licenciatura en Química** con número de matrícula **182A26021**, adscrito a la **División Académica de Ciencias Básicas**, de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, como autor(a) (es) de la Tesis presentada para la obtención del título y titulada "**Análisis fitoquímico y actividad antimicrobiana de los extractos orgánicos de *Cecropia obtusifolia* B. y *Cecropia peltata* L.**" dirigida por el **Dr. Carlos Ernesto Lobato García** como Director y por la **Dra. Ma. Dolores Pérez García** como co-Directora.

DECLARO QUE:

La Tesis es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual ni los derechos de propiedad industrial u otros, de acuerdo con el ordenamiento jurídico vigente, en particular, la LEY FEDERAL DEL DERECHO DE AUTOR (Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley Federal del Derecho de Autor del 01 de Julio de 2020 regularizando y aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia), en particular, las disposiciones referidas al derecho de cita. Del mismo modo, asumo frente a la Universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría o falta de originalidad o contenido de la Tesis presentada de conformidad con el ordenamiento jurídico vigente

Cunduacán, Tabasco a 12 de Septiembre del 2024.



C. Stephani Jazmín Bravata Silván
Nombre y firma

Autorización de Impresión



“ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE”



División
Académica
de Ciencias
Básicas



DIRECCIÓN

Cunduacán, Tabasco; a 12 de septiembre de 2024.

C. STEPHANI JAZMÍN BRAVATA SILVÁN PASANTE DE LA LIC. EN QUÍMICA PRESENTE

Por medio del presente, me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que proceda a la impresión del trabajo titulado “**ANÁLISIS FITOQUÍMICO Y ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DE EXTRACTOS ORGÁNICOS DE *Cecropia obtusifolia* B. Y *Cecropia peltata* L.**”, dirigido por el Dr. Carlos Ernesto Lobato García con la co-dirección de la Dra. Ma. Dolores Pérez García, bajo la modalidad de titulación por **TESIS**. La comisión de revisión conformada por el Dr. Luis Fernando Roa de la Fuente, Dr. Carlos Ernesto Lobato García, Dra. Nancy Romero Ceronio, Dra. Lorena Isabel Acosta Pérez y la Dra. Maricela de Jesús Alor Chávez, liberó el documento en virtud de que reúne los requisitos para el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente.

Sin otro particular, reciba usted un cordial saludo.

ATENTAMENTE

DRA. HERMICENDA PÉREZ VIDAL
DIRECTORA

C.c.p. Pasante.
C.c.p. Archivo.

DIR: DRA.HPV/kfvg

Km.1 Carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez, A.P. 24, C.P. 86690, Cunduacán, Tab., México.
Tel/Fax: (993) 3581500 Ext. 6702,6701 E-Mail: direccion.dacb@ujat.mx

www.ujat.mx

Carta de Cesión de Derechos

Cunduacán, Tabasco a 12 de septiembre de 2024.

Por medio de la presente manifestamos haber colaborado como AUTOR(A) y/o AUTORES(RAS) en la producción, creación y/o realización de la obra denominada "Análisis fitoquímico y actividad antimicrobiana de extractos orgánicos de *Cecropia obtusifolia* B. y *Cecropia peltata* L."

Con fundamento en el artículo 83 de la Ley Federal del Derecho de Autor y toda vez que, la creación y/o realización de la obra antes mencionada se realizó bajo la comisión de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; entendemos y aceptamos el alcance del artículo en mención, de que tenemos el derecho al reconocimiento como autores de la obra, y la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco mantendrá en un 100% la titularidad de los derechos patrimoniales por un período de 20 años sobre la obra en la que colaboramos, por lo anterior, cedemos el derecho patrimonial exclusivo en favor de la Universidad.

COLABORADORES



Stephani Jazmín Bravata Silván
Egresada de la Lic. En Química



Dr. Carlos Ernesto Lobato García
Director



Dra. Ma. Dolores Pérez García
Co-Directora

TESTIGOS



Dr. Abraham Gómez Rivera
Profesor Investigador



Dr. Ricardo López Rodríguez
Profesor Investigador

LICENCIATURA -ANÁLISIS FITOQUÍMICO Y ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DE EXTRACTOS ORGÁNICOS DE Cecropia obtusifolia B. Y Cecropia peltata L.

INFORME DE ORIGINALIDAD

12%

ÍNDICE DE SIMILITUD



FUENTES PRIMARIAS

1	www.amipronat.org.mx Internet	149 palabras — 1%
2	vbook.pub Internet	136 palabras — 1%
3	riaa.uaem.mx Internet	123 palabras — 1%
4	www.researchgate.net Internet	93 palabras — 1%
5	www.zaragoza.unam.mx Internet	74 palabras — 1%
6	vsip.info Internet	71 palabras — 1%
7	doi.org Internet	50 palabras — < 1%
8	jupiter.utm.mx Internet	49 palabras — < 1%
9	dokumen.pub Internet	48 palabras — < 1%



DIVISIÓN ACADÉMICA DE
CIENCIAS BÁSICAS
ESTUDIOS
TERMINALES

Dedicatoria

A mi madre, la Sra. Yarisol Silván Luna, el mayor ejemplo de fortaleza, dedicación y responsabilidad. Este logro es de ambas, porque sin tu guía, tu sacrificio y el apoyo constante, no sería la persona que soy hoy. Has sido la roca sólida en la que siempre he podido apoyarme, y tu ejemplo ha sido una fuente de inspiración. No hay palabras suficientes para expresar mi gratitud por todo el amor y el cariño que me has brindado a lo largo de los años.

A mi hermana, Milagros Bravata, la niña que llegó a revolucionar mi vida y mi perspectiva del mundo. Eres el motor que me impulsa cada día. El universo, Dios y la vida fueron tan sabios de poner en mi camino a un ser tan lleno de luz como tú. Este logro también es tuyo.

A mi abuelo, el Sr. José del Carmen Bravata López, un hombre lleno de paciencia y sabiduría. Fuiste la máxima inspiración para mi superación personal y profesional. Sé que desde el cielo estás celebrando conmigo.

A mi familia, que siempre ha creído en mí.

Agradecimientos

Agradezco infinitamente al Dr. Carlos Ernesto Lobato García y al Dr. Abraham Gómez Rivera, por brindarme su disponibilidad y paciencia en cada paso para la realización de este proyecto. Los conocimientos que compartieron y la dedicación que demostraron no solo han contribuido significativamente a la calidad del trabajo realizado, sino que también han dejado una huella profunda en mi crecimiento personal y profesional.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la Dra. María Dolores Pérez García por su valioso conocimiento y paciencia en el laboratorio. A pesar de la distancia, siempre estuvo dispuesta a ofrecer su apoyo y orientación.

A los integrantes del Laboratorio de Química Orgánica y Productos Naturales:

Dr. Ricardo López Rodríguez

Dr. Eric Jaziel Medrano Sánchez

Dra. Ammy Joana Gallegos García

LQ. Cristian Octavio Barredo Hernández

LQFB. Santiago Santos Vázquez

Quienes estuvieron siempre dispuestos a escucharme, apoyarme y a enseñarme cosas nuevas.

Agradezco especialmente a mis amigos por su apoyo incondicional y su compañía a lo largo de este proceso. Cada palabra de aliento y cada gesto de apoyo han hecho una diferencia significativa en mi camino, y me siento muy afortunada de contar con su amistad. Gracias por estar siempre ahí y por ser una parte tan importante de mi vida.

Finalmente, quiero agradecer al Laboratorio de Química Orgánica y Productos Naturales (DACB) y al Centro de Investigación Biomédica del Sur (IMSS), por brindarme el espacio en sus instalaciones, lo cual ha facilitado la realización de esta investigación.

Índice de Contenido

Declaración de autoría y Originalidad	ii
Autorización de Impresión	iii
Carta de Cesión de Derechos.....	iv
Informe de Originalidad.....	v
Dedicatoria.....	vi
Agradecimientos	vii
Tabla de abreviaturas.....	xiii
Resumen.....	xiv
Abstract.....	xv
1. Introducción	1
2. Marco teórico	3
2.1 Fitoquímica y metabolitos secundarios	3
2.1.1 Fitoquímica	3
2.1.2 Metabolitos secundarios	3
2.2 Cromatografía	6
2.2.1 Cromatografía de líquidos de alta resolución acoplada a detector de diodos	6
2.2.2 Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas.....	7
2.3 Metodologías para la evaluación antimicrobiana	9
2.3.1 Métodos de difusión.....	9
2.3.2 Métodos de dilución.....	9
2.4 Género <i>Cecropia</i>	10
2.4.1 Clasificación taxonómica	12

2.4.2	Diferencias entre <i>Cecropia peltata</i> y <i>Cecropia obtusifolia</i>	13
2.5	Estudios etnobotánicos del Género <i>Cecropia</i>	13
2.6	Estudios fitoquímicos del Género <i>Cecropia</i>	14
2.6.1	Fitoquímica de <i>Cecropia spp.</i>	15
2.6.2	Fitoquímica de <i>Cecropia peltata</i> y <i>Cecropia obtusifolia</i>	15
2.7	Estudios de actividad antimicrobiana del Género <i>Cecropia</i>	16
3.	Justificación	18
4.	Pregunta de investigación	18
5.	Hipótesis	18
6.	Objetivos.....	19
6.1	Objetivo general	19
6.2	Objetivos específicos	19
7.	Metodología	20
7.1	Colecta de material vegetal.....	21
7.2	Tratamiento del material vegetal y obtención de los extractos.....	21
7.3	Análisis metabólico de <i>Cecropia spp</i> mediante CLAR-DAD	21
7.4	Análisis metabólico de <i>Cecropia spp</i> mediante CG-EM.....	22
7.5	Actividad antimicrobiana (Microdilución en Caldo).....	23
8.	Resultados.....	25
8.1	Recolección y procesamiento del material vegetal	25
8.2	Análisis metabólico por CLAR-DAD del extracto hidroalcohólico de <i>Cecropia peltata</i> y <i>Cecropia obtusifolia</i>	25
8.3	Análisis metabólico del extracto hexánico por CG-EM de <i>Cecropia peltata</i> y <i>Cecropia obtusifolia</i>	28

8.4 Actividad antimicrobiana de los extractos orgánicos de <i>Cecropia peltata</i> y <i>Cecropia obtusifolia</i>	29
9. Discusión	30
9.1 Análisis metabólico por CLAR-DAD del extracto hidroalcohólico de <i>Cecropia peltata</i> y <i>Cecropia obtusifolia</i>	30
9.2 Análisis metabólico por CG-EM del extracto hexánico de <i>Cecropia peltata</i> y <i>Cecropia obtusifolia</i>	31
9.3 Actividad antimicrobiana de los extractos orgánicos de <i>Cecropia spp.</i>	34
10. Conclusiones.....	36
11. Bibliografía	38
12. Anexos	49
Anexo 1. Espectros UV-Vis del extracto hidroalcohólico de <i>Cecropia peltata</i>	49
Anexo 2. Espectros UV-Vis del extracto hidroalcohólico de <i>Cecropia obtusifolia</i>	49
Anexo 3. Tabla de compuestos identificados en el extracto hexánico de <i>Cecropia peltata</i> y <i>Cecropia obtusifolia</i> por CG-EM.....	50
Anexo 4. “Alojamiento de la Tesis en el Repositorio Institucional”.....	51

Índice de Figuras

Figura 1. Estructura general de los monoterpenos	4
Figura 2. Estructura química de compuestos fenólicos simples	4
Figura 3. Cromatógrafo de líquidos de alta eficiencia.....	7
Figura 4. Sistema para cromatografía de gases-espectrometría de masas	8
Figura 5. Árbol de <i>Cecropia sp.</i>	12
Figura 6. Hoja de <i>Cecropia sp.</i>	12
Figura 7. Estructuras de los principales metabolitos secundarios presentes en las especies de <i>Cecropia</i>	14
Figura 8. Esquema general de la metodología	20
Figura 9. Diagrama de la metodología seguida para determinar la actividad antimicrobiana por microdilución en caldo.....	24
Figura 10. Cromatogramas del extracto hidroalcohólico de <i>Cecropia peltata</i> y <i>Cecropia obtusifolia</i>	26
Figura 11. Cromatogramas de gases del extracto hexánico de <i>Cecropia peltata</i> y <i>Cecropia obtusifolia</i>	28
Figura 12. Estructura del β -sitosterol	32
Figura 13. Estructura del α -amirina	33

Índice de Tablas

Tabla 1. Características que diferencian a <i>Cecropia peltata</i> y <i>Cecropia obtusifolia</i>	13
Tabla 2. Principales compuestos aislados de los extractos orgánicos de <i>Cecropia spp.</i>	15
Tabla 3. Principales compuestos aislados de los extractos orgánicos de <i>Cecropia peltata</i> y <i>Cecropia obtusifolia</i>	15
Tabla 4. Estudios antimicrobianos de los extractos orgánicos de <i>Cecropia spp.</i>	17
Tabla 5. Cepas de microorganismos empleados para la evaluación de la actividad antimicrobiana	23
Tabla 6. Rendimiento de los extractos hidroalcohólico y hexánico de las muestras de <i>Cecropia spp.</i>	25
Tabla 7. Perfil fitoquímico por CLAR-DAD del extracto hidroalcohólico de <i>Cecropia peltata</i> y <i>Cecropia obtusifolia</i>	26
Tabla 8. Área bajo la curva y promedios correspondientes de los metabolitos secundarios principales para el género <i>Cecropia</i>	27
Tabla 9. Proporciones relativas de los cuatro metabolitos principales para el género <i>Cecropia</i>	27
Tabla 10. Compuestos identificados en el extracto hexánico de <i>Cecropia peltata</i> y <i>Cecropia obtusifolia</i> por CG-EM	29
Tabla 11. Actividad antimicrobiana (CMI µg/ml) de extractos orgánicos de <i>Cecropia peltata</i> y <i>Cecropia obtusifolia</i>	29

Tabla de abreviaturas

- AUC: Área bajo la curva
- CCF: Cromatografía en capa fina
- CG: Cromatografía de gases
- CG-EM: Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas
- CL: Cromatografía de líquidos
- CLAR-DAD: Cromatografía de líquidos de alta resolución acoplada a detector de diodos
- CMB: Concentración mínima bactericida
- CMI: Concentración mínima inhibitoria
- DMSO: Dimetilsulfóxido
- MMT: 3-(4,5-dimetiltiazol-2-il)- 2,5, bromuro de difenil tetrazolio
- NIST: Instituto Nacional de Estándares y Tecnología
- NP-PEG: difenilboriloxietilamina y polietilenglicol etanólico
- TTC: Cloruro de 2,3,5-trifeniltetrazolio

Resumen

La resistencia antimicrobiana en la actualidad representa uno de los problemas más grandes en temas de salud pública, debido a que los microorganismos han desarrollado la capacidad de tolerar los medicamentos ya existentes dando como resultado que los tratamientos sean menos efectivos aumentando el riesgo de infecciones, complicaciones graves o la muerte.

En esta investigación, se realizó el estudio fitoquímico del extracto hidroalcohólico y hexánico de las hojas de *Cecropia peltata* y *Cecropia obtusifolia*. El extracto hidroalcohólico se analizó mediante cromatografía líquida de alta resolución con detector de arreglo de diodos (CLAR-DAD), llevando a cabo una identificación cualitativa de los compuestos presentes. Se determinó la presencia de ácido clorogénico, isoorientina, orientina, un análogo de vitexina y un análogo de catequina.

Para el extracto hexánico de ambas especies, se realizó un análisis mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (CG-EM) y se identificaron 23 compuestos, siendo los de mayor abundancia: octacosano, nonacosano, hentriacontano, tritriacontano y dos compuestos con actividad biológica reportada como son: α -amirina y β -sitosterol.

Se evaluó la actividad antimicrobiana de los extractos por microdilución en caldo donde se pudo observar que el extracto hexánico de *C. peltata* e hidroalcohólico de *C. obtusifolia* fueron activos.

Por lo anterior, se concluye que los compuestos identificados en los estudios fitoquímicos podrían ser los responsables de la inhibición observada en la evaluación antimicrobiana.

Palabras claves: *Cecropia peltata*, *Cecropia obtusifolia*, análisis por CLAR-DAD, análisis por CG-EM, actividad antimicrobiana

Abstract

Antimicrobial resistance is an increasing problem in global health, where microorganisms as bacteria and fungi develop the ability to tolerate existing drugs. This occurs due to the excessive or inappropriate use of antimicrobials, resulting in treatments becoming less effective and increasing the risk of infections, severe complications, and even death.

In this research, the phytochemical study of hydroalcoholic and hexane extracts from the leaves of *Cecropia peltata* and *Cecropia obtusifolia* was conducted using chromatographic techniques. The hydroalcoholic extract was analyzed using High Performance Liquid Chromatography with Diode Array Detector (HPLC-DAD), qualitatively identifying compounds in each species through preliminary comparison with standards and literature, revealing the presence of chlorogenic acid, isoorientin, orientin, a vitexin analog, and a catechin analog.

The hexane extract of both species, was analyzed using Gas Chromatography coupled to Mass Spectrometry (GC-MS), identifying 23 compounds, including octacosane, nonacosane, hentriacontane, tritriacontane, and two compounds with reported biological activity: α -amyrin and β -sitosterol.

The antimicrobial activity of the extracts was evaluated using the broth microdilution method, where the hexane extract of *C. peltata* and the hydroalcoholic extract of *C. obtusifolia* showed antimicrobial activity. Based on these findings, it is concluded that the compounds identified in the phytochemical studies may be responsible for the observed inhibition in the antimicrobial evaluation.

Keywords: *Cecropia peltata*, *Cecropia obtusifolia*, HPLC analysis, GC-MS analysis, antimicrobial activity

1. Introducción

La medicina tradicional es un conjunto muy amplio de saberes y procedimientos que ha sido utilizado a través de los años en diversas culturas alrededor del mundo. Estos procedimientos incluyen de manera importante el empleo de plantas medicinales. Desde hace muchos años la medicina tradicional ha jugado un papel muy importante en el tratamiento y prevención de múltiples enfermedades. En muchos lugares, sigue siendo la primera opción para el cuidado de la salud, usándose de manera complementaria o integrándola a la medicina moderna. Esto ha despertado el interés en la investigación científica, ya que tras su estudio se han logrado identificar los compuestos responsables de la actividad biológica, dando así un sustento a numerosos tratamientos tradicionales.

En este sentido, las plantas del género *Cecropia* han sido utilizadas como alternativa medicinal para múltiples enfermedades, ya que sus metabolitos secundarios tienen efectos potenciales como antimicrobiano, hipoglucemiante, vasodilatador, antihistamínico y antiasmático (Hernández Carvajal, 2012). Dos especies importantes de este género empleadas en la medicina tradicional del estado de Tabasco son *Cecropia peltata* y *Cecropia obtusifolia*, para las cuales se ha reportado la presencia de flavonoides, ácido clorogénico, triterpenos y esteroides, a quienes se atribuyen los efectos farmacológicos encontrados (Ospina Chávez et al., 2013).

Por otro lado, debe reconocerse que una de las problemáticas de salud actual, es la resistencia a los antimicrobianos, lo cual hace que la población sea cada vez más susceptible a enfermedades infecciosas con mayor duración o que incluso pueden llegar hasta la muerte. Se ha reportado que las especies del género *Cecropia* tienen potencial antimicrobiano, representando una alternativa para los fármacos que ya existen en el mercado.

En este trabajo, se realizó el análisis semicuantitativo del contenido metabólico de los extractos orgánicos de *Cecropia peltata* y *Cecropia obtusifolia* mediante técnicas cromatográficas como la CLAR-DAD y la CG-EM, determinando que en el extracto hidroalcohólico de la especie *C. obtusifolia* es la que tiene mayor proporción de ácido clorogénico e isoorientina. En cambio, *C. peltata* posee la mayor proporción de orientina.

En el caso del extracto hexánico se observó la presencia de dos compuestos responsables de múltiples actividades biológicas como lo son el β -sitosterol, con una abundancia relativamente similar en ambas especies y la α -amirina que se encuentra más abundante en *C. peltata*.

