



UJAT

UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO

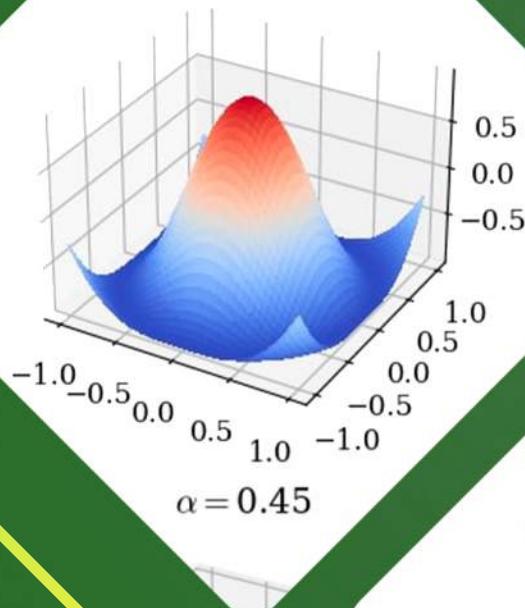
“ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE”

JOBS

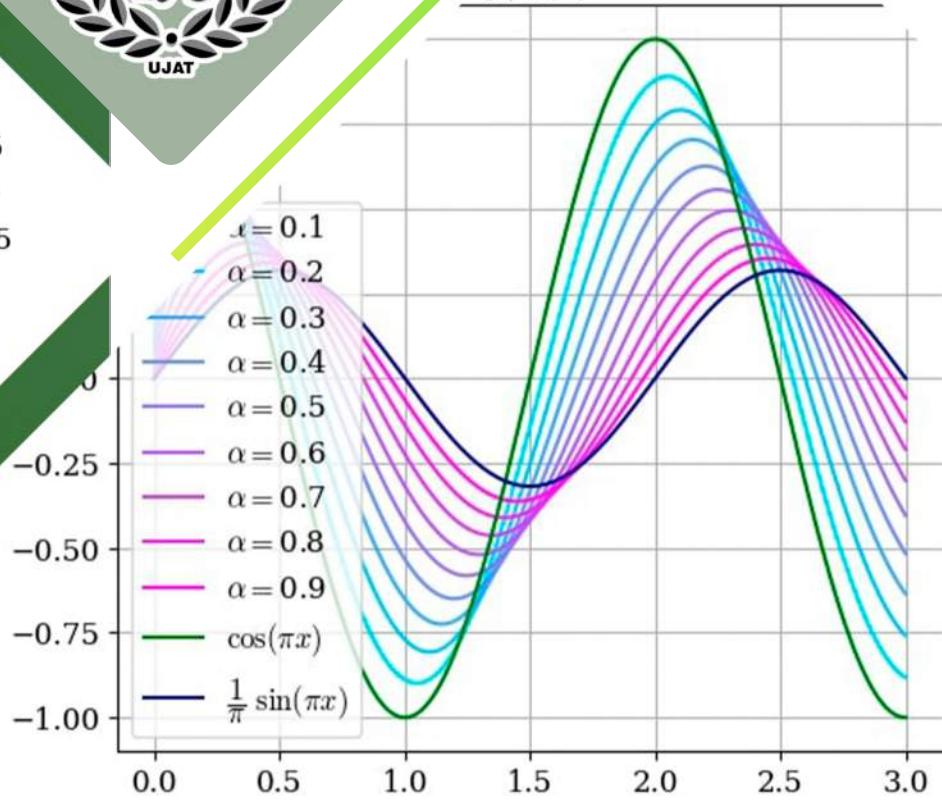
Journal of Basic Sciences

DACB•UJAT

$f(x, y)$ ($\alpha = 0.45$)



$\int_0^x f(x)$



Con el número 30 del Journal of Basic Sciences, se inicia el volumen 11 de esta revista correspondiente al año 2025. El carácter multidisciplinario de esta revista, permite enriquecer su contenido con perspectivas variadas que abordan diversas problemáticas en el área de las ciencias básicas y disciplinas afines.

De esta forma, se presenta una contribución que desarrolló generalizaciones en cálculo multivariable para llegar a nuevas diferenciales totales fraccionarias, las cuales juegan un papel importante en la modelación de gran número de fenómenos. Por otro lado, se incluye también una aportación que trata sobre el desarrollo de un método para resolver la ecuación de transporte conservativa en dominios específicos, incluyendo su validación y prueba para demostrar sus capacidades.