Posteriormente los extractos orgánicos fueron probados en un modelo *in vitro* para así conocer su efectividad frente a diferentes cepas de microorganismos; se observó que el extracto hidroalcohólico de *C. obtusifolia* fue más activo frente a diez cepas de microorganismos, de las cuales 5 son grampositivas, 4 gramnegativas, además del hongo, lo cual podría atribuirse a la presencia de ácido clorogénico e isoorientina (Rojas *et al.*, 2006; Andrade-Cetto *et al.*, 2007; Ospina Chávez *et al.*, 2013; Rivera-Mondragón *et al.*, 2020). Por otro lado, el extracto hexánico de *C. peltata* fue más activo contra siete cepas, de los cuales 3 fueron de bacterias grampositivas, 3 gramnegativas y el hongo, lo cual podría deberse a la presencia de α -amirina, compuesto que ya ha sido reportado como antimicrobiano (Sáenz Esqueda *et al.*, 2012; Unidad de Informática del Instituto de Química, 2016).

2. Marco teórico

2.1 Fitoquímica y metabolitos secundarios

2.1.1 Fitoquímica

La palabra fitoquímica hace referencia al estudio de los compuestos con actividad biológica que se encuentran alojados en las plantas, los cuales han despertado el interés por su estudio ya que permiten el descubrimiento de nuevas estructuras químicas que resultan útiles en la producción de nuevos fármacos (Olivoto *et al.*, 2017).

La fitoquímica es una disciplina de la ciencia que tiene como objetivo la obtención de los compuestos sintetizados por las plantas aplicando procesos como la extracción, aislamiento, purificación, elucidación de las estructuras químicas y la caracterización de dichas sustancias para así conocer su actividad biológica y si benefician o perjudican la salud humana, a las plantas, animales y microorganismos (Figuroa Sánchez y García, 2002). Además, nos permite la clasificación de los componentes activos de acuerdo con el grupo funcional al que pertenecen y para comprobar los métodos analíticos más efectivos para su obtención (Olivoto *et al.*, 2017).

2.1.2 Metabolitos secundarios

Los metabolitos secundarios se forman a través de rutas biosintéticas del metabolismo primario (Luckner, 2013). Estos son compuestos químicos producidos por las plantas que desempeñan funciones fundamentales en su interacción con el medio ambiente, particularmente en la protección ya que actúan como repelentes o toxinas para herbívoros, patógenos u otros organismos que puedan representar una amenaza (Figuroa Sánchez y García, 2002). Algunos ejemplos habituales de metabolitos secundarios en las plantas incluyen alcaloides, terpenos, fenoles, entre otros y pueden aumentar en respuesta a señales de estrés. Químicamente, los metabolitos secundarios se dividen en tres grupos principales: terpenos, compuestos fenólicos y compuestos de nitrógeno (Balansundram *et al.*, 2006).

Terpenos

Los terpenos son compuestos químicos producidos por las plantas y algunos animales, se encuentran constituidos por el compuesto de cinco átomos de carbono llamado isopentenil pirofosfato (Almaraz-Abarca *et al.*, 2006). Están clasificados según el número de unidades isopentenil pirofosfato que contenga en su estructura; por lo tanto, los monoterpenos son sustancias que contienen 10 carbonos a partir de dos unidades de isopreno (**Figura 1**), los sesquiterpenos tienen 15 átomos de carbono a partir de tres unidades de isopreno, los diterpenos son sustancias con 20 átomos de carbono a partir de cuatro unidades de isopreno y así sucesivamente. Los monoterpenos y sesquiterpenos los podemos encontrar en las plantas (McMurry, 2008).

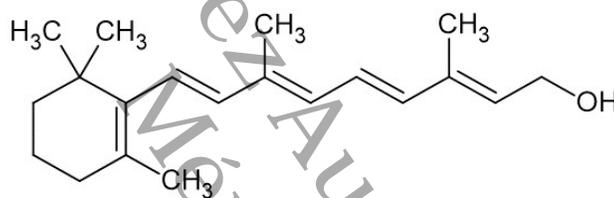


Figura 1. Estructura general de los monoterpenos (Creación propia realizada en ChemSketch)

Compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos poseen un anillo aromático de areno (fenilo) y al menos un grupo hidroxilo unido (**Figura 2**) (Caretto *et al.*, 2015).

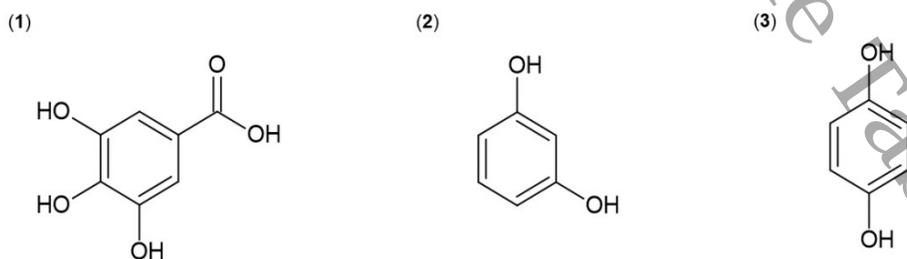


Figura 2. Estructura química de compuestos fenólicos simples: (1): Ácido gálico, (2): Resorcinol y (3): Hidroquinona (Creación propia realizada en ChemSketch)

Los compuestos fenólicos se pueden clasificar de acuerdo con los grupos funcionales unidos al fenol, o basados en el número de unidades de fenol en la molécula. Los principales compuestos fenólicos incluyen flavonoides, antocianidinas, isoflavonas, chalconas, estilbenos, cumarinas y furanocumarinas, monolignoles y lignanos, nafta y antraquinonas y diaril-heptanoides (Caretto *et al.*, 2015).

Compuestos de nitrógeno

Los compuestos nitrogenados son químicamente muy variados y la mayoría de estos resultan de la síntesis de aminoácidos. En este grupo de compuestos podemos encontrar los metabolitos secundarios del tipo alcaloides, los glicósidos cianogénicos, glucosinolatos y los aminoácidos no proteicos (Almaraz-Abarca *et al.*, 2006).

Los alcaloides se pueden clasificar según su precursor biosintético. Algunos alcaloides como la quinina y la estricnina son indolmonoterpénicos. Otros, como la cocaína, pertenecen al grupo de los alcaloides tropano. También están los alcaloides del tipo benzilisoquinolina, destacando la morfina, y el grupo de las bisbenzilisoquinolinas, al que pertenece el curare (Kutchan, 1995).

Los glicósidos cianogénicos y los glucosinolatos no son compuestos tóxicos por sí mismos. Sin embargo, se convierten en compuestos tóxicos cuando existe un daño en los tejidos de las plantas, estimulando la hidrólisis e iniciando la producción de ácido cianhídrico impidiendo la respiración celular, y nitrilos, tiocianatos e isotiocianatos, que son sustancias químicamente muy activas (Taiz & Zeiger, 1991).

Por su parte, los aminoácidos no proteicos son sintetizados por muchas especies de plantas. Estos no forman parte de la estructura de las proteínas, encontrándose libres y pueden tener dos funciones, como material de reserva y como un sistema de defensa contra los herbívoros (Taiz & Zeiger, 1991).

En el estudio de los compuestos presentes en las plantas, se emplean diversas técnicas analíticas clave para su extracción, identificación, aislamiento, purificación y caracterización. Entre estas técnicas, la cromatografía. La cual ha sido una herramienta indispensable en los estudios fitoquímicos, permitiendo separar los diferentes componentes de una muestra basándose en sus propiedades fisicoquímicas.

2.2 Cromatografía

La cromatografía es un método de separación utilizado para analizar mezclas complejas. Consiste en distribuir los componentes de la mezcla entre dos fases: una estacionaria, y una móvil que se desplaza a través de la estacionaria, esto permite que cada componente se vaya separando según la afinidad que tenga con ambas fases (Christian, 2009).

En la cromatografía de gases (CG), se separan sustancias gaseosas según su interacción con una fase estacionaria frente a una fase gaseosa. La cromatografía líquida (CL) engloba técnicas como la exclusión por tamaño (separación basada en el tamaño molecular), el intercambio iónico (separación según cargas eléctricas), y la cromatografía líquida de alta resolución (CLAR), que emplea la adsorción en una fase líquida. La cromatografía de capa fina (CCF), es una versión plana de la cromatografía líquida, y la electroforesis, donde la separación en un gradiente eléctrico depende de la carga y magnitud del soluto (Christian, 2009).

2.2.1 Cromatografía de líquidos de alta resolución acoplada a detector de diodos

La cromatografía líquida de alta resolución (CLAR) es ampliamente preferida por su simplicidad y versatilidad en el análisis de una amplia gama de compuestos. Esta técnica es capaz de separar y estudiar tanto compuestos volátiles como no volátiles, así como compuestos polares, no polares e incluso iónicos. La CLAR se utiliza comúnmente para el análisis de los compuestos presentes en las plantas (Christian, 2009).

Funciona mediante la interacción de una fase líquida móvil y una fase estacionaria, donde los componentes de la muestra se van separando según su afinidad por estas fases y su solubilidad en el disolvente empleado. Esta capacidad de separación permite la identificación y cuantificación de los diferentes componentes presentes dentro de una muestra, proporcionando información importante para investigaciones científicas (Christian, 2009) (**Figura 3**).



Figura 3. Cromatógrafo de líquidos de alta eficiencia (Christian, 2009)

Uno de los métodos cromatográficos más utilizados para la identificación de los compuestos presentes en las plantas mediante la toma de huellas dactilares es la cromatografía líquida de alta resolución acoplada a un detector de diodos (CLAR – DAD). El uso de detectores de diodos en cromatografía proporciona ventajas significativas en el análisis de compuestos, ya que permiten obtener información adicional más allá de los perfiles cromatográficos obtenidos a longitudes de onda simples. Con los detectores de diodos, es posible generar espectros específicos para cada pico cromatográfico, lo cual es fundamental para identificar y evaluar la pureza de cada componente presente en una muestra (Lucio Gutiérrez, 2012).

2.2.2 Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas

La cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (CG–EM) es una técnica analítica avanzada que mide la relación masa-carga (m/z) de iones generados a partir de la muestra. La mayoría de los iones tienen una sola carga ($z = 1$). La velocidad de flujo en las columnas capilares es generalmente lo suficientemente baja como para permitir que el flujo salga directamente hacia la cámara de ionización del espectrómetro de masas. Las fuentes más comunes de iones son el de impacto de electrones y la ionización química. Los analizadores de masas que más se utilizan son los de tipo cuadrupolo y trampa iónica (Skoog *et al.*, 2014).

En CG-EM, el espectrómetro de masas (**Figura 4**) escanea repetidamente las masas durante un experimento cromatográfico. Para procesar la gran cantidad de datos

generados, es imprescindible utilizar un sistema computarizado especializado. Estos datos pueden analizarse de varias formas. En primer lugar, se pueden sumar las abundancias de los iones en cada espectro y graficarlas en función del tiempo para obtener un cromatograma iónico total. En segundo lugar, es posible mostrar el espectro de masas en momentos específicos del cromatograma para identificar las especies que eluyen en esos tiempos determinados. Finalmente, se puede seleccionar y monitorear continuamente un valor único de relación masa-carga (m/z) a lo largo del experimento cromatográfico, utilizando una técnica conocida como monitoreo selectivo de iones. Los espectros de masas de los iones seleccionados durante el experimento se conocen como cromatogramas de masas. Los instrumentos de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (CG-EM) han sido fundamentales para la identificación precisa de una amplia variedad de componentes presentes en sistemas naturales y biológicos (Skoog *et al.*, 2014).

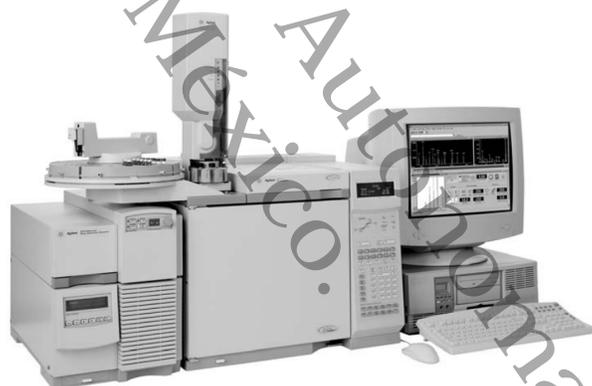


Figura 4. Sistema para cromatografía de gases-espectrometría de masas (Christian, 2009)

2.3 Metodologías para la evaluación antimicrobiana

Existen dos categorías principales de métodos para evaluar la actividad antibacteriana: métodos de difusión y métodos de dilución (Ramirez & Marin, 2009).

2.3.1 Métodos de difusión

Esta técnica se fundamenta en el método de Kirby-Bauer y busca cuantificar el efecto de un conjunto de sustancias de prueba en varias cepas bacterianas aisladas de procesos infecciosos. El procedimiento evalúa la concentración de la sustancia necesaria para inhibir el crecimiento de una cepa bacteriana, correlacionándola con el tamaño del halo de inhibición en la superficie de una placa de agar. Esta placa se prepara con un medio de cultivo apropiado y se siembra de manera uniforme con la bacteria en prueba. Además, se coloca un disco de papel filtro de 6 mm de diámetro impregnado con la sustancia en cuestión, o se utiliza un pozo con una cantidad específica de dicha sustancia (Ramirez & Marin, 2009).

2.3.2 Métodos de dilución

El método de dilución en agar o en caldo es una técnica crucial en microbiología para evaluar la susceptibilidad de microorganismos a diferentes agentes antimicrobianos. Este método permite determinar dos parámetros importantes: la concentración mínima inhibitoria (CMI) y la concentración mínima bactericida (CMB). La CMI se define como la concentración más baja de un agente antimicrobiano que inhibe visiblemente el crecimiento de un microorganismo después de un período de incubación estándar, generalmente 24 horas. Por otro lado, la CMB representa la menor concentración del agente antimicrobiano que logra matar al microorganismo en cuestión (Ramirez & Marin, 2009).

En el método de dilución en agar, las cajas se siembran por profundidad con una determinada concentración de extracto vegetal, luego el microorganismo es inoculado y se incuban por 24 horas para luego ser examinada; verificando el crecimiento del microorganismo. Mientras que en la técnica de microdilución en caldo se utilizan tubos o microplacas a las que se le añade una concentración de extracto vegetal y seguido de

esto, se inoculan las cepas de microorganismos para determinar el CMI después de 24 horas de incubación (Ramirez & Marin, 2009).

En el método de dilución en caldo se emplean indicadores REDOX como el bromuro de difeniltetrazolio (MTT) y la resazurina para determinar la viabilidad celular. El MTT es metabolizado por las células que están activas, transformándose en formazán, lo cual conduce a la formación de una coloración púrpura que es directamente proporcional a la cantidad de células vivas presentes (Sánchez-García *et al.*, 2016). Además, se utilizan las sales de tetrazolio, como el cloruro de 2,3,5-trifeniltetrazolio (TTC), las cuales son indicadores REDOX. Al igual que otros indicadores mencionados previamente, estas sales, tras ser reducidas por enzimas, se convierten en formazán, generando una coloración roja. Este cambio de color indica la presencia de organismos vivos activos, los cuales muestran actividad de deshidrogenasa. En contraste, en presencia de organismos muertos, cuyas enzimas están desnaturalizadas, no se observa la formación de coloración (Sánchez-García *et al.*, 2016).

2.4 Género *Cecropia*

Es un género con alrededor de 61 especies neotropicales, con localización en México y Sudamérica, en donde alcanza la mayor diversidad. Son arboles capaces de desarrollarse en climas cálido-húmedos de las zonas tropicales. Es capaz de desarrollarse cerca de arroyos, bordes y en claros (Carvajal & Peña-Pinela, 1997; Berg *et al.*, 2005). En México, existen principalmente dos especies de este género, *Cecropia obtusifolia* y *Cecropia peltata* las cuales se encuentran distribuidas en la vertiente del Golfo desde Tamaulipas y San Luis Potosí hasta Tabasco, Quintana Roo y Yucatán y, en la vertiente del Pacífico desde Sinaloa hasta Chiapas y aunque es muy poco común, se han encontrado ejemplares de *Cecropia obtusifolia* en el estado de Querétaro donde sólo se encontraron dos colecciones, es muy rara y al borde de la extinción (Franco Rosselli & Berg, 1997; Vázquez Yanes *et al.*, 1999).

A este género de plantas se le conoce comúnmente en México con los siguientes nombres: guarumbo, guarumo, trompetillo, trompeta, hormiguillo, sarumo, yarumo, en lengua huasteca *tsulte*, en maya *kooché*, en zapoteco *yabioo*, *yava*, *yaga-gacho*, en

lengua popoluca *sushanguji* y en la lengua yokot'an se denomina *k'olok* (Carvajal & Peña-Pinela, 1997; Alejandro *et al.*, 2010).

Son árboles de sexualidad dioica (macho y hembra), pueden alcanzar hasta los 35 m de altura, el tronco posee un diámetro de 50 cm y está hueco en el centro. La copa de los árboles tiene forma de candelabro o sombrilla y sus hojas se encuentran expuestas al sol directamente, estas tienen un tono verde oscuro brillante en el haz y son grisáceas en el envés, presentan dimorfismo en su follaje, ya que cuando recién aparecen las hojas son angostas y cerradas, tras el desarrollo estas van abriéndose hasta que se forman 5 lóbulos y alcanzan el follaje común, es considerado un árbol perennifolio ya que pasa la mayor parte del año con las hojas verdes (Vázquez Yanes *et al.*, 1999).

Las raíces de los árboles son zancudas de forma circular que pueden medir entre 0.5 a 1 m de altura y esto les permite vivir en zonas de selvas donde hay inundaciones en ciertas estaciones del año. Poseen flores en espigas, la flor masculina se encuentra en un conjunto de 11 a 14 espigas de color amarillo mientras que la flor femenina se encuentra en conjuntos de 3 a 5 espigas y son de color verde grisáceo (Vázquez Yanes *et al.*, 1999).

Las semillas son muy pequeñas con medidas de 1 a 2.8 mm de largo y 0.8 a 1.3 mm de ancho con un color pardo brillante. En la base de las hojas se forman triquillos, en los cuales se encuentran localizados los corpúsculos alimenticios, estos son el sustento de las hormigas "*Azteca muelleri*", éstas habitan las ramas y tallos del árbol. Este es un proceso conocido como simbiosis y gracias a esto, los ejemplares de *Cecropia* se mantienen protegidos de cualquier invasor (Carvajal & Peña-Pinela, 1997).

En la **Figura 5** se muestran árboles de *Cecropia sp.*, mientras que la **Figura 6** presenta acercamientos a las hojas.



Figura 5. Árbol de *Cecropia* sp. (Imágenes propias, 25 de noviembre de 2023)



Figura 6. Hoja de *Cecropia* sp. (Imágenes propias, 25 de noviembre de 2023)

2.4.1 Clasificación taxonómica

A continuación, se muestra la clasificación taxonómica de *Cecropia* spp.

Reino: Vegetal.

División: Spermatophyta

Subdivisión: Angiospermae

Clase: Dicotyledoneae

Orden: Urticales

Familia: Moraceae

Género: *Cecropia*

2.4.2 Diferencias entre *Cecropia peltata* y *Cecropia obtusifolia*

En la **Tabla 1** se observan las diferencias morfológicas que existen entre ambas especies.

Tabla 1. Características que diferencian a *Cecropia peltata* y *Cecropia obtusifolia*

Características morfológicas	<i>Cecropia peltata</i>	<i>Cecropia obtusifolia</i>
Altura del árbol	De 15 a 25 m	De 12 a 30 m
Ramas	Color verde con un espesor de 1.5 a 4 cm y de aspecto frondoso	De color verde o violáceos con un espesor de 1.5 a 5 cm y de aspecto frondoso.
Dimensiones de las hojas	10 a 20 cm de ancho y 60 cm de largo (máximo)	15 a 30 cm de ancho y 90 cm de largo (máximo)
Punta de las hojas	Acuminado o redondeado.	Obtusos a redondeados o acuminados.
Nervaduras secundarias	10 a 15 en promedio. De color marrón	15 a 25 en promedio.
Características de los triquillos	entremezclado con pelos blancos cortos (en ocasiones largos)	Color marrón entremezclado con pelos blancos cortos.
Dimensión de las estípulas	3 a 12 cm de largo.	5 a 15 cm de largo.
Características de las flores	Perianto tubular de 1 a 1.5 mm de largo, con pelos cortos y rígidos.	Perianto tubular de 1 a 1.5 mm de largo, generalmente con pelos cortos.
Inflorescencia	Pistilada en pares, erectos a colgantes.	Pistilada en pares (o solitaria), erecta o por lo menos las espigas péndulas.
Flores	Con perianto de 1 a 1.5 mm de largo.	Con perianto de 1.5 a 2 mm de largo.
Fruto	Ovoide a elipsoide con 2 mm de largo, tuberculado y de color marrón oscuro.	Elipsoide, de 2 a 2.5 mm de largo, liso y color marrón oscuro.

(Construcción propia a partir de los datos descritos por Berg et al., 2005)

2.5 Estudios etnobotánicos del Género *Cecropia*

Este género ha sido empleado en la medicina tradicional, ya que posee propiedades broncodilatadoras, antimicrobianas, diuréticas, antiinflamatorias e hipoglucemiantes. Además, se destaca por la diversidad de compuestos químicos que produce, principalmente del tipo flavonoides, terpenoides y esteroides (Costa et al., 2011). Una de las especies que podemos destacar es *C. peltata* ya que la infusión de sus hojas es utilizada en afecciones respiratorias, cardiovasculares y como diurético (Jaramillo et al. 2008). Y sus hojas se han empleado como extractos tranquilizantes, aunque de esto no existe ninguna base científica. Asimismo, *C. obtusifolia* se ha empleado a lo largo de los

años como hipoglucemiante, este efecto ha sido atribuido a los metabolitos secundarios ácido clorogénico e isoorientina, aunque estos podrían no ser los únicos responsables de dicha actividad (Aguilar Santamaria *et al.*, 2004). Otra especie popular es *C. membranacea*, la cual ha sido estudiada en modelos *in vivo* y se ha comprobado que posee efectos anticonvulsivos y ansiolíticos, además, otros autores han reportado que contiene metabolitos del tipo flavonoide, tanino y terpenoide. Igualmente *C. glaziovii*, *C. pachystachya*, *C. hololeuca* y *C. adenopus* han sido de las especies más estudiadas a lo largo de los años (Luengas *et al.*, 2005; Tanae *et al.*, 2007; Ospina Chávez *et al.*, 2013).

2.6 Estudios fitoquímicos del Género *Cecropia*

El aislamiento e identificación de compuestos en especies de *Cecropia*, se ha realizado mediante técnicas espectrofotométricas, cromatográficas y espectroscópicas, donde los principales compuestos aislados han sido del tipo polifenoles, como es el caso del ácido clorogénico (1); compuestos del tipo flavonoide, como: isoorientina (2) y sus análogos estructurales, como orientina (3) y vitexina (4) (Figura 7). (Andrade-Cetto & Wiedenfeld, 2001; Castro *et al.*, 2014; da Silva Mathias & Rodrigues de Oliveira, 2018; Rivera-Mondragón *et al.*, 2017; Rivera-Mondragón *et al.*, 2019).

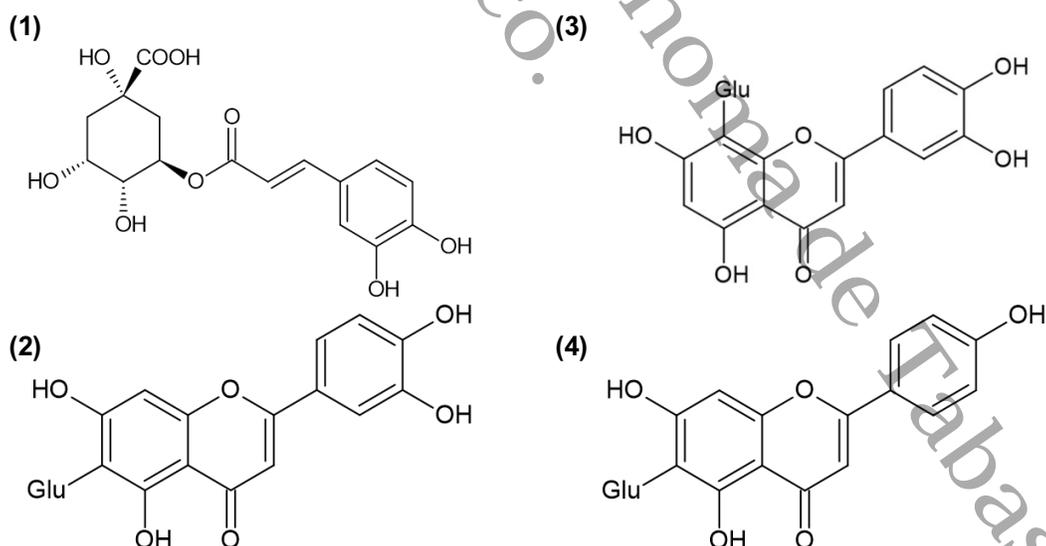


Figura 7. Estructuras de los principales metabolitos secundarios presentes en las especies de *Cecropia*: (1): Ácido clorogénico, (2): Isoorientina, (3): Orientina y (4): Vitexina (Creación propia realizada en ChemSketch)

2.6.1 Fitoquímica de *Cecropia spp.*

La **Tabla 2** resume los estudios fitoquímicos más importantes que se han realizado para diferentes especies del género *Cecropia*.

Tabla 2. Principales compuestos aislados de los extractos orgánicos de *Cecropia spp.*

Especie(s)	Principales compuestos aislados	Tipo de extracto	Referencia
<i>Cecropia glaziovii</i>	Flavonoides, terpenos, procianidinas, catequinas, azúcares mixtos y ácido clorogénico	Acuoso y butanólico	(Rocha <i>et al.</i> , 2002; Tanae <i>et al.</i> , 2007)
<i>Cecropia membranacea</i> y <i>Cecropia metensis</i>	Flavonoides como isoorientina y vitexina, y compuestos como ácido fenólico y procianidinas	Metanólico	(Daga, 2020)
<i>Cecropia mutisiana</i>	β -sitosterol, γ -sitosterol y esteroides, taninos y ácidos grasos	Etanólico, butanólico y etéreo	(Hernández Carvajal <i>et al.</i> , 2012, 2013, 2014)
<i>Cecropia pachystachya</i> y <i>Cecropia hololeuca</i>	Alcaloides, saponinas, flavonoides, triterpenos, ácido clorogénico y fenoles	Acetato de etilo, diclorometánico, etanólico y etéreo	(Ortiz-Ardila, 2017).
<i>Cecropia insignis</i> y <i>Cecropia hispidissima</i>	Ácido clorogénico, isoorientina, orientina, flavonoides, ácidos fenólicos, taninos; como procianidina y terpenos del tipo iridoides	Metanólico	(da Silva Mathias & Rodrigues de Oliveira, 2018).
	Ácidos fenólicos, flavonolignanos y saponinas	Metanólico	(Rivera-Mondragón <i>et al.</i> , 2019).

(Construcción propia a partir de los datos de la bibliografía)

2.6.2 Fitoquímica de *Cecropia peltata* y *Cecropia obtusifolia*

Se han realizado diversos estudios cromatográficos como CLAR-DAD, CG-EM y CCF para conocer el contenido metabólico de los extractos orgánicos de *Cecropia peltata* y *Cecropia obtusifolia* tal como se muestra en la **Tabla 3**.

Tabla 3. Principales compuestos aislados de los extractos orgánicos de *Cecropia peltata* y *Cecropia obtusifolia*

Especie(s)	Principales compuestos aislados	Tipo de extracto	Referencia
<i>Cecropia peltata</i>	Ácido clorogénico, rutina y vitexina	Metanólico	(Nicasio <i>et al.</i> , 2005; Rivera-Mondragón <i>et al.</i> , 2019)
	Antocianinas, aminoácidos, cumarinas, antraquinonas, cardiotónicos, alcaloides, taninos, flavonoides, triterpenos, saponinas, esteroides y terpenos.	Etanólico	(Rojas <i>et al.</i> , 2006; Ospina Chávez <i>et al.</i> , 2013; Hoyos <i>et al.</i> , 2014)

<i>Cecropia obtusifolia</i>	Ácido clorogénico, isoorientina flavonoides, taninos, terpenos y esteroides.	Hexánico	(Rojas <i>et al.</i> , 2006; Ospina Chávez <i>et al.</i> , 2013)
	Ácido clorogénico, isoorientina, flavonoides, taninos, terpenos y esteroides.	Acuoso	(Rojas <i>et al.</i> , 2006; Ospina Chávez <i>et al.</i> , 2013)
	Ácido clorogénico, flavonoides, taninos, terpenos y esteroides.	Butanólico	(Andrade-Cetto <i>et al.</i> , 2007; Ospina Chávez <i>et al.</i> , 2013)
	Ácido clorogénico, rutina y vitexina	Acetónico	(Rivera-Mondragón <i>et al.</i> , 2019)
	Ácido clorogénico, isoorientina, orientina, vitexina y catequina	Hidroalcohólico (Etanol/Agua)	(Duarte-Alonso <i>et al.</i> , 2020; Medrano-Sánchez <i>et al.</i> , 2023)
	Flavonoides, isoorientina y ácido clorogénico	Acuoso	(Andrade-Cetto <i>et al.</i> , 2001; Revilla-Monsalve <i>et al.</i> , 2007; Alonso-Castro <i>et al.</i> , 2008; Fortis-Barrera <i>et al.</i> , 2019)
	Flavonoides, isoorientina y ácido clorogénico	Butanólico	(Andrade-Cetto <i>et al.</i> , 2001;
	Ácido ursólico, oleanólico y bassico, estigmasterol, β -sitosterol, ácido clorogénico, isoorientina, vitexina e isovitexina	Metanólico	(Aguilar Santamaria <i>et al.</i> , 2004; Nicasio <i>et al.</i> , 2005; Daga <i>et al.</i> , 2020;
Flavonolignanos, polifenoles, ácido clorogénico, isoorientina, orientina, vitexina y catequina	Hidroalcohólico (Etanol/Agua)	(Rivera-Mondragón <i>et al.</i> , 2019; Medrano-Sánchez <i>et al.</i> , 2023)	
Flavonolignanos, polifenoles y ácido clorogénico	Agua/Acetona	(Rivera-Mondragón <i>et al.</i> , 2019;	
Ácido clorogénico, flavonoides, flavonolignanos, saponinas y triterpenoides	Etanólico	Rivera-Mondragón <i>et al.</i> , 2020	

(Construcción propia a partir de los datos de la bibliografía)

2.7 Estudios de actividad antimicrobiana del Género *Cecropia*

La resistencia antimicrobiana en la actualidad representa unos de los problemas más grandes a la salud pública de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS); tan solo en el 2018 la OMS estimó medio millón de casos nuevos de tuberculosis resistente al fármaco rifampicina (TBRR). Como parte de las estrategias implementadas en el plan de acción mundial en 2015 para la contención de la resistencia a antimicrobianos, se propuso la búsqueda de nuevas alternativas a los fármacos actuales para combatir esta problemática (OMS, 2020). Por lo que, se han realizado diversos estudios de la actividad antimicrobiana para conocer el comportamiento de los extractos orgánicos de *Cecropia spp.* tal como se muestra en la **Tabla 4**.

Tabla 4. Estudios antimicrobianos de los extractos orgánicos de *Cecropia* spp.

Especie(s)	Tipo de extracto	Técnica de evaluación	Microorganismos	Referencias
<i>Cecropia pachystachya</i>	Etanólico	Actividad enzimática	Parásito de la leishmaniasis	(de Mello Cruz <i>et al.</i> , 2013)
	Acuoso	Actividad antimicrobiana por MIC	<i>Escherichia coli</i> , <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>Pseudomona aeruginosa</i> y <i>Staphylococcus aureus</i>	(Branco-Vanegas <i>et al.</i> , 2014)
	Metanólico		<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomona aeruginosa</i> y <i>Klebsiella pneumoniae</i>	(Oliveira Souza <i>et al.</i> , 2014).
<i>Cecropia peltata</i>	Hexánico		<i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Candida albicans</i> y <i>Streptococcus mutans</i> , <i>Streptococcus</i> β - <i>haemolyticus</i> y <i>Candida albicans</i> y <i>Escherichia coli</i>	(Rojas <i>et al.</i> , 2006; Daga, 2020).
	Metanólico	Actividad antimicrobiana por MIC	<i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Candida albicans</i> y <i>Streptococcus mutans</i>	(Rojas <i>et al.</i> , 2006; Méndez Leal <i>et al.</i> , 2011).
	Acuoso		<i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Candida albicans</i> y <i>Streptococcus mutans</i>	(Méndez Leal <i>et al.</i> , 2011)
<i>Cecropia obtusifolia</i>	Etanólico		<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomona aeruginosa</i> y <i>Klebsiella pneumoniae</i>	(Hoyos, 2014; Daga, 2020).
	Acuoso		<i>Candida albicans</i> y <i>Staphylococcus aureus</i>	Zavala Sánchez <i>et al.</i> , 1997
	Metanólico	Modelo de patrón de susceptibilidad	<i>Candida albicans</i>	Zavala Sánchez <i>et al.</i> , 1997
	Clorofórmico		<i>Candida albicans</i>	Zavala Sánchez <i>et al.</i> , 1997
	No se realizó la evaluación de extractos	Estudio <i>in silico</i> con proteínas 2BL9, 4ZL4 y 1CET	Género <i>Plasmodium</i>	(Lobato-Tapia <i>et al.</i> , 2023)

(Construcción propia a partir de los datos de la bibliografía)

3. Justificación

Existen una serie de malas prácticas que han generado un problema grave a nivel mundial, como lo es la resistencia bacteriana ante los agentes antimicrobianos, entre estas prácticas se encuentran: el uso excesivo de este tipo de fármacos, su administración inapropiada en infecciones virales como la gripe y el tratamiento de enfermedades en animales sin la supervisión de un veterinario, además de la manipulación incorrecta de los alimentos en condiciones sanitarias deficientes (OMS, 2021). Estos factores contribuyen a la aparición de nuevas cepas de bacterias resistentes, disminuyendo así las opciones para el tratamiento de infecciones, obligando al uso de fármacos de mayor costo y prolongando la hospitalización de los pacientes, provocando con ello que la resistencia bacteriana incremente los índices de mortalidad.

Las sustancias derivadas de plantas siempre han tenido una gran proyección, esto debido a que presentan efectos potenciales para el tratamiento de infecciones y el control de enfermedades. Una de estas alternativas se centra en la búsqueda de sustancias con actividad antimicrobiana presentes en los extractos hidroalcohólicos y hexánicos en plantas, como son las del género *Cecropia*, en especial *Cecropia peltata* L. y *Cecropia obtusifolia* B., que en la medicina tradicional son empleadas a manera de infusiones de las partes aéreas para el tratamiento de la diabetes, asma, problemas hepáticos e infecciones bacterianas

4. Pregunta de investigación

¿Los extractos orgánicos de *C. peltata* L. y *C. obtusifolia* B., tienen potencial antimicrobiano?

5. Hipótesis

Los extractos orgánicos de *C. peltata* L. y *C. obtusifolia* B. presentan metabolitos secundarios con potencial de actividad antimicrobiana.

6. Objetivos

6.1 Objetivo general

- Analizar el contenido fitoquímico y evaluar la actividad antimicrobiana de extractos orgánicos de alta y baja polaridad, obtenidos de hojas de *C. peltata* L. y *C. obtusifolia* B.

6.2 Objetivos específicos

- Analizar por CLAR-DAD el contenido metabólico de los extractos hidroalcohólicos de *C. peltata* L. y *C. obtusifolia* B.
- Analizar por CG-EM el contenido metabólico de los extractos hexánicos de *C. peltata* L. y *C. obtusifolia* B.
- Evaluar la actividad antimicrobiana de los extractos orgánicos de *C. peltata* L. y *C. obtusifolia* B.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

7. Metodología

En la **Figura 8** se muestra el esquema general de las actividades realizadas en este proyecto:

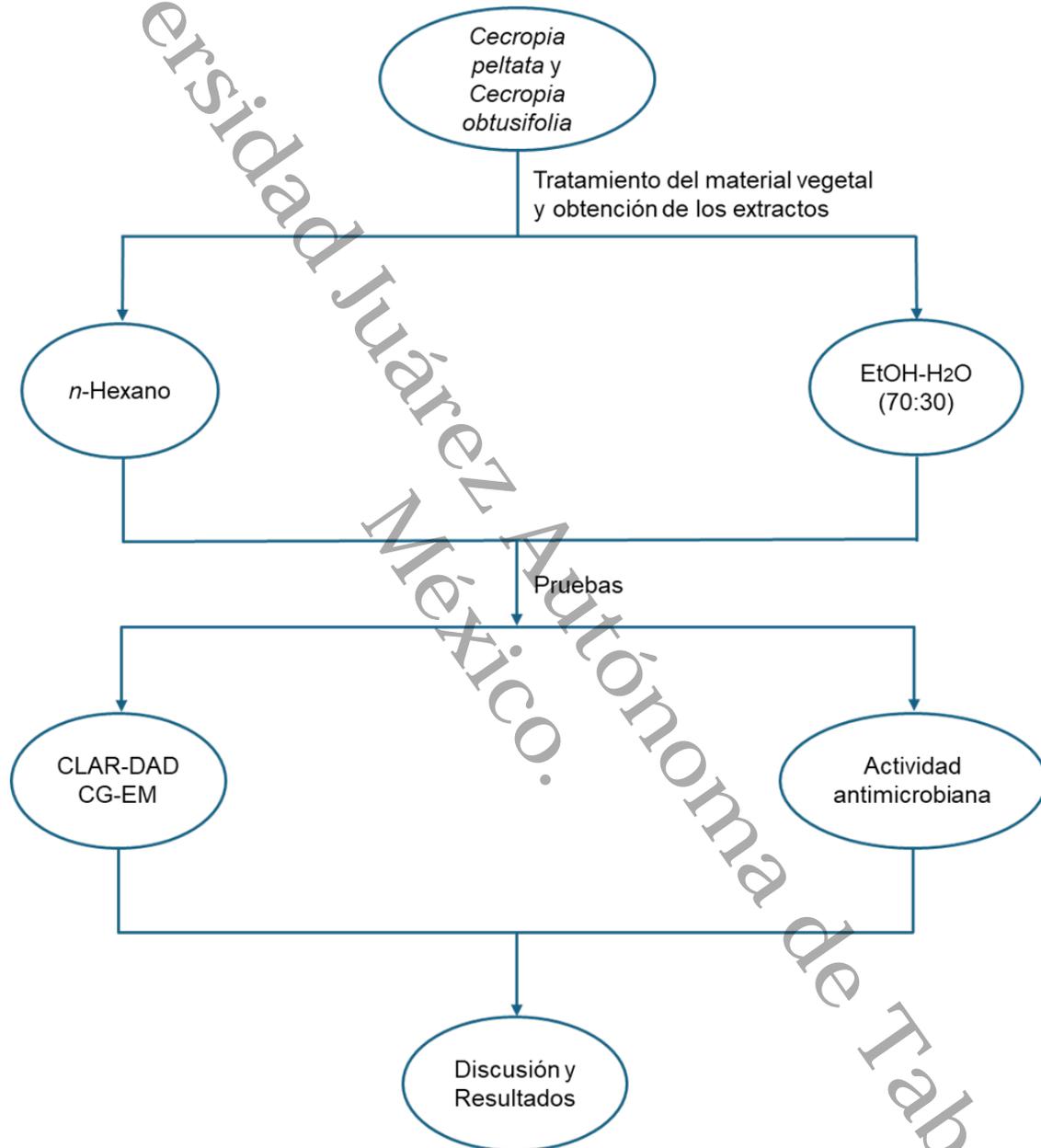


Figura 8. Esquema general de la metodología

7.1 Colecta de material vegetal

Las hojas de las especies de *Cecropia* fueron colectadas en los municipios de Tacotalpa y Tenosique en el estado de Tabasco, se buscaron especímenes maduros con una altura arriba de 2 metros, posteriormente se guardó un espécimen de cada muestra para llevarlo al Herbario de la División Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco para su identificación taxonómica.

7.2 Tratamiento del material vegetal y obtención de los extractos

Las hojas de las especies de *Cecropia* fueron secadas al abrigo de la luz durante 72 horas, después fueron molidas para reducir el tamaño de partícula y se pasaron por un tamiz (ELVEC, S.A. de C.V., México No. 20, 0.850 mm) para homogeneizar la muestra. La obtención de los extractos se realizó mediante maceración empleando disolventes de polaridad creciente: *n*-hexano y una mezcla de etanol/agua en una proporción 70:30 (hidroalcohólico). El disolvente se dejó en contacto con el material vegetal durante 24 horas, posteriormente, se filtró y se concentró mediante destilación a presión reducida utilizando un rotaevaporador para obtener los extractos correspondientes. Este procedimiento se realizó tres veces para cada muestra para obtener una extracción exhaustiva (Medrano-Sánchez *et al.*, 2023).