Se incluye además, un reporte encaminado a mejorar la calidad de imágenes, mediante técnicas de discretización numérica presentando una evaluación cualitativa y cuantitativa de los resultados obtenidos. En otro orden de ideas, se centra la atención hacia el estudio de sistemas aleatorios y la complejidad en su modelación, mostrando un estudio inferencial para un proceso de Poisson mixto, que lleva a la obtención de expresiones para densidad predictiva.

Es innegable que el aprendizaje de las matemáticas representa un reto actual que no debe soslayarse. En este sentido, se incluye un estudio que muestra la relación entre el desarrollo de la memoria de trabajo y el aprendizaje de identidades trigonométricas por parte de jóvenes del nivel medio superior, mostrando los subcomponentes necesarios en el razonamiento para el aprendizaje de este tema. En otra contribución relativa a la matemática educativa, se presenta una propuesta para atender el aprendizaje de los polígonos por estudiantes de bachillerato, mediante una serie de actividades diseñadas ex profeso que permiten una mejora en la comprensión de la temática.

En un contexto diferente, está el estudio dirigido a evaluar la actividad antibacteriana de extractos de plantas del género *Cecropia*, de uso tradicional en el sureste mexicano, correlacionando esta propiedad con el perfil fitoquímico analizado. Se presenta además, una contribución encaminada a analizar el impacto, que en los últimos años, han ocasionado derrames petroleros en el sureste mexicano, con especial énfasis en la afectación a cultivos agrícolas.

La atención de problemas de salud está dada a través de dos artículos que forman parte de este número. Por un lado, se comparó la resistencia a la insulina a través de índices específicos en momentos anteriores y durante la pandemia de COVID-19; en otro aporte, se analiza la relación entre diversos factores de riesgo asociados a la población joven y la enfermedad de Chagas. Mientras que en el área de la ciencia de los materiales, se incluye una propuesta para la obtención de derivados de poliuretano, con un método eficiente y compacto.

De esta forma el Journal of Basic Sciences acerca a sus lectores al amplio panorama del quehacer científico.

DIRECTORIO INSTITUCIONAL

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Lic. Guillermo Narváez Osorio.
Rector

Dr. Luis Manuel Hernández Govea.
Secretario de Servicios Académicos

Dr. Wilfrido Miguel Contreras Sánchez.
Secretario de Investigación, Posgrado y Vinculación

Dr. Pablo Marín Olán. Director de Difusión,
Divulgación Científica y Tecnológica

Directorio Divisional División Académica de Ciencias Básicas

Dra. Hermicenda Pérez Vidal.
Directora

Dr. Luis Manuel Martínez González.
Coordinador de Investigación

M.C. Abel Cortazar May.
Coordinador de Docencia

L.Q. Esmeralda León Ramos.
Coordinador de Difusión Cultural y Extensión

CONSEJO EDITORIAL

- **Dr. Carlos Ernesto Lobato García.** Editor en Jefe. DACB, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, <https://orcid.org/0000-0003-3734-7780>
- **Dr. Adib Abiu Silahua Pavón.** Gestor Editorial. DACB, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, <https://orcid.org/0000-0001-5344-1430>

COMITÉ EDITORIAL

- **Mtra. Claudia Gisela Vázquez Cruz.** Editora Asociada. Actuaría. DACB, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, <https://orcid.org/0009-0002-1791-5621>
- **Mtra. María Hortensia Almaguer Cantú.** Editora Asociada. Ciencias de la Computación. DACB, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, <https://orcid.org/0009-0007-7839-9014>
- **Dr. José Arnold González Garrido.** Editor Asociado. Ciencias Farmacéuticas. DACB, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. <https://orcid.org/0000-0003-1135-4050>
- **Dr. José Luis Benítez Benítez.** Editor Asociado. Física. DACB, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. <https://orcid.org/0009-0000-0561-5029>
- **Mtro. Guillermo Chávez Hernández.** Editor Asociado. Geofísica. DACB, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, <https://orcid.org/0000-0002-3555-9678>
- **Dra. Addy Margarita Bolívar Cimé.** Editora Asociada. Matemáticas. DACB, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, <https://orcid.org/0000-0002-7342-0888>
- **Dra. Nancy Romero Ceronio.** Editora Asociada. Química. DACB, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, <https://orcid.org/0000-0001-8169-3811>