Una vez obtenidos los extractos se realizó el cálculo del rendimiento de cada uno de ellos, empleando la siguiente fórmula:

$$\%R = \frac{\text{Peso del extracto}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

7.3 Análisis metabólico de *Cecropia spp* mediante CLAR-DAD

El análisis por CLAR-DAD de los extractos hidroalcohólicos se realizó de acuerdo con lo descrito por Gallegos *et al.* (2022), con algunas modificaciones usando un cromatógrafo Waters 2695 con un módulo de separación Waters y un detector con arreglo de fotodiodos Enpower Pro-Software (Waters Corporation, Milford, Massachusetts, EE. UU.). También se usó una columna Supelcosil LC-F (250 mm x 4.6 mm d.i., tamaño de partícula 5 µm; Sigma-Aldrich, Bellefonte, Pensilvania, EE. UU.) empleando como fase

móvil una solución acuosa al 0.5% de ácido trifluoroacético (302031, Sigma-Aldrich, San Luis, Missouri, EE. UU.) como solvente A y acetonitrilo (34851, Merck, Darmstadt, Alemania) como solvente B, con los siguientes gradientes: 0–1 min, 0% de B; 2–3 min, 5% de B; 4–20 min, 30% de B; 21–23 min, 50% de B; 24–25 min, 80% de B; 26–27 min, 100% de B; 28–30 min, 0% de B; con un flujo de 0.9 mL/min. Se utilizó un volumen de 10 μ L de una solución metanólica con una concentración de 2 mg/mL del extracto. Se realizó un escaneo espectrofotométrico desde 200 hasta 600 nm para la identificación de los compuestos presentes en los extractos de *Cecropia* (Gallegos-García *et al.*, 2022).

7.4 Análisis metabólico de *Cecropia spp* mediante CG-EM

El análisis de los extractos de baja polaridad de las especies de *Cecropia* se realizó mediante CG-EM de acuerdo con lo descrito por Gallegos *et al.* (2022), realizando las modificaciones necesarias para este proyecto, empleando un equipo de cromatografía Agilent 6890 Plus acoplado a un detector de masas cuadrupolo simple modelo 5972N (Agilent Technology, Santa Clara, California, EUA). Los compuestos volátiles fueron separados mediante una columna capilar HP 5MS (25 m de largo, 0.2 mm d.i., con 0.3 μ m tamaño de partícula). La temperatura del horno inicial fue de 40°C por 2 minutos y después se programó una rampa de temperatura de 40 a 260°C con un incremento de 10°C por minuto y se mantuvo por 20 minutos a 260°C (Gallegos-García *et al.*, 2022).

Las condiciones del detector de masas fueron las siguientes: temperatura de interfase de 200°C y rango de adquisición de masas de 20-550 uma. Las temperaturas del detector y el inyector fueron de 250 y 280 °C respectivamente, con un modo de inyección Splitless con 1 μ L de cada muestra a una concentración de 3 mg/mL. El gas acarreador fue helio con un flujo de 1 mL/min. En la identificación de los compuestos volátiles se comparó el espectro de masas obtenido con la biblioteca del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST) 1.7 y fueron comparados con la literatura (Gallegos-García *et al.*, 2022).

7.5 Actividad antimicrobiana (Microdilución en Caldo)

El análisis para evaluar la actividad antimicrobiana se realizó por la técnica de microdilución en caldo, utilizando 14 cepas ATCC de microorganismos que se enlistan en la **Tabla 5**.

Tabla 5. Cepas de microorganismos empleados para la evaluación de la actividad antimicrobiana

Microorganismos	Clave
Grampositivas	
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 29213	Sa ₁
<i>Staphylococcus aureus</i> resistente a meticilina (RM) ATCC 43300	Sa ₂
<i>Staphylococcus epidermidis</i> ATCC 35984	Se ₁
<i>Staphylococcus epidermidis</i> ATCC 12228	Se ₂
<i>Staphylococcus epidermidis</i> ATCC 1042	Se ₃
<i>Staphylococcus haemolyticus</i>	Sh
<i>Enterococcus faecalis</i> ATCC 29212	Ef
Gramnegativas	
<i>Klebsiella pneumoniae</i> ATCC 700603	Kp
<i>Pseudomona aeruginosa</i> ATCC 27853	Pa
<i>Escherichia coli</i> ATCC 1042	Ec ₁
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	Ec ₂
<i>Salmonella dublin</i> ATCC 9676	Sd
<i>Enterobacter cloacae</i> ATCC 700323	Ecl
Hongo	
<i>Candida albicans</i> ATCC 10231	Ca

*Clave: Se asignó para identificar a cada cepa durante el análisis.

(Fuente: Construcción propia)

Las cepas microbianas fueron incubadas en agar soya tripticaseína durante 24 h a 37 °C. Posterior al tiempo de incubación, se seleccionaron dos colonias y se sembraron las bacterias en caldo Müeller-Hinton y se ajustó la concentración con el estándar de McFarland 0.5. Posteriormente se realizó una dilución 1:50 tomando 50 µL de las bacterias estandarizadas y disolviéndolas en 1950 µL de agua estéril.

Los extractos (alrededor de 31 mg) fueron disueltos en 1000 µL de una mezcla 80:20 de H₂O-DMSO (solución madre). Posteriormente, se depositaron en placas Elisa de 96 pozos, 10 µL de la solución madre, 100 µL de caldo Müeller-Hinton y 2 µL de bacterias.

Para el control de viabilidad se utilizó caldo Müller-Hinton, DMSO y gentamicina. Se utilizó una cámara de humedad donde fueron colocadas las placas y se dejaron en incubación durante 24 h a 37°C. El procedimiento general se muestra en la **Figura 9**.

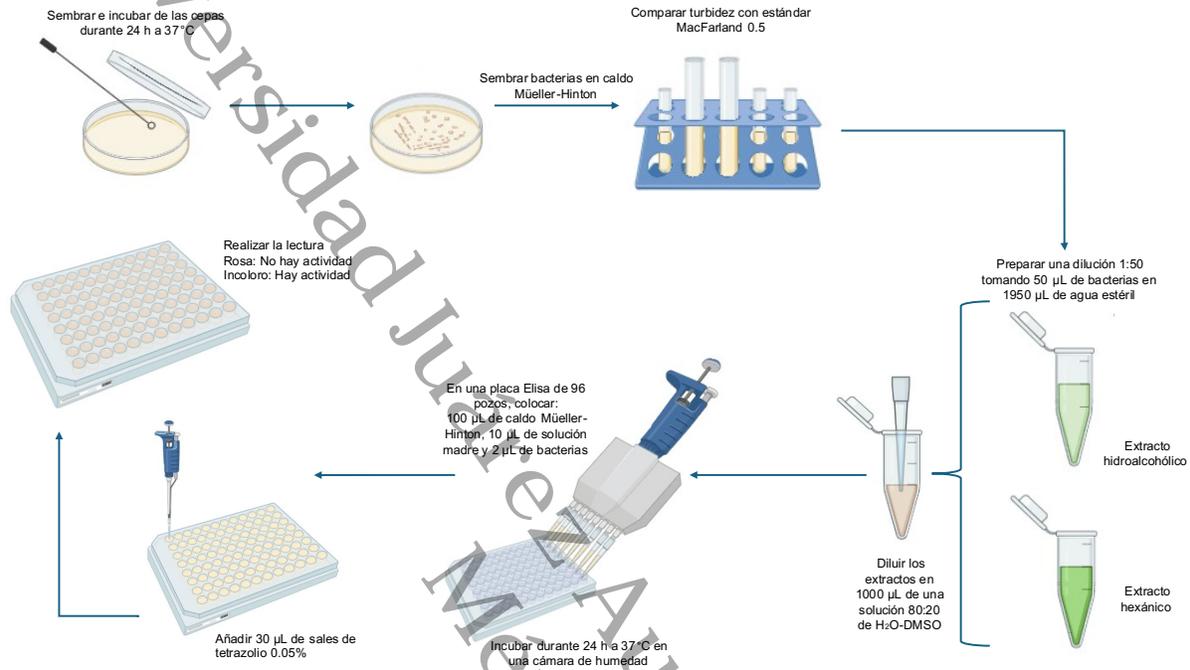


Figura 9. Diagrama de la metodología seguida para determinar la actividad antimicrobiana por microdilución en caldo (Creación propia realizada en BioRender)

Pasado el tiempo de incubación, para revelar la actividad antimicrobiana, a cada pozo se le añadieron 30 µL de una solución con sales de tetrazolio (cloruro de 2,3,5-trifeniltetrazolio) al 0.05% y se dejaron incubar a 37°C durante 2 horas. Posteriormente, se realizó la lectura de manera visual. La presencia de un color rosa en los pozos reveló el crecimiento bacteriano, mientras que en los pozos que no desarrollaron color fue indicativo de actividad antimicrobiana.

8. Resultados

8.1 Recolección y procesamiento del material vegetal

Se colectaron muestras de *Cecropia spp.* en los municipios de Tacotalpa (N 17°27'28.2024"/ W 92°46'46.2108) y Tenosique (N 18°11'50.046"/ W 93°10'15.2544"), del estado de Tabasco, en el periodo comprendido de marzo a agosto del año 2022. La identificación taxonómica para cada una de las muestras arrojó que en el caso de Tenosique la muestra se identificó como *Cecropia peltata* (número de voucher 36575), mientras que para el municipio de Tacotalpa se trató de *Cecropia obtusifolia* (número de voucher 36667).

La maceración exhaustiva, con disolventes de polaridad creciente, de 1 kg de material vegetal seco para ambas muestras, arrojó los resultados que se presentan en la **Tabla 6**.

Tabla 6. Rendimiento de los extractos hidroalcohólico y hexánico de las muestras de Cecropia spp.

Municipio	Especie	Extracto (Clave)	Rendimiento* (%)
Tenosique	<i>C. peltata</i>	Hidroalcohólico (CpHa)	8.6 ± 1.8
		Hexánico (CpHex)	5.4 ± 3.2
Tacotalpa	<i>C. obtusifolia</i>	Hidroalcohólico (CoHa)	10.5 ± 2.2
		Hexánico (CoHex)	6.4 ± 2.5

*Promedio de tres extracciones

8.2 Análisis metabólico por CLAR-DAD del extracto hidroalcohólico de *Cecropia peltata* y *Cecropia obtusifolia*

En la **Figura 10**, se muestran los cromatogramas del extracto hidroalcohólico de *Cecropia peltata* y *Cecropia obtusifolia* donde se observa la presencia de 5 picos, los cuales están agrupados de la siguiente manera, cuatro con t_R entre 8.5 y 9.0 min que corresponden a compuestos de mayor polaridad y uno en 24.9 min que corresponde a un compuesto de menor polaridad; este último no se encuentra presente en *C. obtusifolia*.

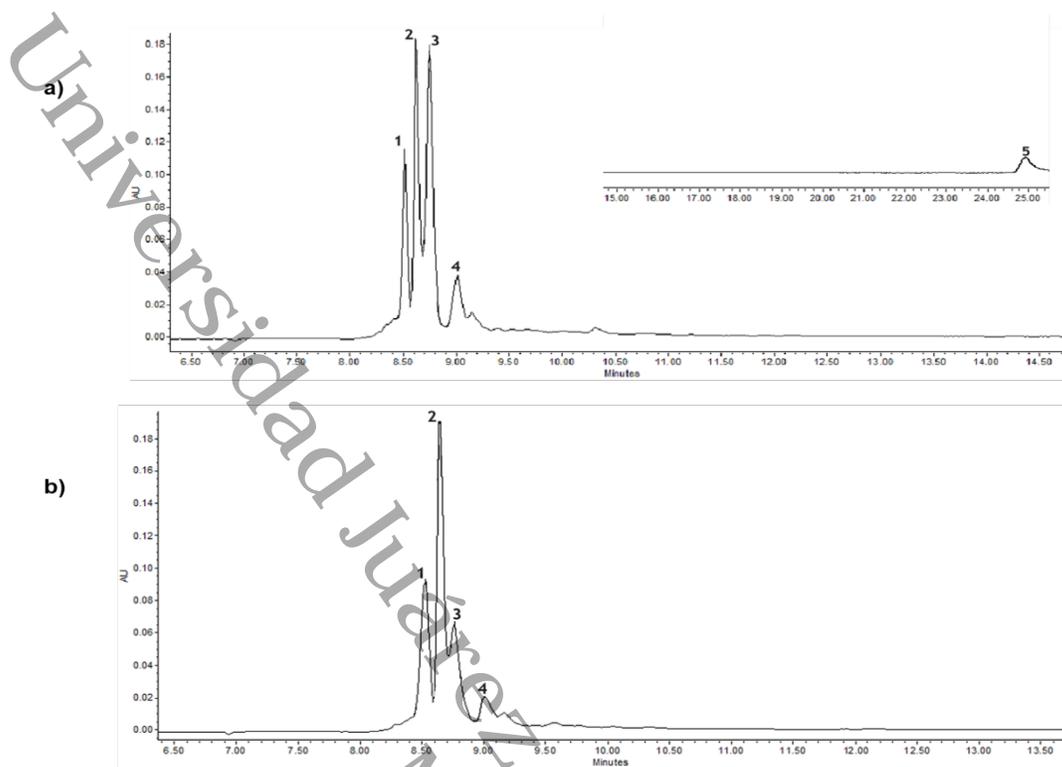


Figura 10. Cromatogramas del extracto hidroalcohólico de *Cecropia peltata* (a) y *Cecropia obtusifolia* (b)

Utilizando los tiempos de retención y las bandas de absorción de los espectros UV-Vis (Anexo 1 y 2), se llevó a cabo un análisis preliminar para identificar los compuestos presentes en los extractos hidroalcohólicos (Tabla 7) de ambas especies, comparando estos datos con estándares y la información descrita en la literatura.

Tabla 7. Perfil fitoquímico por CLAR-DAD del extracto hidroalcohólico de *Cecropia peltata* y *Cecropia obtusifolia*

Pico	t_R (min)	Bandas de absorción (nm)	Extractos*	Compuesto identificado	Referencia
1	8.517	216.9, 271.0, 337.4	● ○	Ácido clorogénico	Estándar (Medrano-Sánchez <i>et al.</i> , 2023)
2	8.617	215.7, 269.8, 349.4	● ○	Isoorientina	Estándar (Medrano-Sánchez <i>et al.</i> , 2023)
3	8.750	214.5, 268.6, 348.2	● ○	Orientina	Estándar (Medrano-Sánchez <i>et al.</i> , 2023)
4	9.000	271.0, 331.5	● ○	Análogo de vitexina	Estándar (Medrano-Sánchez <i>et al.</i> , 2023)
5	24.917	209.9, 280.5	●	Análogo de catequina	(Medrano-Sánchez <i>et al.</i> , 2023)

*Extractos: ● (CpHa); ○ (CoHa)

El análisis mostró la presencia de los cuatro compuestos reconocidos para el género *Cecropia*, identificados en los siguientes picos cromatográficos: ácido clorogénico (1), isoorientina (2), orientina (3) y el análogo de vitexina (4) (Nicasio *et al.*, 2005; Rivera-Mondragón *et al.*, 2017). Para estos compuestos, la **Tabla 8** presenta las áreas bajo la curva (AUC) de tres determinaciones y el promedio correspondiente.

Tabla 8. Área bajo la curva y promedios correspondientes de los metabolitos secundarios principales para el género *Cecropia*

Especie	Metabolitos secundarios	AUC ₁	AUC ₂	AUC ₃	Promedio del área bajo la curva
<i>Cecropia peltata</i>	1	298578	311439	301632	303883.00
	2	382843	396908	391223	390324.67
	3	506093	508369	529053	514505.00
	4	142187	129621	105602	125803.33
Especie	Metabolitos secundarios	AUC ₁	AUC ₂	AUC ₃	Promedio del área bajo la curva
<i>Cecropia obtusifolia</i>	1	309181	328324	266970	301491.67
	2	370917	375635	381705	376085.67
	3	87010	98338	109620	98322.67
	4	77700	88081	70823	78868.00

A partir de los promedios de los valores del área bajo la curva de cada compuesto, se calculó la proporción relativa entre ellos, asignando con un valor de 1.00 el área bajo la curva correspondiente al análogo de vitexina, dado que es el compuesto que presenta el valor más bajo en ambas especies. Las proporciones relativas calculadas para los cuatro compuestos se presentan en la **Tabla 9**.

Tabla 9. Proporciones relativas de los cuatro metabolitos principales para el género *Cecropia*

Especie	Metabolitos secundarios	Promedio	Proporción relativa
<i>Cecropia peltata</i>	1	303883.00	2.42
	2	390324.67	3.10
	3	514505.00	4.09
	4	125803.33	1.00
Especie	Metabolitos secundarios	Promedio	Proporción relativa
<i>Cecropia obtusifolia</i>	1	301491.67	3.82
	2	376085.67	4.77
	3	98322.67	1.25
	4	78868.00	1.00

8.3 Análisis metabólico del extracto hexánico por CG-EM de *Cecropia peltata* y *Cecropia obtusifolia*

En la **Figura 11**, se muestran los cromatogramas de gases del extracto hexánico de *Cecropia peltata* y *Cecropia obtusifolia*, donde se pueden observar un total de 23 compuestos identificados.

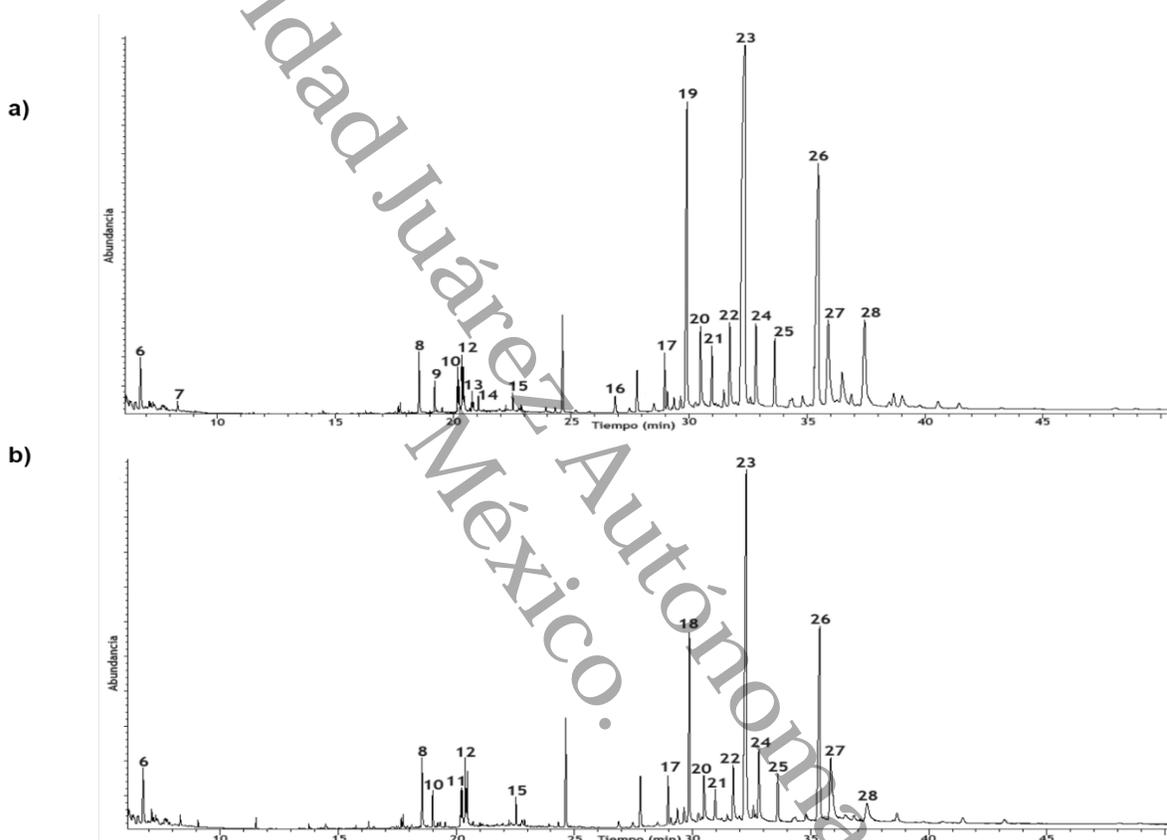


Figura 11. Cromatogramas de gases del extracto hexánico de *Cecropia peltata* (a) y *Cecropia obtusifolia* (b). *Los picos fueron numerados en orden ascendente según su tiempo de retención (t_R).