JOURNAL OF BASIC SCIENCES, Vol. 11, Núm. 30, abril de 2025, es una publicación continua cuatrimestral, editada por la División Académica de Ciencias Básicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Av. Universidad S/N, Zona de la Cultura, Col. Magisterial, C.P. 86040, Villahermosa Tabasco, México. Tel. (+52) (933) 358 1500 Ext. 5040. <https://revistas.ujat.mx/index.php/jobs>. Editor Responsable de la Revista: Carlos Ernesto Lobato García. Reserva de derechos al uso exclusivo 04-2015-052110084000-203, ISSN: 2448-4997, ambos otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Av. Universidad S/N, Zona de la Cultura, Col. Magisterial, Centro, Tabasco. C.P. 86040. Fecha de última actualización, 30 de enero de 2025.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación y de esta Casa Editora.

Las publicaciones respaldadas con el sello editorial de la UJAT no podrán utilizarse para entrenar modelos de IA generativa, a menos de que haya una declaración expresa, tanto de la Universidad como de los autores y/o herederos.

CONTENIDO

	Pag.
On Riemann-Liouville Operators for Functions of One and Several Variables	1-15
An unstructured finite-volume method for the two-dimensional conservative transport equation	16-31
Impacto de la discretización numérica del modelo de variación total de eliminación de ruido	32-44
Inferencia bayesiana sobre el parámetro de intensidad de un proceso de Poisson mixto-gamma	45-59
Memoria de trabajo y desempeño en demostración de identidades trigonométricas: Un modelo de ecuaciones estructurales	60-68
La visualización en la construcción de polígonos regulares por estudiantes de educación Media Superior	69-83
Perfil químico del extracto hidroalcohólico de <i>Cecropia spp</i> y su actividad antimicrobiana	84-92
Afectaciones en cultivos de Veracruz y Tabasco por derrame de petróleo en los últimos seis años	93-105

Evaluación de la resistencia a la insulina mediante el índice TyG: comparación prepandemia y pandemia de COVID-19

106-114

Relationship between risk factors and prevalence of Chagas disease in young people in Tabasco, Mexico

115-125

Metodología eficiente y compacta para la síntesis de Poliuretanos y Poliuretano-ureas Segmentados

126-135

Perfil químico del extracto hidroalcohólico de *Cecropia spp* y su actividad antimicrobiana

Medrano-Sánchez, Eric Jaziel¹ , Bravata-Silván, Stephani Jazmín¹ , Lobato-García, Carlos Ernesto¹ , Gómez-Rivera, Abraham^{1*} , López-Rodríguez, Ricardo¹ , Gallegos-García, Ammy Joana² , González-Cortázar, Manasés³ , Pérez-García, Ma. Dolores³, Zamilpa, Alejandro³ 

¹División Académica de Ciencias Básicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Carretera Cunduacán-Jalpa Km. 0.5, Cunduacán 86690, Tabasco, México.

²División de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Popular de la Chontalpa-Carretera Cárdenas-Huimanguillo Km 2 S/N, Ranchería, Invitab Paso y Playa, Heroica, Cárdenas 86556, Tabasco, México.

³Centro de Investigación Biomédica del Sur, Instituto Mexicano del Seguro Social, Argentina No. 1, Col. Centro, Xochitepec 62790, Morelos, México.

*abgori@gmail.com

Resumen

La resistencia antimicrobiana representa un problema de salud a nivel mundial, debido a que los microorganismos han desarrollado mecanismos que permiten inhibir la actividad de fármacos antimicrobianos como resultado de su mal uso, aumentando el riesgo de complicaciones en enfermedades infecciosas. En ese sentido, el objetivo de este trabajo fue determinar el perfil químico de hojas de *Cecropia spp* mediante Cromatografía Líquida de Alta Resolución acoplado a un Detector de Arreglo de Diodos (CLAR-DAD), donde se observó la presencia de ácido clorogénico, isoorientina, orientina, un análogo de vitexina y de catequina. Además, se evalúo la actividad antimicrobiana mediante microdilución en caldo, donde el extracto de *C. peltata* fue activo contra 5 cepas grampositivas y 2 gramnegativas a concentraciones <50 µg/mL y para el caso de *C. obtusifolia* fue activo contra 4 grampositivas, 3 gramnegativas y el hongo a concentraciones <50 µg/mL, lo cual puede estar relacionado a la presencia de los marcadores químicos en *Cecropia spp*.

Palabras claves: *Cecropia peltata*, *Cecropia obtusifolia*, CLAR-DAD, actividad antimicrobiana

Abstract

Antimicrobial resistance represents a global health problem, because microorganisms have developed mechanisms that allow inhibiting the activity of antimicrobial drugs as a result of their misuse, increasing the risk of complications in infectious diseases. In this sense, the objective of this work was to determine the chemical profile of *Cecropia spp* leaves by High Performance Liquid Chromatography coupled a Diode Array Detector (HPLC-DAD), where the presence of chlorogenic acid, isoorientin, orientin, a vitexin analogue and catechin were observed. In addition, the antimicrobial activity was evaluated by broth microdilution, where the *C. peltata* extract was active against 5 gram-positive and 2 gram-negative strains at concentrations <50 µg/mL and in the case of *C. obtusifolia* it was active against 4 gram-positive, 3 gram-negative and the fungus at concentrations <50 µg/mL, which may be related to the presence of chemical markers in *Cecropia spp*.

Keywords: *Cecropia peltata*, *Cecropia obtusifolia*, HPLC-DAD, antimicrobial activity

Recibido: 19 de agosto de 2024, Aceptado: 26 de marzo de 2025, Publicado: 30 de abril de 2025

1. Introducción

Desde hace varias décadas la medicina tradicional ha desempeñado un papel crucial en el tratamiento y la prevención de diversas enfermedades. En numerosos lugares, sigue siendo la opción principal para el cuidado de la salud, utilizándose de manera complementaria o integrada con la medicina moderna. Este enfoque ha generado un creciente interés en la investigación científica, ya que tras su estudio se han logrado identificar los compuestos responsables de los efectos biológicos y proporcionar respaldo a muchos 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, ansiolítico, antihistamínico y antiasmático [1-4]. En la medicina tradicional del estado de Tabasco, dos especies destacadas de este género son *Cecropia peltata* y *Cecropia obtusifolia*, para las cuales ha sido reportado el contenido de metabolitos del tipo flavonoide, ácido clorogénico, triterpenos y esteroides, compuestos a los que se les atribuyen los efectos farmacológicos observados [5].

Por otro lado, es importante reconocer que una de las principales preocupaciones de salud en la actualidad es la resistencia a los antimicrobianos. Esto aumenta la susceptibilidad de la población a enfermedades infecciosas, que pueden ser más duraderas e incluso mortales. Se ha informado que las especies del género *Cecropia* poseen potencial antimicrobiano, ofreciendo así una alternativa a los medicamentos actualmente disponibles en el mercado.

Se realizó el análisis contenido metabólico del extracto hidroalcohólico de *Cecropia peltata* y *Cecropia obtusifolia* mediante CLAR-DAD, determinando que el extracto de la especie *C. obtusifolia* es la que tiene mayor proporción relativa de ácido clorogénico e isoorientina. En cambio, *C. peltata* posee la mayor proporción relativa de orientina. Posteriormente los extractos orgánicos fueron probados en un modelo *in vitro* para así conocer su efectividad frente a diferentes cepas de microorganismos y se observó que el extracto de *C. obtusifolia* fue más activo frente a diez cepas de microorganismos lo cual podría atribuirse a la presencia de ácido clorogénico e isoorientina.

2. Metodología Experimental

2.1 Colecta del 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 mayor 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.

2.2 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 para homogeneizar la muestra. La extracción fue mediante maceración empleando una mezcla de etanol/agua en una proporción 70:30, ya que se ha reportado que permite una mayor extracción de los marcadores químicos presentes en las especies de *Cecropia* estudiadas en este trabajo [6]. En ese sentido, 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 (Büchi R-100) para obtener el extracto hidroalcohólico correspondiente a *Cecropia peltata* (**CpHa**) y *Cecropia obtusifolia* (**CoHa**). Este procedimiento se realizó por triplicado para obtener una extracción exhaustiva para cada una de las muestras colectadas.

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

El análisis por CLAR-DAD de los extractos hidroalcohólicos se realizó usando un cromatógrafo Waters 2695 con un módulo de separación Waters y un detector con arreglo de fotodiodos Empower Pro-Software (Waters Corporation, Milford, Massachusetts, EE. UU.). También se usó una columna Supelcosil LC-F (4.6 mm x 250 mm i.d., 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 µL 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* [7]. Para determinar las proporciones relativas entre los marcadores químicos, se determinó el área bajo la curva de los picos correspondientes a estos metabolitos.