En la **Tabla 10** se presentan los seis compuestos con mayor porcentaje de abundancia, donde se observa que mantienen un t_R entre 29 y 38 min. Cuatro de estos compuestos (23, 26, 27 y 28) se encuentran en ambas especies, aunque el compuesto 28 se encuentra en mayor abundancia en el extracto CpHex, que es el único que además tiene al compuesto 19. Por otro lado, el compuesto 18 se encuentra únicamente en CoHex.

Tabla 10. Compuestos identificados en el extracto hexánico de *Cecropia peltata* y *Cecropia obtusifolia* por CG-EM

Pico	T _R (min)	% Abundancia (*CpHex)	% Abundancia (*CoHex)	Compuesto
18	29.864		8.492	Octacosano
19	29.896	11.474		Nonacosano
23	32.247	30.705	29.689	Hentriacontano
26	35.460	16.138	15.754	Tritriacontano
27	35.900	6.261	7.128	β-sitosterol
28	37.444	6.233	2.832	α-amirina

*Extracto: CpHex (*Cecropia peltata*), CoHex (*Cecropia obtusifolia*)

8.4 Actividad antimicrobiana de los extractos orgánicos de *Cecropia peltata* y *Cecropia obtusifolia*

En la **Tabla 11**, se presentan los resultados obtenidos de la evaluación antimicrobiana de los extractos hidroalcohólicos y hexánicos de ambas especies de *Cecropia*, donde se pueden observar las concentraciones a las que los microorganismos presentan inhibición.

Tabla 11. Actividad antimicrobiana (CMI µg/ml) de extractos orgánicos de *Cecropia peltata* y *Cecropia obtusifolia*

Extracto	Grampositivas						Ef
	Sa ₁	Sa ₂	Se ₁	Se ₂	Se ₃	Sh	
Cp-Ha	200	>200	50	>200	200	200	>100
Co-Ha	<25	>200	<25	50	>200	200	<25
Cp-Hex	>200	>200	>200	>200	200	>100	200
Co-Hex	>200	>200	>200	>200	>200	>200	>200
C ₁	*	*	*	*	*	*	*
C ⁺	-	-	-	-	-	-	-
Extracto	Gramnegativas						Hongo
	Kp	Pa	Ec ₁	Ec ₂	Sd	Ecl	
Cp-Ha	>200	<25	>200	>200	<25	>200	>200
Co-Ha	50	<25	>200	>200	<25	200	<25
Cp-Hex	<25	<25	>200	>200	200	>200	<25
Co-Hex	>200	>200	>200	>200	>200	>200	>200
C ₁	*	*	*	*	*	*	*
C ⁺	-	-	-	-	-	-	-

Sa₁: *Staphylococcus aureus* ATCC 29213, Sa₂: *Staphylococcus aureus* RM ATCC 43300, Se₁: *Staphylococcus epidermidis* ATCC 35984, Se₂: *Staphylococcus epidermidis* ATCC 12228, Se₃: *Staphylococcus epidermidis* ATCC 1042, Sh: *Staphylococcus haemolyticus*, Ef: *Enterococcus faecalis* ATCC 29212, Kp: *Klebsiella pneumoniae* ATCC 700603, Pa: *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, Ec₁: *Escherichia coli* ATCC 1042, Ec₂: *Escherichia coli* ATCC 25922, Sd: *Salmonella dublin* ATCC 9676, Ecl: *Enterobacter cloacae* ATCC 700323, Ca: *Candida albicans* ATCC 10231; C₁: Control de viabilidad (crecimiento bacteriano), C⁺: Control positivo (gentamicina).

9. Discusión

9.1 Análisis metabólico por CLAR-DAD del extracto hidroalcohólico de *Cecropia peltata* y *Cecropia obtusifolia*

El análisis metabólico por CLAR del extracto hidroalcohólico de ambas especies nos muestra un total de 5 picos con t_R entre 8.5 min a 24.9 min, tal y como se describió en la **Tabla 9**.

El pico 1 muestra un t_R de 8.5 min y bandas de absorción de 216.9 a 337.4 nm que corresponde a ácido clorogénico. El pico 2 fue identificado como isoorientina con un t_R de 8.6 min y bandas de absorción de 215.7 a 350.6 nm. El pico 3 con un t_R de 8.7 min y bandas de absorción de 214.5 a 348.2 nm fue identificado como orientina estos compuestos se compararon con los estándares correspondientes analizados bajo las mismas condiciones experimentales. El pico 4 muestra un t_R de 9.0 min con bandas de absorción de 271.0 a 331.5 nm y fue identificado como un compuesto glicosilado del tipo flavona el cual puede corresponder a un análogo de vitexina según lo descrito en la literatura (Medrano-Sánchez *et al.*, 2023). Como ya se mencionó, estos cuatro compuestos son característicos del género *Cecropia* y ya han sido identificados como marcadores químicos a los cuales se les atribuyen las actividades biológicas que tiene este género como agente hipoglucemiante (Nicasio *et al.*, 2005; Rivera-Mondragón *et al.*, 2017). Además, debe destacarse que existen reportes que mencionan la actividad antimicrobiana de estos metabolitos secundarios. Como en el caso del ácido clorogénico para el cual fue reportado actividad antimicrobiana contra *Shigella dysenteriae* y *Yersinia enterocolitica* (Lou *et al.*, 2011; Chen *et al.* 2022), la isoorientina, fue probada en un modelo *in vitro* y se demostró que tiene efecto inhibitorio contra *Escherichia coli* (Zuo *et al.*, 2023). Por su parte, la orientina en combinación con otros flavonoides tiene potencial antimicrobiano contra *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus cohnii*, *Klebsiella pneumoniae* y *Proteus sp.* (Lam *et al.*, 2016) y la vitexina tiene efecto contra *Helicobacter pylori* (Castañeda & Lohan, 2022). Mientras que el cromatograma correspondiente a *Cecropia peltata* muestra al pico 5 en un t_R de 24.9 min con bandas de absorción de 209.9 a 280.5 nm el cual muestra similitud con un análogo de catequina (Medrano-Sánchez *et al.*, 2023).

Se observó que los cuatro metabolitos principales se encuentran presentes en ambas plantas en diferentes proporciones. En la **Tabla 9**, se realizó el cálculo de las proporciones relativas para estos compuestos. Indicando que el compuestos orientina se encuentra en mayor proporción en el extracto de *C. peltata*, mientras que ácido clorogénico e isoorientina están en mayor proporción relativa en el caso de *C. obtusifolia*.

La variación en las concentraciones de los metabolitos puede ser atribuida a diversos factores ambientales y geográficos, tales como: las condiciones meteorológicas, la intervención humana, los recursos hídricos subterráneos, el tipo de suelo, entre otros. (Borokini & Ayodele, 2012; Martínez *et al.*, 2015; Andrade-Andrade *et al.*, 2018; Bautista *et al.*, 2019).

9.2 Análisis metabólico por CG-EM del extracto hexánico de *Cecropia peltata* y *Cecropia obtusifolia*

El análisis por CG-EM del extracto hexánico de ambas especies nos muestra un total de 23 compuestos identificados. Se puede observar que la mayoría de los picos cromatográficos presenta t_R mayores a 15 min, lo cual indica que los compuestos presentes cuentan con una polaridad relativamente mayor.

En esta región del cromatograma, se observa además el agrupamiento en dos grupos de picos según su tiempo de retención. El primero, está situado en t_R de 15 a 18 min, lo que implica que puede tratarse de compuestos medianamente polares y con menor peso molecular. El segundo grupo de picos tiene t_R de 20 a 38 min, lo que es un indicador de que estos compuestos son más polares y de mayor peso molecular.

Para la identificación de los picos principales se comparó el patrón de fragmentación de su espectro de masas con la biblioteca del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST), de esta forma se asignaron los seis compuestos con mayor porcentaje de abundancia con t_R entre 29 y 38 min, tal y como se presentaron en la **Tabla 10**.

Con lo anterior, se encontró que en ambas especies es posible observar la presencia de cuatro compuestos alifáticos de cadena larga como: octacosano, compuesto que fue probado en un modelo *in silico* para ver la efectividad en la cicatrización de heridas y que

demostró ser efectivo por su actividad antioxidante (Balachandran *et al.*, 2023), nonacosano, el cual fue identificado como compuesto mayoritario en el extracto hexánico de *Tecoma stans* y demostró tener actividad larvica contra *Culex quinquefasciatus* (Lopes da Silva *et al.*, 2023), hentriacontano, el cual se ha determinado como un posible compuesto con actividad antiinflamatoria (Javed *et al.*, 2023) y tritriacontano, compuesto que muestra efecto protector frente a la toxicidad del CCl₄ (Wang *et al.*, 2010). Además, dentro de los seis compuestos mayoritarios se encontraron dos derivados de terpenos. En primer término, se observó la presencia en ambos extractos de β -sitosterol (**Figura 12**). Este compuesto ha sido evaluado en modelos biológicos, comprobando que tiene actividad farmacológica diversa, ya que se ha demostrado que tiene efectos hipoglucemiante, antipirético y antiinflamatorio (Gupta *et al.*, 1996; Wilt *et al.*, 1999), además se ha estimado que funciona como protector contra úlceras gástricas, ya que inhibe la producción de prostaglandinas (Navarrete *et al.*, 2002). Cabe destacar que existen reportes donde se menciona que este compuesto ha sido aislado de *Cecropia spp* (Aguilar Santamaria *et al.*, 2004).

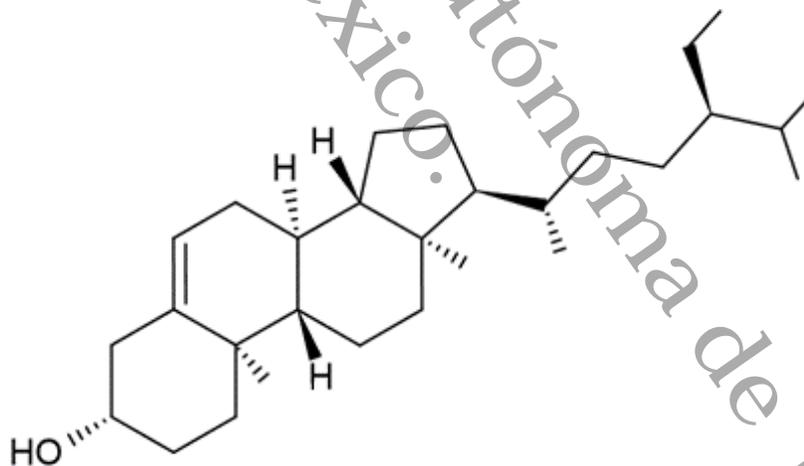


Figura 12. Estructura del β -sitosterol (Creación propia realizada en ChemSketch)

Además, se observó la presencia de α -amirina (**Figura 13**), el cual tiene un mayor porcentaje de abundancia en el extracto hexánico de *Cecropia peltata*.

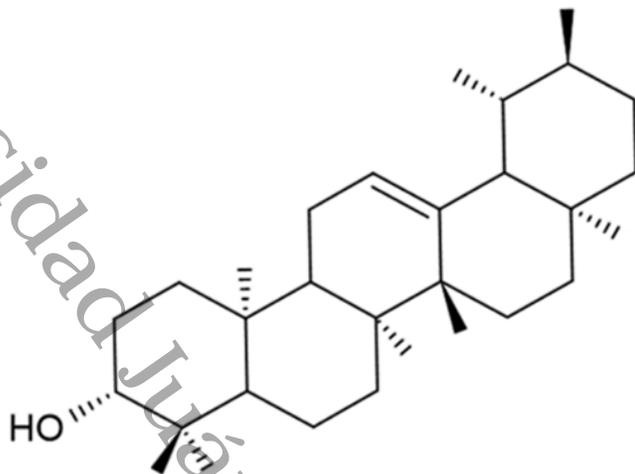


Figura 13. Estructura del α -amirina (Creación propia realizada en ChemSketch)

En el caso de la α -amirina se ha reportado actividad biológica relacionada con este estudio, ya que tiene un efecto antimicrobiano al inhibir el crecimiento de *Mycobacterium tuberculosis* (Sáenz Esqueda *et al.*, 2012; Unidad de Informática del Instituto de Química, 2016). Además, se ha comprobado que tiene efecto antiinflamatorio, lo cual es indicativo de que puede ser una excelente alternativa ante afecciones de carácter inflamatorio (Matulevich *et al.*, 2016; García *et al.*, 2022).

En la **Tabla 10**, se colocaron los compuestos con mayor porcentaje de abundancia según lo observado en el cromatograma de gases. Es importante mencionar que, en el caso de los compuestos alifáticos de cadena larga como hentriacontano y tritriacontano se encontraron presentes en abundancias similares en ambas plantas, a excepción del nonacosano, que sólo se encuentra en *C. peltata* y el octacosano, que fue observado solo en *C. obtusifolia*. Por otro lado, el β -sitosterol y la α -amirina se encontraron presentes en las dos especies, este último compuesto con un porcentaje de abundancia 3 veces mayor en CpHex.

La variabilidad en las concentraciones de los metabolitos puede deberse a múltiples factores ambientales y geográficos, como son: las condiciones climáticas, la actividad

humana, los mantos acuíferos, el tipo de suelo, entre otros (Borokini & Ayodele, 2012; Martínez *et al.*, 2015; Andrade-Andrade *et al.*, 2018; Bautista *et al.*, 2019).

9.3 Actividad antimicrobiana de los extractos orgánicos de *Cecropia spp*

En la **Tabla 11**, se presentaron los resultados obtenidos de la actividad antimicrobiana por microdilución en caldo para los extractos de *Cecropia peltata* y *Cecropia obtusifolia*.

El extracto hidroalcohólico correspondiente a *C. peltata* (CpHa) mostró actividad contra 7 cepas de microorganismos en concentraciones iguales o menores a 200 µg/mL, de las cuales 5 fueron bacterias grampositivas y 2 gramnegativas. De manera particular cabe señalar que para una bacteria grampositiva (Se₁) y dos bacterias gramnegativas (Pa y Sd) este extracto presentó concentraciones mínimas inhibitorias por debajo de los 50 µg/mL. Por otro lado, el extracto hidroalcohólico de *C. obtusifolia* (CoHa) fue el de mayor espectro antimicrobiano ya que presentó actividad frente a 10 cepas de microorganismos en concentraciones iguales o menores a 200 µg/mL, de las cuales 5 son grampositivas, 4 gramnegativas, además del hongo. En este conjunto de microorganismos, el extracto CoHa es activo en concentraciones mínimas inhibitorias menores a los 50 µg/mL para 4 cepas grampositivas (Sa₁, Se₁, Se₂ y Ef), 3 cepas gramnegativas (Kp, Pa y Sd) además del hongo Ca.

Al revisar la actividad antimicrobiana de los extractos hidroalcohólicos comparándola con las proporciones relativas de los cuatro metabolitos principales detectados en el análisis por CLAR-DAD, se observó que el extracto de *C. peltata* tiene una mayor proporción relativa de orientina y esto podría estar relacionado con la selectividad que muestra contra Se₁, Pa y Sd. El comportamiento del extracto de *Cecropia obtusifolia* podría deberse a cuenta con una mayor proporción relativa de ácido clorogénico e isoorientina, los cuales podrían estar vinculados a la inhibición selectiva contra Sa₁, Se₁, Se₂ y Ef, Kp, Pa, Sd y Ca. Se tienen reportes de actividad biológica para orientina, ácido clorogénico e isoorientina, los cuales han demostrado estar relacionados estrechamente con efectos hipoglucemiantes, anticonvulsivos, antiansiolíticos y antiinflamatorios; por otro lado, se ha observado que podrían tener efectos antimaláricos (Nicasio *et al.*, 2005, Ospina

Chávez *et al.*, 2013; Daga *et al.*, 2020) y efectos antimicrobianos (Lou *et al.*, 2011; Lam *et al.*, 2016; Castañeda & Lohan, 2022; Chen *et al.* 2022; Zuo *et al.*, 2023). Cabe señalar que a la fecha no se encontraron reportes en la bibliografía que describan puntualmente la actividad antimicrobiana de estos tres compuestos en el género *Cecropia*.

En el caso de los extractos hexánicos, se puede observar que el correspondiente a *C. peltata* (CpHex) tuvo actividad en 7 cepas de microorganismos en concentraciones iguales o menores a 200 µg/mL de los cuales 3 fueron de bacterias grampositivas, 3 gramnegativas y el hongo. Cabe señalar que tres bacterias grampositivas (Se₃, Sh y Ef) y una bacteria gramnegativa (Sd) mostraron inhibición en concentraciones mayores a 100 µg/mL, mientras que para dos bacterias gramnegativas (Kp y Pa) y el hongo Ca, este extracto presentó actividad inhibitoria en concentraciones menores a 25 µg/mL. El extracto hexánico de *C. obtusifolia* (CoHex) no mostró actividad significativa en las concentraciones probadas.

En este caso, al comparar la actividad antimicrobiana con los resultados del análisis por CG-EM, para el extracto CpHex que mostró selectividad contra Kp, Pa y Ca, de acuerdo con la abundancia de los compuestos identificados cromatográficamente, esto podría estar relacionado a que en este extracto se encuentra en mayor abundancia la α -amirina, a quien se le ha atribuido actividad antimicrobiana, además, de la presencia de los metabolitos de naturaleza alifática, para los cuales también se han reportado actividades biológicas significativas (Wang *et al.*, 2010; Balachandran *et al.*, 2023; Lopes da Silva *et al.*, 2023; Javed *et al.*, 2023). En el extracto hexánico (CoHex) se observó la presencia de β -sitosterol con un mayor porcentaje de abundancia respecto a (CpHex), sin embargo, para este compuesto no existen reportes de actividad antimicrobiana. Asimismo, la presencia de los compuestos alifáticos está en porcentajes menores a los que se encontraron en *C. peltata*. Estos aspectos podrían ser la razón de que para este extracto no se haya observado una buena actividad antimicrobiana.

10. Conclusiones

Los resultados obtenidos a partir del análisis por CLAR-DAD de los extractos hidroalcohólicos de ambas especies mostraron la presencia de cuatro metabolitos secundarios, como ácido clorogénico, isorientina, orientina y vitexina, los cuales se han reportado en otras especies del género *Cecropia*. Además, con los datos de las áreas bajo la curva de los metabolitos se realizaron los cálculos de las proporciones relativas y se observó que se encuentran presentes en ambas especies, en diferentes proporciones.

El análisis por CG-EM mostró la presencia de un total de 23 compuestos en el extracto hexánico. Se asignaron los seis compuestos con mayor porcentaje de abundancia, determinando la presencia de varios metabolitos de naturaleza alifática con actividades biológicas importantes como el octacosano, nonacosano, hentriacontano y tritriacontano. También se identificó la presencia de α -amirina y β -sitosterol.

La diferencia en las concentraciones de los metabolitos puede ser atribuida a múltiples factores como las condiciones climáticas, la actividad antropogénica, condiciones de suelo o la localización geográfica.

Los resultados obtenidos de la evaluación antimicrobiana (CMI) muestran que los extractos hidroalcohólicos y hexánicos inhiben el crecimiento bacteriano de algunas de las cepas de microorganismos probadas en el modelo *in vitro* en las concentraciones evaluadas de 25 a 200 $\mu\text{g/mL}$.

El comportamiento de los extractos contra los microorganismos en el modelo biológico puede deberse a la presencia de los metabolitos encontrados en los análisis cromatográficos.

Con estos resultados se confirma la hipótesis planteada en este trabajo y se responde a la pregunta de investigación.

Esta extracción diferenciada representa la necesidad de buscar una actividad biológica específica probando otros disolventes en la preparación de los extractos ya que los compuestos tienen diferentes afinidades y como es el caso de este proyecto,

pueden aparecer compuesto de interés que no han sido probados antes. Lo ideal es no limitar los estudios fitoquímicos y de actividad biológica a extractos específicos.