2.4 Actividad antimicrobiana del extracto hidroalcohólico de *Cecropia spp*

La actividad antimicrobiana se determinó mediante la concentración mínima inhibitoria (CMI), empleando la técnica de microdilución en caldo, se utilizaron 14 cepas ATCC (American Type Culture Collection, por sus siglas en inglés) de microorganismos, enlistados a continuación en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Cepas ATCC de microorganismos empleados para la evaluación de la actividad antimicrobiana (CMI)

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>Pseudomonas 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.

Las cepas de microorganismos fueron incubadas en agar soya tripticaseína durante 24 h a 37 °C. Después de la incubación, se seleccionaron dos colonias y se sembraron en caldo Müller-Hinton y se realizó el ajuste de la concentración con el estándar de McFarland 0.5. Posteriormente, se tomaron 50 µL de las bacterias estandarizadas y se disolvieron en 1950 µL de agua estéril (dilución 1:50). Se tomaron 31 mg de extracto y se disolvió en 1000 µL de una mezcla de agua y dimetilsulfóxido (H₂O-DMSO; solución madre) a una proporción de 80:20. Se depositaron 10 µL de la solución madre, 100 µL de caldo Müller-Hinton y 2 µL de bacterias en placas Elisa de 96 pozos. Para el control de viabilidad se utilizó caldo Müller-Hinton, DMSO y gentamicina. Las placas fueron colocadas en una cámara de humedad y se incubaron durante 24 h a 37 °C. Pasado el tiempo de incubación, se añadieron 30 µL de una solución con sales de tetrazolium (cloruro de 2,3,5-trifeniltetrazolio) al 0.05% a cada pozo y se incubaron durante 2 h a 37 °C. Posteriormente, se realizó la lectura de manera visual. La presencia de un color rosa en los pozos reveló el crecimiento bacteriano, mientras que los pozos que se mantuvieron incoloros fueron indicativo de actividad antimicrobiana [7].

3. Resultados y discusión

3.1 Colecta del material vegetal y extracción de *Cecropia spp*

La identificación taxonómica de las muestras de *Cecropia spp* mostró que la especie colectada en el municipio de Tacotalpa (N 17°27'28.2024''/ W 92°46'46.2108) corresponde a *Cecropia obtusifolia* (número de voucher 36667) y la especie colectada en el municipio de Tenosique (N 18°11'50.046''/ W 93°10'15.2544'') corresponde a *Cecropia peltata* (número de voucher 36575).

En la **Tabla 2** se muestran los resultados del rendimiento del extracto hidroalcohólico a partir de 1 kg de hojas de *Cecropia spp*

Tabla 2. Rendimiento del extracto hidroalcohólico de hojas de *Cecropia spp*

Municipio	Especie	Clave	Rendimiento* (%)
Tenosique	<i>C. peltata</i>	CpHa	8.6 ± 1.8
Tacotalpa	<i>C. obtusifolia</i>	CoHa	10.5 ± 2.2

*Promedio de tres extracciones

3.2 Análisis metabólico por CLAR-DAD del extracto hidroalcohólico de *Cecropia spp*

En la **Figura 1**, se muestran los cromatogramas del extracto hidroalcohólico de ambas especies donde se pueden observar 5 picos, los cuales están agrupados de la siguiente manera, cuatro con un tiempo de retención (*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. El último pico no se observa en *C. obtusifolia*.

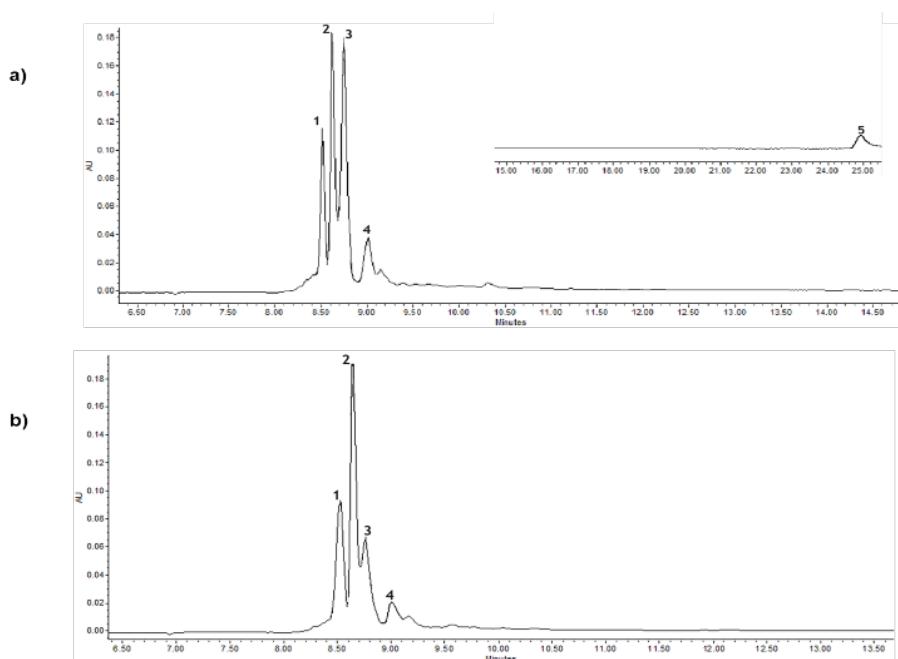


Figura 1. Cromatogramas del extracto hidroalcohólico de *Cecropia peltata* (a) y *Cecropia obtusifolia* (b)

Utilizando los tiempos de retención y las bandas de absorción de los espectros ultravioleta-visible (UV-Vis), se llevó a cabo un análisis preliminar para identificar los compuestos presentes en el extracto hidroalcohólico (**Tabla 3**) de ambas especies, comparando estos datos con estándares y la información reportada en la bibliografía.

Tabla 3. Perfil fitoquímico por CLAR-DAD del extracto hidroalcohólico de *Cecropia spp*

Pico	<i>t_R</i> (min)	Bandas de absorción (nm)	Extractos*	Compuesto identificado	Referencia
1	8.517	216.9, 271.0, 337.4	● ○	Ácido clorogénico	Estándar [6]
2	8.617	215.7, 269.8, 349.4	● ○	Isoorientina	Estándar [6]
3	8.750	214.5, 268.6, 348.2	● ○	Orientina	Estándar [6]
4	9.000	271.0, 331.5	● ○	Análogo de vitexina	Estándar [6]
5	24.917	209.9, 280.5	●	Análogo de catequina	[6]

*Extractos: ● (CpHa) ○ (CoHa)

Al comparar los *t_R* y bandas de absorción de los picos presentes en los chromatogramas obtenidos contra estándares correspondientes analizados bajo las mismas condiciones experimentales y lo descrito en la bibliografía, se reveló la presencia de los cuatro compuestos característicos del género *Cecropia*, los cuales fueron identificados como ácido clorogénico (1), isoorientina (2), orientina (3) y un análogo de la vitexina (4) [8,9]. La caracterización de estos marcadores químicos se describe a continuación.

El pico 1 con un *t_R* de 8.5 min y bandas de absorción de 216.9, 337.4 nm corresponde a ácido clorogénico. El pico 2 fue identificado como isoorientina debido a que tiene un *t_R* de 8.6 min y bandas de absorción de 215.7, 350.6 nm. El pico 3 con un *t_R* de 8.7 min y bandas de absorción de 214.5, 348.2 nm fue identificado como orientina. El pico 4 muestra un *t_R* de 9.0 min con bandas de absorción de 271.0, 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 [6]. 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, 280.5 nm el cual muestra similitud con un análogo de catequina [6].

Cabe señalar que, si bien los cuatro marcadores químicos están presentes en las dos muestras analizadas, se observaron intensidades diferentes para las señales de cada uno de ellos lo que llevó a determinar sus proporciones relativas, partiendo de los valores correspondientes al área bajo la curva (ABC) de cada señal. En la **Tabla 4** se muestran estos parámetros, resultado de tres determinaciones, así como el valor promedio correspondiente.

Tabla 4. Áreas bajo la curva y promedios correspondientes de los metabolitos secundarios principales para el género *Cecropia*

Espece	Metabolitos secundarios	ABC ₁	ABC ₂	ABC 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
Espece	Metabolitos secundarios	ABC ₁	ABC ₂	ABC 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

Basándose en los valores promedio del área bajo la curva para cada compuesto, se determinó la proporción relativa entre ellos, estableciendo un valor de 1.00 para el área correspondiente al análogo de vitexina, ya que es el compuesto con el valor más bajo en ambas especies. Las proporciones relativas calculadas para los cuatro compuestos se muestran en la **Tabla 5**.