Cecropia peltata y *Cecropia obtusifolia* sobresalen como especies prometedoras para futuros estudios en el análisis microbiológico. Este proyecto representa un punto crucial para aislar los compuestos identificados de manera cuantitativa y evaluar su efectividad específica en el modelo antimicrobiano. Esta propuesta abre la puerta a futuras investigaciones y desarrollo de nuevos tratamientos antimicrobianos efectivos.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

11. Bibliografía

- Aguilar Santamaria, L. L. (2004). *Evaluación de la actividad hipoglucemiante de los extractos de Cecropia obtusifolia Bertol.* Tesis de grado. <https://doi.org/Universidad Autónoma Metropolitana>
- Alejandro, M., Campillo, L., & Méndez, R. (2010). El uso de las plantas medicinales en las comunidades maya-chontales de Nacajuca, Tabasco, México. *Polibotánica*, 29, 213-2062.
- Almaraz Abarca, N., Ávila Reyes, J., Delgado Alvarado, E., Naranjo Jiménez, N., & Herrera Corral, J. (2006). El metabolito secundario de las plantas, Un nuevo concepto. *Vidsupra*, 1(2), 39-50.
- Andrade-Andrade G., Delgado A. A., Herrera C. B., Arévalo G. L., Caso B. L. (2018). Variación de Compuestos Fenólicos Totales, Flavonoides y Taninos en *Vainilla planifolia* Jacks. ex Andrews. De la Huasteca Hidalguense, México. *Agrociencias*, 52: 55-66.
- Alonso Castro, A. J., Miranda Torres, A. C., González Chávez, M. M., & Salazar Olivo, L. A. (2008). *Cecropia obtusifolia* Bertol and its active compound, chlorogenic acid, stimulate 2-NBDglucose uptake in both insulin-sensitive and insulin-resistant 3T3 adipocytes. *Journal of Ethnopharmacology*, 120, 458-464.
- Andrade Cetto, A., & Cárdenas Vázquez, R. (2010). Gluconeogenesis inhibition and phytochemical composition of two *Cecropia* species. *Ethnopharmacology*, 130(1), 93-97. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2010.04.016>.
- Andrade Cetto, A., & Wiedenfeld, H. (2001). Hypoglycemic effect of *Cecropia obtusifolia* on streptozotocin diabetic rats. *Ethnopharmacology*, 78(2-3), 145-149. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(01\)00335-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0378-8741(01)00335-X)
- Andrade Cetto, A., Cárdenas, R., & Ramírez Reyes, B. (2007). Hypoglycemic Effect of *Cecropia peltata* L. on N5-STZ type 2 diabetic rats. *Pharmacologyonline*, 3, 203-210.

- Arija, C. M. (2012). Taxonomía, Sistemática y Nomenclatura, herramientas esenciales en Zoología y Veterinaria. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 13(7).
- Balachandran, A., Choi, S., Morak-Mlodawska, B., Małgorzata, J., Froemming, G., Lavilla Jr., C., Okechukwu, P. (2023). Antioxidantes, potencial de cicatrización de heridas y evaluación in silico de naringina, eicosano y octacosano. *Molecules*, 28(3), 1043.
- Balasundram, N., Sundram, K., & Samman, S. (2006). Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food chemistry*, 99(1), 191-203. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.042>
- Berg C. C., Franco Rosselli P., Davidson D. W. (2005). Flora Neotrópica Monograph 94, Cecropia. Editorial: The New York Botanical Garden Press, Bronx, NY. 232 pp.
- Brago-Vanegas, J., Costa, G., Ortmannb, C., Schenkel, E., Reginatto, F., Ramos, F., Castellanos, L. (2014). Los glicosilflavonoides de *Cecropia pachystachya* Trecul son inhibidores de la detección de quórum. *Phytomedicine*, 21(5), 670-675. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.phymed.2014.01.001>
- Bautista L. A., Parra R. F., Espinosa G. F. (2019). Efectos de la Domesticación de las Plantas en la Diversidad Fitoquímica. En: J. C. Rojas y E. A. Malo (eds.). *Temas Selectos en Ecología Química de Insectos*. Editorial: ECOSUR, San Critobal de las Casas, Chiapas, México. 446 pp.
- Borokini T. I., Ayodele A. E. (2012). Phytochemical Screening of *Tacca Leontopetaloides* (L.) Kuntze Collected from Four Geographical Location in Nigeria International Journal of 10.5923/j.ijmb.20120204.06. *Modern Botany*, 2(4): 97-102. Doi:
- Caretto, S., Linsalata, V., Colella, G., Giovanni, M., & Lattanzio, V. (2015). Carbon Fluxes between Primary Metabolism and Phenolic Pathway in Plant Tissues under Stress. *International Journal of Molecular Sciences*, 16(11), 26378-26394. <https://doi.org/10.3390/ijms161125967>

- Carvajal, S., & Peña-Pinela, C. (1997). *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*. Instituto de Ecología A.C. Centro Regional del Bajío. <https://doi.org/ISBN 968-7863-07-2>
- Castañeda, L., & Lohan S. (2022) Evaluación de la actividad antimicrobiana y caracterización química de fracciones y compuestos de *Passiflora tripartita* var *mollissima*, *P. tarminiana* e *Ilex guayusa* frente a *Helicobacter pylori*. Tesis de Grado. Pontificia Universidad Javeriana.
- Castro Juárez, C. J., Villa Ruano, N., Ramírez García, S. A., & Mosso González, C. (2014). Medicinal use of antidiabetic plants in Oaxacan ethnobotanical. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 19(1), 101-120.
- Cela, R. (2003). *Técnicas de Separación en Química Analítica*. Síntesis Editorial. <https://doi.org/ISBN 8497560280>
- Chen K., Peng C., Chi F., Yu C., Yang Q., & Li Z. (2022) Antibacterial and antibiofilm activities of chlorogenic acid against *Yersinia enterocolitica*. *Front. Microbiol.* 13:885092. doi: 10.3389/fmicb.2022.885092
- Christian, G. D. (2009). *Química Analítica*. McGraw-Hill.
- CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute). (2009). Methods for dilution antimicrobial susceptibility test for bacteria that grow aerobically: Approved Standard. Vol 8, 1-65. Obtenido de https://clsi.org/media/1928/m07ed11_sample.pdf
- Costa, G., Schenkel, E., & Reginatto, F. (2011). Chemical and pharmacological aspects of the genus *Cecropia*. *Nat Prod Commun.*, 6(6), 913-920.
- Da Silva Mathias, M., & Rodrigues de Oliveira, R. (2018). Differentiation of the phenolic chemical profiles of *Cecropia pachystachya* and *Cecropia hololeuca*. *Phytochemical analysis*, 30(1), 73-82. <https://doi.org/10.1002/pca.2791>
- Daga, M. A., Ayala, T. S., & Menolli, R. A. (2020). A review of the anti-inflammatory and antimicrobial activities of the components of the *Cecropia* genus. *Asian Journal of*

- Pharmaceutical and Clinical Research*, 13(8), 13-20.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.22159/ajpcr.2020.v13i8.38031>
- de Mello Gruz, E., Roberto da Silva, E., do Carmo Maquiaveli, C., Sousa Sobral, E., Francisco-Lucon, J., & Vannier-Santos, M. (2013). Actividad leishmanicida de los flavonoides de *Cecropia pachystachya*: inhibición de la arginasa y disposición alterada del ADN mitocondrial. *Elsevier*, 89, 71-77.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2013.01.014>
- Duarte Alonso, A., Cu Cañetas, T. E., Avila Nava, A., Sansores España, D., Acevedo Fernández, J. J., Sandoval Peraza, M., Torre Villalvazo, I. (2020). A *Cecropia peltata* ethanolic extract reduces insulin resistance and hepatic steatosis in rats fed a high-fat diet. *Journal of Ethnopharmacology*.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.113087>.
- Figeroa, F. L., & Sánchez y García. (2002). Fitoquímica. *UNAM Fes Zaragoza*, 1, 9-11.
- Fina, B. L., Lombarte, M., & Rigalli, A. (2013). Investigación de un fenómeno natural: ¿Estudios *in vivo*, *in vitro* o *in silico*? *Actualizaciones en Osteología*, 9(3), 283-288.
- Font Quer, P. (2001). *Diccionario de Botánica*. Península. <https://doi.org/ISBN:84-8307-300-5>.
- Fortis Barrera, M. d., Alarcón Aguilar, F. J., Becerril García, A., Flores Sáenz, J. E., Almanza Pérez, J. C., García Lorenzana, M., Blancas Flores, G. (2019). Mechanism of the Hypoglycemic Activity and Hepatoprotective Effect of the Aqueous Extract of *Cecropia obtusifolia* Bertol. *Jorunal of Medicinal Food*, 1-10.
- Franco Rosselli P. & Berg C. C. (1997) Distributional patterns of *Cecropia* (*Cecropiaceae*): a panbiogeographic analysis. *Caldasia* 19(1-2): 285-296.
- Gallegos-García, A., Lobato-García, C. E., González-Cortazar, M., Herrera-Ruíz, M., Zamilpa, A., Álvarez-Fitz, P., Gómez-Rivera, A. (2022). Preliminary Phytochemical Profile and Bioactivity of *Inga jinicuil* Schltdl & Cham. ex G. Don. *Plants*, 11(794), 1-14. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/plants11060794>

- García García, S. (2022). Evaluación del potencial antiinflamatorio de α -amirina y lupeol en la línea celular de macrófagos RAW 264.7 y en el modelo murino de edema por TPA. *Universidad Autónoma Metropolitana*, Tesis de Grado.
- Gupta, M., Nath, R., Srivastava, N., Shanker, K., Kishor, K., & Bhargava, K. (1996). Anti-inflammatory and antipyretic activities of beta-sitosterol. *Planta Med.*, 39(2), 157-163. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1074919>. PMID: 6967611.
- Hernández Carvajal, J., (2012). *Análisis fitoquímico y de actividad antimalárica de dos especies del género Cecropia*. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Colombia.
- Hernández Carvajal, J., & Luengas Caicedo, P. (2013). Estudio fitoquímico preliminar de *Cecropia membranacea* Trécul. y *Cecropia metensis* Cuatrec. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 18(4), 586-595.
- Hernández Carvajal, J., Luengas Caicedo, P., Otero Jiménez, V., & Garavito Cárdenas, G. (2014). Actividad antiplasmódica y hemolítica de extractos etanólicos y fracciones obtenidas de *Cecropia membranacea* Trécul. y *Cecropia metensis* Cuatrec. (sin. *Cecropia peltata* var. *candida* Velásquez). *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 66(1), 58-70.
- Hoyos Turcios, C. E. (2014). *Evaluación in vitro de la actividad antibacteriana del extracto etanólico total obtenido de C. peltata L. (Guarumo) de Los Montes de María*. Tesis de Grado. Universidad de Cartagena. .
- Jaramillo H., D. A., Rincón V., J., & Guerrero P., M. F. (2008). Actividad tipo anti-ausencia del extracto metanólico de *Cecropia membranacea* Trécul en ratones. *Vitae*, 15(2), 267-273.
- Javed, E., Majeed Khan, H., Shahzad , Q., Shahzad, Y., Yasin, H., Ul-Haq, Z., Ali Khan, A. (2023). Caracterización fitoquímica y potencial antiartrítico del extracto de hojas de *Croton bonplandianus*: enfoque *in vivo* e *in silico*. *Revista farmacéutica saudí*, 32(12).

- Kutchan, T. M. (1995). Alkaloid biosynthesis: The basis for metabolic engineering of medicinal plants. *The Plant Cell*, 7(7), 1059-1070. <https://doi.org/10.1105/tpc.7.7.1059>
- Lam K. Y., Kiong Ling A. P., Koh R. Y., Wong Y. P., & Say Y. H. (2016) A Review on Medicinal Properties of Orientin. *Advances in Pharmacological Sciences*. Volume 2016, Article ID 4104595, 9 pages. <http://dx.doi.org/10.1155/2016/4104595>
- Lobato Tapia, C., Moreno Hernández, Y., & Olivo Vidal, Z. (2023). *In Silico* Studies of Four Compounds of *Cecropia obtusifolia* against Malaria Parasite. *Molecules*, 28(19), 6912. <https://doi.org/10.3390/molecules28196912>
- Lopes da Silva, A., Santos Azevedo, L., Rodrigues Gonçalves, T. P., Coimbra, M. C., Pessoa de Siqueira, E., Nunes Alves, S., & Alves Rodrigues Dos Santos Lima, L. (2023). Larvicidal activity of hexane extract, fatty acids, and methyl esters from *Tecoma stans* pericarps against *Culex quinquefasciatus*. *Nat. Prod. Res.*, 37(24), 4227-4231.
- Lou Z., Wang H., Zhu S., Ma C., & Wang Z. (2011) Antibacterial Activity and Mechanism of Action of Chlorogenic Acid. *Journal of Food Science* 76(6). doi: 10.1111/j.1750-3841.2011.02213.x
- Lucio Gutierrez, J. R. (2012). *Aplicación de métodos quimiométricos para la caracterización y control de calidad de plantas medicinales*. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Luckner, M. (2013). *Secondary metabolism in microorganisms, plants and animals*. Science and Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-02384-6>
- Luengas Caicedo, P. E., Braga de Oliveira, A., Castro Braga, F., Lins Brandão, M. d., Moreira de Campos, L., Yoshida, M., & Mechado Rocha, L. (2005). *Contribuição para a padronização de extratos de folhas de Cecropia glaziovii Snethl: estudos de variação sazonal e intra-específica de flavonóides e proantocianidinas, de metodologias de extração e de atividade vasorelaxante*. Tesis de Grado. Universidade Federal de Minas Gerais.

- Marín Castaño, D., & Stella Ramírez, L. (2009). Metodologías para evaluar *in vitro* la actividad antibacteriana de compuestos de origen vegetal. *Rev Scientia et Technica*(No. 42), 263-268. <https://doi.org/ISSN 0122-1701>
- Martínez Campos, L., & Porras González, A. (2021). Mejorando las habilidades en la lectura interpretada del antibiograma. *Form Act Pediatr Aten Prim.*, 14(2), 83-89.
- Martínez D. Y., González R. A., Delgado L. G., Espinoza G. F. (2015). Geographic structure of chemical variation in wild population of the fuel crop *Jatropha curcas* L. in Mexico. *Industrial Crops and Products*, 74: 63-68. Doi: 10.1016/j.indcrop.2015.04.049.
- Matulevich Peláez, J. A., Gil Archila, E., & Ospina Giraldo III, L. (2016). Estudio fitoquímico y actividad antiinflamatoria de hojas, flores y frutos de *Bejaria resinosa* Mutis ex L. (Pegamosco). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 21(3), 332-345.
- McMurry, J. (2008). *Química Orgánica, 7a edición*. CENGAGE Learning.
- Medrano Sánchez, E. J., Hernández Bolio, G. I., Lobato García, C. E., González Cortazar, M., Antunez Mojica, M., Gallegos García, A. J., Gómez Rivera, A. (2023). Intra- and Interspecies Differences of Two *Cecropia* Species from Tabasco, Mexico, Determined through the Metabolic. *Plants*, 12, 2440. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/plants12132440>
- Méndez Leal, D. C., Alexis Alonso, L., Polanco Cuevas, R. H., & Riapira Cano, E. J. (2011). Evaluación de la respuesta inhibitoria de los compuestos activos de *Costus scaber* (Cañaflota) y *Cecropia peltata* (Yarumo) sobre *Klebsiella pneumoniae* y *Streptococcus mutans* presentes en la cavidad bucofaringea. *Rev CapyCua*, 1-10. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/3986354.pdf>
- Navarrete, A., Trejo-Miranda, J., & Reyes-Trejo, L. (2002). Principles of root bark of *Hippocratea excelsa* (Hippocrataceae) with gastroprotective activity. *Journal of Ethnopharmacology*, 79, 383-388.

- Nayak, S. (2006). *Cecropia peltata* L(Cecropiaceae) has wound-healing potential: a preclinical study in a Sprague Dawley rat model. *The international journal of lower extremity wounds*, 5(1), 20-26. <https://doi.org/https://doi.org/10.1177/1534734606286472>
- Ncube, B., & Staden, J. (2015). Tilting plant metabolism for improved metabolite biosynthesis and enhanced human benefit. *Molecules*, 20, 12698-12731.
- Nicasio, P., Aguilar Santamaria, L., Aranda, E., Ortíz, S., & González, M. (2005). Hypoglycemic Effect and Chlorogenic Acid Content in Two *Cecropia* species. *PHYTOTHERAPY RESEARCH*, 19, 661-664. <https://doi.org/DOI:10.1002/ptr.1722>
- Ojito Ramos, K., & Portal, O. (2017). *Metabolitos secundarios de las Plantas*. Editorial Académica Española. <https://doi.org/ISBN:978-620-2-25008-5>
- Oliveira Souza, D., Relison Tintino, S., Gomes Figueredo, F., Melo Borges, M., Bezerra Morais Braga, M., & Kerntopf, M. (2014). Actividad antibacteriana y moduladora de *Cecropia pachystachya* Trécul en la acción de los aminoglucósidos. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 19(3). Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962014000300001
- Olivoto, T., Nardino, M., Carvalho, I., Follman, D., Szarecki, V., Ferrari, M., de Souza, V. (2017). Plant secondary metabolites and its dynamical systems of induction in response to environmental factors. *African Journal of Agricultural Research*, 12, 71-84.
- OMS. (31 de Julio de 2020). *Resistencia a los antimicrobianos*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance>
- OMS. (17 de Noviembre de 2021). *Resistencia a los antimicrobianos*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance#:~:text=La%20OMS%20ha%20declarado%20que,la%20aparici%C3%B3n%20de%20pat%C3%B3genos%20farmacorresistentes.>

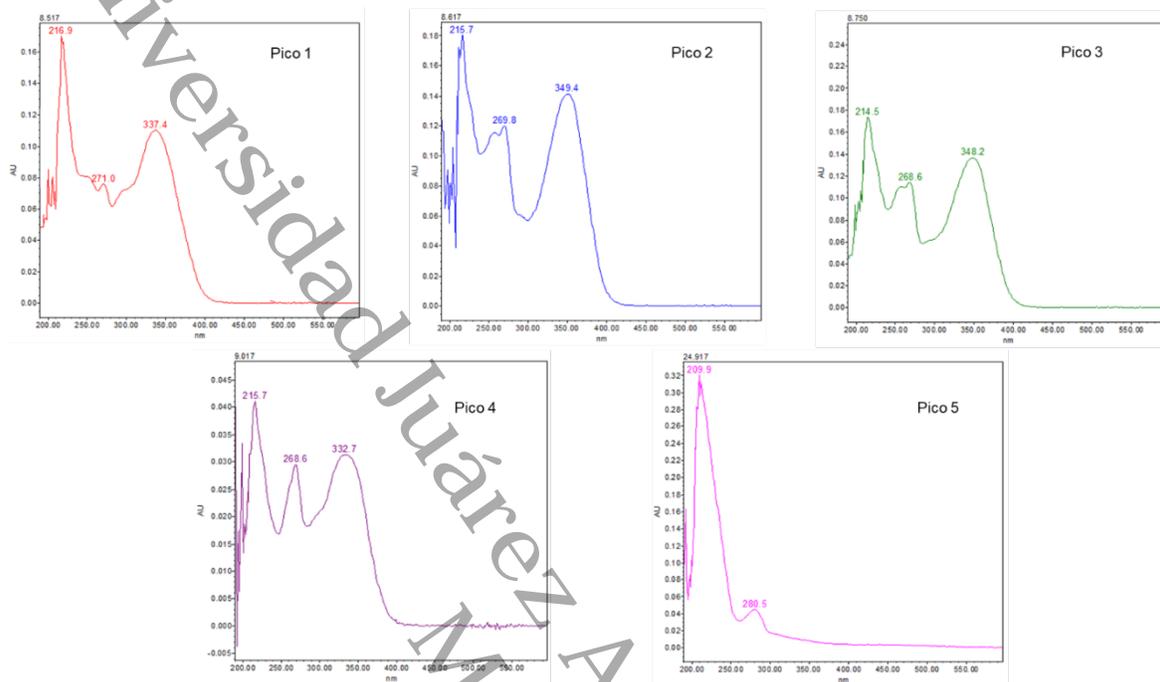
- Ortíz-Ardila, A. E., Correa-Cuadros, J. P., Celis-Zambrano, C. A., Rodríguez-Bocanegra, M. X., Robles-Camargo, J., & Sequeda-Castañeda, L. G. (2017). Antioxidant and antimicrobial capacity *Cecropia mutisiana* Mildbr. (Cecropiaceae) leave extracts. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 29(1), 25-35. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2016-07-915>
- Ospina Chávez, J., Rincón Velandia, J., & Guerrero Pabón, M. (2013). Perfil neurofarmacológico de la fracción butanólica de las hojas de *Cecropia peltata* L. *Rev. Colomb. Cienc. Quím. Farm.*, Vol. 42, 42(2), 245 - 246.
- Pérez-Urria Carril, E., & Ávalos García, A. (2009). Metabolismo secundario de plantas. *Reduca (Biología). Serie Fisiología Vegetal.*, 2(3), 119-145.
- Química, U. d. (08 de Julio de 2024). *α-Amirina [Base de datos]*. Obtenido de 2016: <https://uniquim.iquimica.unam.mx/compuesto-item/amirina/>
- Ramírez, L. S., & Marín Castaño, D. (2009). Methodologies for evaluating the In vitro antibacterial activity of natural compounds of plant origin. *Scientia et Technica*, 2(42), 263-268. <https://doi.org/ISSN 0122-1701>
- Revilla-Monsalve, M., Andrade-Cetto, A., Palomino-Garibay, M., Wiedenfeld, H., & Islas-Andrade, S. (2007). Hyperglycemic effect of *Cecropia obtusifolia* Bertol aqueous extracts on type 2 diabetic patients. *Etnopharmacology*, 111(3), 636-640. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2007.01.014>
- Rivera Mondragón , A., Bijttebier, S., Tuenter, E., Custers, D., Ortíz, O., Pieters, L., Foubert, K. (2019). Phytochemical characterization and comparative studies of four *Cecropia* species collected in panama using multivariate data analysis. *Scientific Reports*, 9(1), 1763. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-38334-4>
- Rivera Mondragón, A., Broeckx, G., Bijttebier, S., Naessens, T., Franssen, E., Kiekens, F., Foubert, K. (2019). Ultrasound-assisted extraction optimization and validation of an HPLC-DAD method for the quantification of polyphenols in leaf extracts of *Cecropia* species. *Scientific Reports*, 9(1), 2028. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41598-018-37607-2>