Tabla 5. Proporciones relativas de los cuatro metabolitos principales para el género *Cecropia*

Espece	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
Espece	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

Con este análisis se mostró efectivamente que los cuatro marcadores químicos se encuentran presentes en ambas especies en diferentes proporciones, destacando que orientina (3) se encuentra en mayor proporción relativa en el extracto de *C. peltata*, mientras que ácido clorogénico (1) e isoorientina (2) están en mayor proporción relativa en *C. obtusifolia*.

3.3 Actividad antimicrobiana del extracto hidroalcohólico de *Cecropia spp*

En la **Tabla 6**, se presentan los resultados obtenidos de la evaluación antimicrobiana del extracto hidroalcohólico de ambas especies de *Cecropia*, donde se pueden observar las concentraciones a las que los microorganismos presentan inhibición.

Tabla 6. Actividad antimicrobiana (CMI $\mu\text{g/ml}$) de extractos orgánicos de *Cecropia peltata* y *Cecropia obtusifolia*

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

El extracto **CpHa** mostró actividad contra 7 cepas de microorganismos, correspondientes a 5 bacterias grampositivas y 2 gramnegativas en concentraciones iguales o menores a los 200 $\mu\text{g/mL}$. Este extracto presentó concentraciones mínimas inhibitorias menores a los 50 $\mu\text{g/mL}$ para una bacteria grampositiva (Se₁) y dos bacterias gramnegativas (Pa y Sd).

Por otro lado, el extracto **CoHa** demostró mayor actividad antimicrobiana ya que presentó actividad frente a 10 cepas de microorganismos, correspondientes a 5 bacterias grampositivas, 4 gramnegativas y el hongo en concentraciones iguales o menores a 200 $\mu\text{g/mL}$. Este extracto fue activo en concentraciones menores a los 50 $\mu\text{g/mL}$ en cuatro cepas grampositivas (Sa₁, Se₁, Se₂ y Ef), 3 cepas gramnegativas (Kp, Pa y Sd) y el hongo Ca.

Al examinar la actividad antimicrobiana de los extractos hidroalcohólicos y compararla con las proporciones relativas de los cuatro metabolitos principales detectados mediante CLAR-DAD, se encontró que el extracto de *C. peltata* presenta una mayor proporción relativa de orientina. Esta característica podría estar vinculada con su selectividad observada contra Se₁, Pa y Sd. En el caso del extracto de *C. obtusifolia*, la presencia predominante de ácido clorogénico e isoorientina podría explicar su inhibición selectiva contra Sa₁, Se₁, Se₂, Ef, Kp, Pa, Sd y Ca. Los metabolitos podrían tener la capacidad de inhibir la síntesis de la pared celular, los ácidos nucleicos o alterar la membrana celular del microorganismo sobre el que actúa [10].

Existen reportes que indican que la orientina, el ácido clorogénico y la isoorientina están asociados con efectos hipoglucemiantes, anticonvulsivos, ansiolíticos y antiinflamatorios, así como potenciales efectos antimaláricos [2, 8, 11].

4. Conclusiones

Cecropia peltata y *Cecropia obtusifolia* muestran un potencial significativo como alternativa a los antimicrobianos disponibles en el mercado, debido a la respuesta inhibitoria favorable observada en el extracto hidroalcohólico. Específicamente, *C. obtusifolia* quien exhibió una actividad antimicrobiana superior contra 10 cepas de microorganismos en concentraciones menores a 50 $\mu\text{g/mL}$. Asimismo, se identificó la presencia ácido clorogénico, isoorientina, orientina y un análogo de vitexina, en el extracto hidroalcohólico de ambas especies, los cuales han sido establecidos como marcadores químicos en especies de *Cecropia*. Finalmente, la evaluación antimicrobiana con valores menores a 25 $\mu\text{g/mL}$ nos sugieren la posibilidad de realizar diluciones adicionales para determinar la CMI. Estos resultados representan 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.

5. Agradecimientos

Los autores agradecen a Jonathan Orduño e Ixchel Palacios del laboratorio de fitoquímica (CIBIS-IMSS), por el apoyo técnico y analítico en la obtención de los extractos y manejo del equipo de CLAR-DAD; así como a la Dra. Ma. Dolores Pérez-García del laboratorio de microbiología (CIBIS-IMSS) por su apoyo en la evaluación antimicrobiana *in vitro*.