- Rivera Mondragón, A., Ortiz, O. O., Bijttebier, S., Vlietinck, A., Apers, S., Pieters, L., & Caballero George, C. (2017). Selection of chemical markers for the quality control of medicinal plants of the genus *Cecropia*. *Pharmaceutical Biology*, 55(1), 1500-1512. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1080/13880209.2017.1307421>
- Rivera Mondragón, A., Peeters, L., Van der Auwera, A., Breynaert, A., Caballero George, C., Pieters, L., Foubert, K. (2020). Simulated Gastrointestinal Biotransformation of Chlorogenic Acid, Flavonoids, Flavonolignans and Triterpenoid Saponins in *Cecropia obtusifolia* Leaf Extract. *Plant. Med.*, 87, 404-416. <https://doi.org/10.1055/a-1258-4383>
- Rocha, F. F., Lapa, A. J., & De Lima, T. C. (2002). Evaluación de los efectos ansiolíticos de *Cecropia glaziovii* Sneth en ratones. *Farmacología Bioquímica y Comportamiento*, 71(1 y 2), 183-190. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0091-3057\(01\)00695-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0091-3057(01)00695-5)
- Rojas, J., Ochoa, V., Ocampo, S., & Muñoz, J. (2006). Detección de actividad antimicrobiana de diez plantas medicinales utilizadas en la medicina popular colombiana: una posible alternativa en el tratamiento de infecciones no nosocomiales. *BMC complementario y medicina alternativa*. <https://doi.org/doi:10.1186/1472-6882-6-2>
- Sáenz Esqueda , M. d., Álvarez Román , R., Castro Ríos , R., Gómez Flores , R., Nuñez Rodríguez , M. A., Galindo Rodríguez , S. A., & Chávez Montes, A. (2012). Actividad antituberculosa del extracto de *Carya illinoensis*. *Rev. Mex. Cienc. Farm.*, 43(3).
- Sánchez, E., Castillo, S., & García, P. (2016). Actividad Antimicrobiana. *OmniaScience*, 77-100.
- Sánchez-García, E., Castillo-Hernández, S. L., & García-Palencia, P. (2016). Actividad antimicrobiana. *rev OmniaScience*, 77-100. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3926/oms.334>

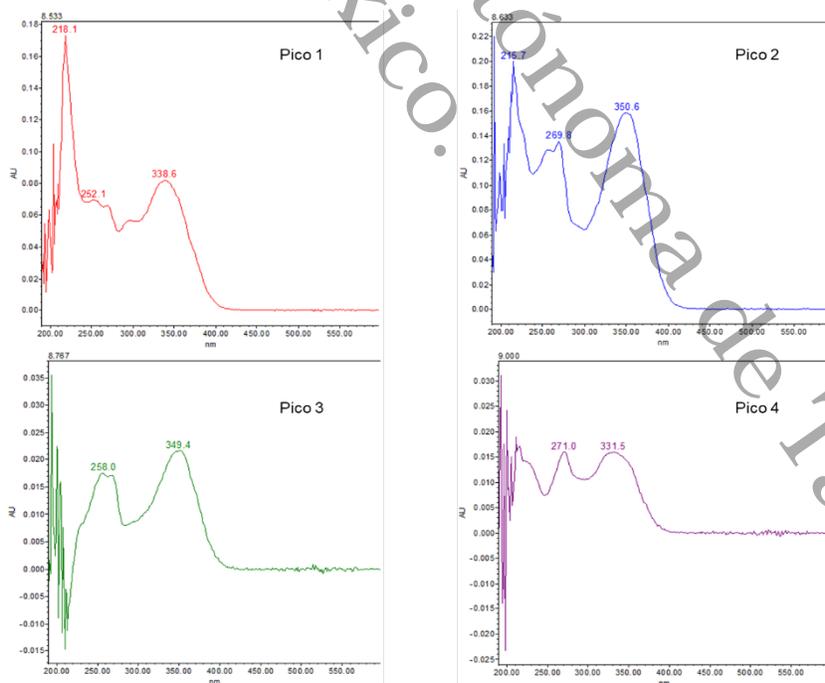
- Skoog, D. A., West, D. M., Holler, F. J., & Crouch., S. R. (2014). *Fundamentos de química analítica. Novena edición*. Cengage Learning.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (1991). *Plant Physiology*. Benjamin Cummings.
- Tanae, M., Lima Landman, M., De Lima, T., Souccar, C., & Lapa, A. (2007). Chemical standardization of the aqueous extract of *Cecropia glaziovii* Sneth endowed with antihypertensive, bronchodilator, antiacid secretion and antidepressant-like activities. *Phytomedicine*, 14, 309-313.
- Vázquez Yanes, C. (1999). *Cecropia obtusifolia* Bertol. *Novi Commentarii Academiae Scientiarum Instituti Bononiensis*, 4, 439. Recuperado el 2023, de http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/49-morac3m.pdf
- Wang, B., Kai, G., Song Liu, J., Yu, B., Fei, R., & Ji-Kai, L. (2010). Estudios sobre los componentes químicos de *Kalimeris indica*. *Zhong Yao Cai*, 33(4), 551-554.
- Wilt, T., Ishani, A., MacDonald, R., Stark, G., Mulrow, C., & Lau, J. (1999). Beta-sitosterols for benign prostatic hyperplasia. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 3.
- Zavala S., M. A., Pérez G., S., & Pérez G., R. (1997). Antimicrobial Screening of Some Medicinal Plants. *Phytotherapy Research*, 2(5), 368-371. [https://doi.org/https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1573\(199708\)11:5<368::AID-PTR109>3.0.CO;2-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1573(199708)11:5<368::AID-PTR109>3.0.CO;2-6)
- Zuo J., Liu L., Hou S., Xiaoqiang L., Teng J., Li P., & Xiaotong L. (2023) Actividad antimicrobiana y antibiofilm de la isoorientina frente a *Escherichia coli* no sensible a carbapenémicos de leche cruda de cabra. *Revista de Ciencias Animales*. Volumen 101. <https://doi.org/10.1093/jas/skad047>

12. Anexos

Anexo 1. Espectros UV-Vis del extracto hidroalcohólico de *Cecropia peltata*



Anexo 2. Espectros UV-Vis del extracto hidroalcohólico de *Cecropia obtusifolia*



Anexo 3. Tabla de compuestos identificados en el extracto hexánico de *Cecropia peltata* y *Cecropia obtusifolia* por CG-EM

No.	Compuesto	t_R min	Cp	Co
6	Decano	6.748	1.345	2.515
7	Undecano	8.312	0.207	
8	Hexadecanoato de metilo	18.559	1.212	2.290
9	Hexadecanoato de etilo	19.216	0.619	
10	(Z, Z)-9,12-octadecadienoato de metilo	20.195	1.264	0.713
11	10-octadecanoato de metilo	20.247		1.163
12	Fitol	20.372	2.000	1.897
13	9,12-octadecadienoato de etilo	20.792	1.444	
14	Octadecanoato de etilo	21.062	0.317	
15	4,8,12,16-Tetrametilheptadecan-4-olida	22.526	0.547	0.780
16	Heptacosano	26.868	0.586	
17	Escualeno	28.964	1.333	1.977
18*	Octacosano	29.864		8.492
19*	Nonacosano	29.896	11.474	
20	2H-1-benzopirán-6-ol-3,4-dihidro-2,5,7,8-tetrametil-2-(4,8,12-trimetil-3,7,11-tridecatrienilo)	30.494	3.395	3.403
21	Hexatriacontano	30.967	1.335	1.769
22	β -Tocoferol	31.729	3.052	3.292
23*	Hentriacontano	32.247	30.705	29.689
24	Tocoferol	32.813	3.161	4.515
25	Dotriacontano	33.627	2.327	2.684
26*	Tritriacontano	35.460	16.138	15.754
27*	β -sitosterol	35.900	6.261	7.128
28*	α -amirina	37.444	6.233	2.832

*Compuestos mayoritarios

Anexo 4. “Alojamiento de la Tesis en el Repositorio Institucional”

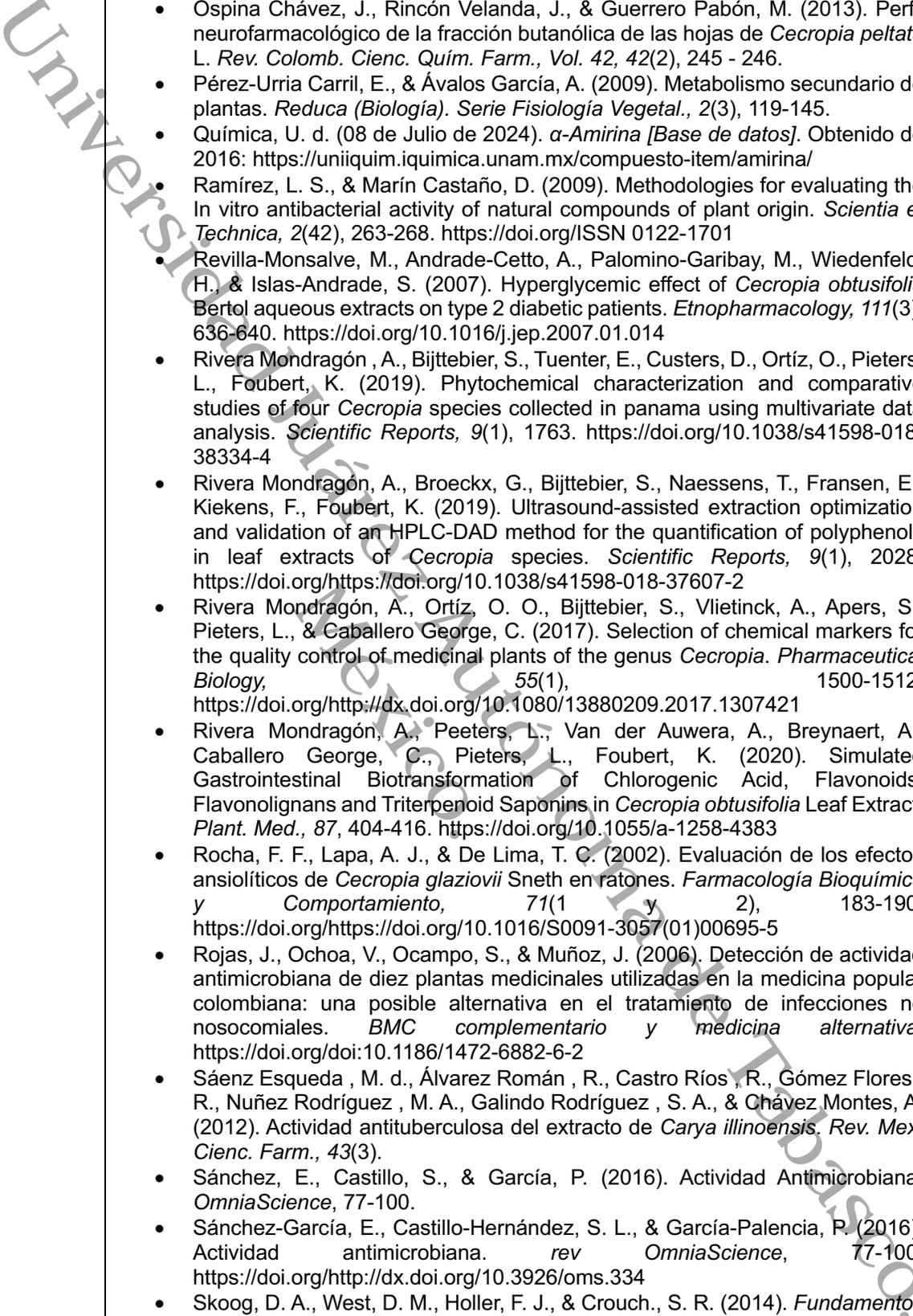
Alojamiento de la Tesis en el Repositorio Institucional	
Título de la Tesis:	“Análisis fitoquímico y actividad antimicrobiana de extractos orgánicos de <i>Cecropia obtusifolia</i> B. y <i>Cecropia peltata</i> L.”
Autores de la Tesis:	Stephani Jazmín Bravata Silván, Carlos Ernesto Lobato García, Ma. Dolores Pérez García
ORCID:	https://orcid.org/0009-0006-0193-9855
Resumen de la Tesis:	<p>La resistencia antimicrobiana en la actualidad representa uno de los problemas más grandes en temas de salud pública, debido a que los microorganismos han desarrollado la capacidad de tolerar los medicamentos ya existentes dando como resultado que los tratamientos sean menos efectivos aumentando el riesgo de infecciones, complicaciones graves o la muerte. En esta investigación, se realizó el estudio fitoquímico del extracto hidroalcohólico y hexánico de las hojas de <i>Cecropia peltata</i> y <i>Cecropia obtusifolia</i>. El extracto hidroalcohólico se analizó mediante cromatografía líquida de alta resolución con detector de arreglo de diodos (CLAR-DAD), llevando a cabo una identificación cualitativa de los compuestos presentes. Se determinó la presencia de ácido clorogénico, isoorientina, orientina, un análogo de vitexina y un análogo de catequina. Para el extracto hexánico de ambas especies, se realizó un análisis mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (CG-EM) y se identificaron 23 compuestos, siendo los de mayor abundancia: octacosano, nonacosano, hentriacontano, tritriacontano y dos compuestos con actividad biológica reportada como son: a-amirina y b-sitosterol. Se evaluó la actividad antimicrobiana de los extractos por microdilución en caldo donde se pudo observar que el extracto hexánico de <i>C. peltata</i> e hidroalcohólico de <i>C. obtusifolia</i> fueron activos. Por lo anterior, se concluye que los compuestos identificados en los estudios fitoquímicos podrían ser los responsables de la inhibición observada en la evaluación antimicrobiana.</p>
Palabras Claves:	<i>Cecropia peltata</i> , <i>Cecropia obtusifolia</i> , análisis por CLAR-DAD, análisis por CG-EM, actividad antimicrobiana
Referencias:	<ul style="list-style-type: none"> • Aguilar Santamaria, L. L. (2004). <i>Evaluación de la actividad hipoglucemiante de los extractos de Cecropia obtusifolia Bertol.</i> Tesis de grado. https://doi.org/Universidad Autónoma Metropolitana • Alejandro, M., Campillo, L., & Méndez, R. (2010). El uso de las plantas medicinales en las comunidades maya-chontales de Nacajuca, Tabasco, México. <i>Polibotánica</i>, 29, 213-2062. • Almaraz Abarca, N., Ávila Reyes, J., Delgado Alvarado, E., Naranjo Jiménez, N., & Herrera Corral, J. (2006). El metabolito secundario de las plantas, Un nuevo concepto. <i>Vid supra</i>, 1(2), 39-50. • Andrade-Andrade G., Delgado A. A., Herrera C. B., Arevalo G. L., Caso B. L. (2018). Variación de Compuestos Fenólicos Totales, Flavonoides y Taninos en <i>Vainilla planifolia</i> Jacks. ex Andrews. De la Huasteca Hidalguense, México. <i>Agrociencias</i>, 52: 55-66. • Alonso Castro, A. J., Miranda Torres, A. C., González Chávez, M. M., & Salazar Olivo, L. A. (2008). <i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol and its active compound, chlorogenic acid, stimulate 2-NBDglucose uptake in both insulin-sensitive and insulin-resistant 3T3 adipocytes. <i>Journal of Ethnopharmacology</i>, 120, 458-464. • Andrade Cetto, A., & Cárdenas Vázquez, R. (2010). Gluconeogenesis inhibition and phytochemical composition of two <i>Cecropia</i> species. <i>Ethnopharmacology</i>, 130(1), 93-97. https://doi.org/10.1016/j.jep.2010.04.016. • Andrade Cetto, A., & Wiedenfeld, H. (2001). Hypoglycemic effect of <i>Cecropia obtusifolia</i> on streptozotocin diabetic rats. <i>Ethnopharmacology</i>, 78(2-3), 145-149. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0378-8741(01)00335-X

<p style="font-size: 2em; opacity: 0.1; transform: rotate(-45deg);">Universitat de València</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Andrade Cetto, A., Cárdenas, R., & Ramírez Reyes, B. (2007). Hypoglycemic Effect of <i>Cecropia peltata</i> L. on N5-STZ type 2 diabetic rats. <i>Pharmacologyonline</i>, 3, 203-210. • Arija, C. M. (2012). Taxonomía, Sistemática y Nomenclatura, herramientas esenciales en Zoología y Veterinaria. <i>REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria</i>, 13(7). • Balachandran, A., Choi, S., Morak-Mlodawska, B., Małgorzata, J., Froemming, G., Lavilla Jr., C., Okechukwu, P. (2023). Antioxidantes, potencial de cicatrización de heridas y evaluación in silico de naringina, eicosano y octacosano. <i>Molecules</i>, 28(3), 1043. • Balasundram, N., Sundram, K., & Samman, S. (2006). Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. <i>Food chemistry</i>, 99(1), 191-203. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.042 • Berg C. C., Franco Rosselli P., Davidson D. W. (2005). Flora Neotrópica Monograph 94, <i>Cecropia</i>. Editorial: The New York Botanical Garden Press, Bronx, NY. 232 pp. • Brango-Vanegas, J., Costa, G., Ortmannb, C., Schenkel, E., Reginatto, F., Ramos, F., Castellanos, L. (2014). Los glicosilflavonoides de <i>Cecropia pachystachya</i> Trecul son inhibidores de la detección de quórum. <i>Phytomedicine</i>, 21(5), 670-675. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.phymed.2014.01.001 • Bautista L. A., Parra R. F., Espinosa G. F. (2019). Efectos de la Domesticación de las Plantas en la Diversidad Fitoquímica. En: J. C. Rojas y E. A. Malo (eds.). <i>Temas Selectos en Ecología Química de Insectos</i>. Editorial: ECOSUR, San Cristobal de las Casas, Chiapas, México. 446 pp. • Borokini T. I., Ayodele A. E. (2012). Phytochemical Screening of <i>Tacca Leontopetaloides</i> (L.) Kuntze Collected from Four Geographical Location in Nigeria International Journal of 10.5923/j.ijmb.20120204.06. <i>Modern Botany</i>, 2(4): 97-102. Doi: • Caretto, S., Linsalata, V., Colella, G., Giovanni, M., & Lattanzio, V. (2015). Carbon Fluxes between Primary Metabolism and Phenolic Pathway in Plant Tissues under Stress. <i>International Journal of Molecular Sciences</i>, 16(11), 26378-26394. https://doi.org/10.3390/ijms161125967 • Carvajal, S., & Peña-Pinela, C. (1997). <i>Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes</i>. Instituto de Ecología A.C. Centro Regional del Bajío. https://doi.org/ISBN 968-7863-07-2 • Castañeda, L., & Lohan S. (2022) Evaluación de la actividad antimicrobiana y caracterización química de fracciones y compuestos de <i>Passiflora tripartita</i> var <i>mollissima</i>, <i>P. tarminiana</i> e <i>Ilex guayusa</i> frente a <i>Helicobacter pylori</i>. Tesis de Grado. Pontificia Universidad Javeriana. • Castro Juárez, C. J., Villa Ruano, N., Ramírez García, S. A., & Mosso González, C. (2014). Medicinal use of antidiabetic plants in Oaxacan ethnobotanical. <i>Revista Cubana de Plantas Medicinales</i>, 19(1), 101-120. • Cela, R. (2003). <i>Técnicas de Separación en Química Analítica</i>. Síntesis Editorial. https://doi.org/ISBN 8497560280 • Chen K., Peng C., Chi F., Yu C., Yang Q., & Li Z. (2022) Antibacterial and antibiofilm activities of chlorogenic acid against <i>Yersinia enterocolitica</i>. <i>Front. Microbiol.</i> 13:885092. doi: 10.3389/fmicb.2022.885092 • Christian, G. D. (2009). <i>Química Analítica</i>. McGraw-Hill. • CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute). (2009). Methods for dilution antimicrobial susceptibility test for bacteria that grow aerobically: Approved Standard. Vol 8, 1-65. Obtenido de https://clsi.org/media/1928/m07ed11_sample.pdf
---	---

<p style="font-size: 2em; opacity: 0.2; transform: rotate(-45deg);">Universidad Autónoma Metropolitana</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Costa, G., Schenkel, E., & Reginatto, F. (2011). Chemical and pharmacological aspects of the genus <i>Cecropia</i>. <i>Nat Prod Commun.</i>, 6(6), 913-920. • Da Silva Mathias, M., & Rodrigues de Oliveira, R. (2018). Differentiation of the phenolic chemical profiles of <i>Cecropia pachystachya</i> and <i>Cecropia hololeuca</i>. <i>Phytochemical analysis</i>, 30(1), 73-82. https://doi.org/10.1002/pca.2791 • Daga, M. A., Ayala, T. S., & Menolli, R. A. (2020). A review of the anti-inflammatory and antimicrobial activities of the components of the <i>Cecropia</i> genus. <i>Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research</i>, 13(8), 13-20. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.22159/ajpcr.2020.v13i8.38031 • de Mello Cruz, E., Roberto da Silva, E., do Carmo Maquiaveli, C., Sousa Sobral, E., Francisco Lucon, J., & Vannier-Santos, M. (2013). Actividad leishmanicida de los flavonoides de <i>Cecropia pachystachya</i>: inhibición de la arginasa y disposición alterada del ADN mitocondrial. <i>Elsevier</i>, 89, 71-77. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2013.01.014 • Duarte Alonso, A., Cu Cañetas, T. E., Avila Nava, A., Sansores España, D., Acevedo Fernández, J. J., Sandoval Peraza, M., Torre Villalvazo, I. (2020). A <i>Cecropia peltata</i> ethanolic extract reduces insulin resistance and hepatic steatosis in rats fed a high-fat diet. <i>Journal of Ethnopharmacology</i>. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.113087. • Figeroa, F. L., & Sánchez y García. (2002). Fitoquímica. <i>UNAM Fes Zaragoza</i>, 1, 9-11. • Fina, B. L., Lombarte, M., & Rigalli, A. (2013). Investigación de un fenómeno natural: ¿Estudios <i>in vivo</i>, <i>in vitro</i> o <i>in silico</i>? <i>Actualizaciones en Osteología</i>, 9(3), 283-288. • Font Quer, P. (2001). <i>Diccionario de Botánica</i>. Península. https://doi.org/ISBN:84-8307-300-5. • Fortis Barrera, M. d., Alarcón Aguilar, F. J., Becerril García, A., Flores Sáenz, J. E., Almanza Pérez, J. C., García Lorenzana, M., Blancas Flores, G. (2019). Mechanism of the Hypoglycemic Activity and Hepatoprotective Effect of the Aqueous Extract of <i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol. <i>Jornal of Medicinal Food</i>, 1-10. • Franco Rosselli P. & Berg C. C. (1997) Distributional patterns of <i>Cecropia</i> (<i>Cecropiaceae</i>): a panbiogeographic analysis. <i>Caldasia</i> 19(1-2): 285-296. • Gallegos-García, A., Lobato-García, C. E., González-Cortazar, M., Herrera-Ruiz, M., Zamilpa, A., Álvarez-Fitz, P., Gómez-Rivera, A. (2022). Preliminary Phytochemical Profile and Bioactivity of <i>Inga jinicuil</i> Schltdl & Cham. ex G. Don. <i>Plants</i>, 11(794), 1-14. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/plants11060794 • García García, S. (2022). Evaluación del potencial antiinflamatorio de α-amirina y lupeol en la línea celular de macrófagos RAW 264.7 y en el modelo murino de edema por TPA. <i>Universidad Autónoma Metropolitana</i>, Tesis de Grado. • Gupta, M., Nath, R., Srivastava, N., Shanker, K., Kishor, K., & Bhargava, K. (1996). Anti-inflammatory and antipyretic activities of beta-sitosterol. <i>Planta Med.</i>, 39(2), 157-163. https://doi.org/10.1055/s-2008-1074919. PMID: 6967611. • Hernández Carvajal, J., (2012). <i>Análisis fitoquímico y de actividad antimalárica de dos especies del género Cecropia</i>. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Colombia. • Hernández Carvajal, J., & Luengas Caicedo, P. (2013). Estudio fitoquímico preliminar de <i>Cecropia membranacea</i> Trécul. y <i>Cecropia metensis</i> Cuatrec. <i>Revista Cubana de Plantas Medicinales</i>, 18(4), 586-595. • Hernández Carvajal, J., Luengas Caicedo, P., Otero Jiménez, V., & Garavito Cárdenas, G. (2014). Actividad antiplasmódica y hemolítica de extractos
--	---

	<p>etanólicos y fracciones obtenidas de <i>Cecropia membranacea</i> Trécul. y <i>Cecropia metensis</i> Cuatrec. (sin. <i>Cecropia peltata</i> var. <i>candida</i> Velásquez). <i>Revista Cubana de Medicina Tropical</i>, 66(1), 58-70.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hoyos Turcios, C. E. (2014). <i>Evaluación in vitro de la actividad antibacteriana del extracto etanólico total obtenido de C. peltata L. (Guarumo) de Los Montes de María</i>. Tesis de Grado. Universidad de Cartagena. . • Jaramillo H., D. A., Rincón V., J., & Guerrero P., M. F. (2008). Actividad tipo anti-ausencia del extracto metanólico de <i>Cecropia membranacea</i> Trécul en ratones. <i>Vitae</i>, 15(2), 267-273. • Javed, E., Majeed Khan, H., Shahzad , Q., Shahzad, Y., Yasin, H., Ul-Haq, Z., Ali Khan, A. (2023). Caracterización fitoquímica y potencial antiartrítico del extracto de hojas de <i>Croton bonplandianus</i>: enfoque <i>in vivo</i> e <i>in silico</i>. <i>Revista farmacéutica saudí</i>, 32(12). • Kutchan, T. M. (1995). Alkaloid biosynthesis: The basis for metabolic engineering of medicinal plants. <i>The Plant Cell</i>, 7(7), 1059-1070. https://doi.org/10.1105/tpc.7.7.1059 • Lam K. Y., Kiong Ling A. P., Koh R. Y., Wong Y. P., & Say Y. H. (2016) A Review on Medicinal Properties of Orientin. <i>Advances in Pharmacological Sciences</i>. Volume 2016, Article ID 4104595, 9 pages. http://dx.doi.org/10.1155/2016/4104595 • Lobato Tapia, C., Moreno Hernández , Y., & Olivo Vidal, Z. (2023). <i>In Silico</i> Studies of Four Compounds of <i>Cecropia obtusifolia</i> against Malaria Parasite. <i>Molecules</i>, 28(19), 6912. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/molecules28196912 • Lopes da Silva , A., Santos Azevedo, L., Rodrigues Gonçalves, T. P., Coimbra, M. C., Pessoa de Siqueira, E., Nunes Alves, S., & Alves Rodrigues Dos Santos Lima, L. (2023). Larvicidal activity of hexane extract, fatty acids, and methyl esters from <i>Tecoma stans</i> pericarps against <i>Culex quinquefasciatus</i>. <i>Nat. Prod. Res.</i>, 37(24), 4227-4231. • Lou Z., Wang H., Zhu S., Ma C., & Wang Z. (2011) Antibacterial Activity and Mechanism of Action of Chlorogenic Acid. <i>Journal of Food Science</i> 76(6). doi: 10.1111/j.1750-3841.2011.02213.x • Lucio Gutierrez, J. R. (2012). <i>Aplicación de métodos quimiométricos para la caracterización y control de calidad de plantas medicinales</i>. Universitat Autònoma de Barcelona. • Luckner, M. (2013). <i>Secondary metabolism in microorganisms, plants and animals</i>. Science and Bussines Media. https://doi.org/10.1007/978-3-662-02384-6 • Luengas Caicedo, P. E., Braga de Oliveira, A., Castro Braga, F., Lins Brandao, M. d., Moreira de Campos, L., Yoshida, M., & Mechado Rocha, L. (2005). <i>Contribuição para a padronização de extratos de folhas de Cecropia glaziovii Snethl: estudos de variação sazonal e intra-específica de flavonóides eproantocianidinas, de metodologias de extração e de atividade vasorelaxante</i>. Tesis de Grado. Universidade Federal de Minas Gerais. • Marín Castaño, D., & Stella Ramírez, L. (2009). Metodologías para evaluar <i>in vitro</i> la actividad antibacteriana de compuestos de origen vegetal. <i>Rev Scientia et Technica</i>(No. 42), 263-268. https://doi.org/ISSN 0122-1701 • Martínez Campos, L., & Porrás González, A. (2021). Mejorando las habilidades en la lectura interpretada del antibiograma. <i>Form Act Pediatr Aten Prim.</i>, 14(2), 83-89. • Martínez D. Y., González R. A., Delgado L. G., Espinoza G. F. (2015). Geographic structure of chemical variation in wild population of the fuel crop <i>Jatropha curcas</i> L. in Mexico. <i>Industrial Crops and Products</i>, 74: 63-68. Doi: 10.1016/j.indcrop.2015.04.049.
--	---

<p style="font-size: 2em; opacity: 0.2; transform: rotate(-45deg);">Universitat de València</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Matulevich Peláez, J. A., Gil Archila, E., & Ospina Giraldo III, L. (2016). Estudio fitoquímico y actividad antiinflamatoria de hojas, flores y frutos de <i>Bejaria resinosa</i> Mutis ex L. (Pegamosco). <i>Revista Cubana de Plantas Medicinales</i>, 21(3), 332-345. • McMurry, J. (2008). <i>Química Orgánica, 7a edición</i>. CENGAGE Learning. • Medrano Sánchez, E. J., Hernández Bolio, G. I., Lobato García, C. E., González Cortazar, M., Antunez Mojica, M., Gallegos García, A. J., Gómez Rivera, A. (2023). Intra- and Interspecies Differences of Two <i>Cecropia</i> Species from Tabasco, Mexico, Determined through the Metabolic. <i>Plants</i>, 12, 2440. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/plants12132440 • Méndez Leal, D. C., Alexis Alonso, L., Polanco Cuevas, R. H., & Riapira Cano, E. J. (2011). Evaluación de la respuesta inhibitoria de los compuestos activos de <i>Costus scaber</i> (Cañaflota) y <i>Cecropia peltata</i> (Yarumo) sobre <i>Klebsiella pneumoniae</i> y <i>Streptococcus mutans</i> presentes en la cavidad bucofaringea. <i>Rev. CapyCua</i>, 1-10. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3986354.pdf • Navarrete, A., Trejo-Miranda, J., & Reyes-Trejo, L. (2002). Principles of root bark of <i>Hippocratea excelsa</i> (Hippocrataceae) with gastroprotective activity. <i>Journal of Ethnopharmacology</i>, 79, 383-388. • Nayak, S. (2006). <i>Cecropia peltata</i> L (Cecropiaceae) has wound-healing potential: a preclinical study in a Sprague Dawley rat model. <i>The international journal of lower extremity wounds</i>, 5(1), 20-26. https://doi.org/https://doi.org/10.1177/1534734606286472 • Ncube, B., & Staden, J. (2015). Tilting plant metabolism for improved metabolite biosynthesis and enhanced human benefit. <i>Molecules</i>, 20, 12698-12731. • Nicasio, P., Aguilar Santamaria, L., Aranda, E., Ortiz, S., & González, M. (2005). Hypoglycemic Effect and Chlorogenic Acid Content in Two <i>Cecropia</i> species. <i>PHYTOTHERAPY RESEARCH</i>, 19, 661-664. https://doi.org/DOL:10.1002/ptr.1722 • Ojito Ramos, K., & Portal, O. (2017). <i>Metabolitos secundarios de las Plantas</i>. Editorial Académica Española. https://doi.org/ISBN:978-620-2-25008-5 • Oliveira Souza, D., Relison Tintino, S., Gomes Figueredo, F., Melo Borges, M., Bezerra Morais Braga, M., & Kerntopf, M. (2014). Actividad antibacteriana y moduladora de <i>Cecropia pachystachya</i> Trécul en la acción de los aminoglucósidos. <i>Revista Cubana de Plantas Medicinales</i>, 19(3). Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962014000300001 • Olivoto, T., Nardino, M., Carvalho, I., Follman, D., Szareski, V., Ferrari, M., de Souza, V. (2017). Plant secondary metabolites and its dynamical systems of induction in response to environmental factors. <i>African Journal of Agricultural Research</i>, 12, 71-84. • OMS. (31 de Julio de 2020). <i>Resistencia a los antimicrobianos</i>. Obtenido de https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance • OMS. (17 de Noviembre de 2021). <i>Resistencia a los antimicrobianos</i>. Obtenido de https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance#:~:text=La%20OMS%20ha%20declarado%20que,la%20aparici%C3%B3n%20de%20pat%C3%B3genos%20farmacorresistentes. • Ortiz-Ardila, A. E., Correa-Cuadros, J. P., Celis-Zambrano, C. A., Rodríguez-Bocanegra, M. X., Robles-Camargo, J., & Sequeda-Castañeda, L. G. (2017). Antioxidant and antimicrobial capacity <i>Cecropia mutisiana</i> Mildbr. (Cecropiaceae) leave extracts. <i>Emirates Journal of Food and Agriculture</i>, 29(1), 25-35. https://doi.org/10.9755/ejfa.2016-07-915
---	---

	<ul style="list-style-type: none"> • Ospina Chávez, J., Rincón Velandá, J., & Guerrero Pabón, M. (2013). Perfil neurofarmacológico de la fracción butanólica de las hojas de <i>Cecropia peltata</i> L. <i>Rev. Colomb. Cienc. Quím. Farm.</i>, Vol. 42, 42(2), 245 - 246. • Pérez-Urria Carril, E., & Ávalos García, A. (2009). Metabolismo secundario de plantas. <i>Reduca (Biología). Serie Fisiología Vegetal.</i>, 2(3), 119-145. • Química, U. d. (08 de Julio de 2024). α-Amirina [Base de datos]. Obtenido de 2016: https://uniquim.iquimica.unam.mx/compuesto-item/amirina/ • Ramírez, L. S., & Marín Castaño, D. (2009). Methodologies for evaluating the In vitro antibacterial activity of natural compounds of plant origin. <i>Scientia et Technica</i>, 2(42), 263-268. https://doi.org/ISSN 0122-1701 • Revilla-Monsalve, M., Andrade-Cetto, A., Palomino-Garibay, M., Wiedenfeld, H., & Islas-Andrade, S. (2007). Hyperglycemic effect of <i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol aqueous extracts on type 2 diabetic patients. <i>Etnopharmacology</i>, 111(3), 636-640. https://doi.org/10.1016/j.jep.2007.01.014 • Rivera Mondragón, A., Bijttebier, S., Tuentner, E., Custers, D., Ortíz, O., Pieters, L., Foubert, K. (2019). Phytochemical characterization and comparative studies of four <i>Cecropia</i> species collected in panama using multivariate data analysis. <i>Scientific Reports</i>, 9(1), 1763. https://doi.org/10.1038/s41598-018-38334-4 • Rivera Mondragón, A., Broeckx, G., Bijttebier, S., Naessens, T., Franssen, E., Kiekens, F., Foubert, K. (2019). Ultrasound-assisted extraction optimization and validation of an HPLC-DAD method for the quantification of polyphenols in leaf extracts of <i>Cecropia</i> species. <i>Scientific Reports</i>, 9(1), 2028. https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41598-018-37607-2 • Rivera Mondragón, A., Ortíz, O. O., Bijttebier, S., Vlietinck, A., Apers, S., Pieters, L., & Caballero George, C. (2017). Selection of chemical markers for the quality control of medicinal plants of the genus <i>Cecropia</i>. <i>Pharmaceutical Biology</i>, 55(1), 1500-1512. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1080/13880209.2017.1307421 • Rivera Mondragón, A., Peeters, L., Van der Auwera, A., Breynaert, A., Caballero George, C., Pieters, L., Foubert, K. (2020). Simulated Gastrointestinal Biotransformation of Chlorogenic Acid, Flavonoids, Flavonolignans and Triterpenoid Saponins in <i>Cecropia obtusifolia</i> Leaf Extract. <i>Plant. Med.</i>, 87, 404-416. https://doi.org/10.1055/a-1258-4383 • Rocha, F. F., Lapa, A. J., & De Lima, T. C. (2002). Evaluación de los efectos ansiolíticos de <i>Cecropia glaziovii</i> Sneth en ratones. <i>Farmacología Bioquímica y Comportamiento</i>, 71(1 y 2), 183-190. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0091-3057(01)00695-5 • Rojas, J., Ochoa, V., Ocampo, S., & Muñoz, J. (2006). Detección de actividad antimicrobiana de diez plantas medicinales utilizadas en la medicina popular colombiana: una posible alternativa en el tratamiento de infecciones no nosocomiales. <i>BMC complementario y medicina alternativa</i>. https://doi.org/doi:10.1186/1472-6882-6-2 • Sáenz Esqueda, M. d., Álvarez Román, R., Castro Ríos, R., Gómez Flores, R., Nuñez Rodríguez, M. A., Galindo Rodríguez, S. A., & Chávez Montes, A. (2012). Actividad antituberculosa del extracto de <i>Carya illinoensis</i>. <i>Rev. Mex. Cienc. Farm.</i>, 43(3). • Sánchez, E., Castillo, S., & García, P. (2016). Actividad Antimicrobiana. <i>OmniaScience</i>, 77-100. • Sánchez-García, E., Castillo-Hernández, S. L., & García-Palencia, P. (2016). Actividad antimicrobiana. <i>rev OmniaScience</i>, 77-100. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3926/oms.334 • Skoog, D. A., West, D. M., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2014). <i>Fundamentos de química analítica. Novena edición</i>. Cengage Learning. • Taiz, L., & Zeiger, E. (1991). <i>Plant Physiology</i>. Benjamin Cummings.
---	---

	<ul style="list-style-type: none"> • Tanae, M., Lima Landman, M., De Lima, T., Souccar, C., & Lapa, A. (2007). Chemical standardization of the aqueous extract of <i>Cecropia glaziovii</i> Sneth endowed with antihypertensive, bronchodilator, antiacid secretion and antidepressant-like activities. <i>Phytomedicine</i>, 14, 309-313. • Vázquez Yanes, C. (1999). <i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol. <i>Novi Commentarii Academiae Scientiarum Institutii Bononiensis</i>, 4, 439. Recuperado el 2023, de http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/49-morac3m.pdf • Wang, B., Kai, G., Song Liu, J., Yu, B., Fei, R., & Ji-Kai, L. (2010). Estudios sobre los componentes químicos de <i>Kalimeris indica</i>. <i>Zhong Yao Cai</i>, 33(4), 551-554. • Wilt, T., Ishani, A., MacDonald, R., Stark, G., Mulrow, C., & Lau, J. (1999). Beta-sitosterols for benign prostatic hyperplasia. <i>Cochrane Database of Systematic Reviews</i>, 3. • Zavala S., M. A., Pérez G., S., & Pérez G., R. (1997). Antimicrobial Screening of Some Medicinal Plants. <i>Phytotherapy Research</i>, 2(5), 368-371. <a href="https://doi.org/https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1573(199708)11:5<368::AID-PTR109>3.0.CO;2-6">https://doi.org/https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1573(199708)11:5<368::AID-PTR109>3.0.CO;2-6 • Zuo J., Liu L., Hou S., Xiaoqiang L., Teng J., Li P., & Xiaotong L. (2023) Actividad antimicrobiana y antibiofilm de la isoorientina frente a <i>Escherichia coli</i> no sensible a carbapenémicos de leche cruda de cabra. <i>Revista de Ciencias Animales</i>. Volumen 101. https://doi.org/10.1093/jas/skad047
--	--