6. Resumen Gráfico

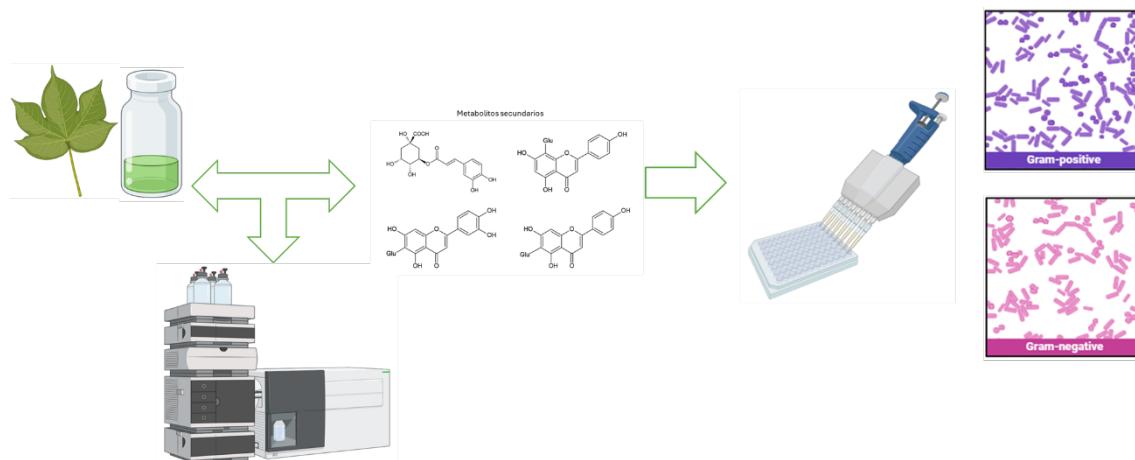


Figura 2. Análisis metabólico y evaluación de la actividad antimicrobiana del extracto hidroalcohólico de *Cecropia* spp (Creación propia realizada en BioRender)

7. Conflicto de Intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

8. Declaratoria del Uso de Inteligencia Artificial

Los autores declaran que no han utilizado ninguna aplicación, software, páginas web de inteligencia artificial generativa en la redacción del manuscrito, en el diseño de tablas y figuras, ni en el análisis e interpretación de los datos.

9. Referencias

- [1] J. H. Carvajal “Análisis fitoquímico y de actividad antimalárica de dos especies del género *Cecropia*”. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Colombia. **2012**.
- [2] J. O. Chávez *et al.*, “Perfil neurofarmacológico de la fracción butanólica de las hojas de *Cecropia peltata* L.”, Rev. Colomb. Cienc. Quím. Farm., Vol. 42, pp. 245 – 246, **2013**.
- [3] J. J. Rojas *et al.*, “Screening for antimicrobial activity of ten medicinal plants used in Colombian folkloric medicine: a possible alternative in the treatment of non-nosocomial infections.”, BMC Complement Altern Med, Vol. 2, pp. 6, **2006**, doi: <https://doi.org/doi:10.1186/1472-6882-6-2>
- [4] A. A. Cetto *et al.*, “Hypoglycemic Effect of *Cecropia peltata* L. on N5-STZ type 2 diabetic rats.”, Pharmacologyonline, Vol. 3, pp. 203 – 210, **2007**.
- [5] A. R. Mondragón *et al.*, “Simulated Gastrointestinal Biotransformation of Chlorogenic Acid, Flavonoids, Flavonolignans and Triterpenoid Saponins in *Cecropia obtusifolia* Leaf Extract.”, Plant. Med., Vol. 87, pp. 404 – 416, **2020**, doi: <https://doi.org/10.1055/a-1258-4383>
- [6] E. M. Sánchez *et al.*, “Intra- and Interspecies Differences of Two *Cecropia* Species from Tabasco, Mexico, Determined through the Metabolic Analysis and ¹H-NMR-Based Fingerprinting of Hydroalcoholic Extracts.”, Plants, Vol. 12, **2023**, doi: <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/plants12132440>
- [7] A. G. García *et al.*, “Preliminary Phytochemical Profile and Bioactivity of *Ingajinicuil* Schltdl & Cham. ex G. Don.”, Plants, Vol. 11, pp. 1 – 14, **2022**, doi: <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/plants11060794>
- [8] P. Nicasio *et al.*, “Hypoglycemic Effect and Chlorogenic Acid Content in Two *Cecropia* species.”, Phytother. Res., Vol. 19, pp. 661 – 664, **2005**, doi: <https://doi.org/DOI: 10.1002/ptr.1722>
- [9] A. R. Mondragón *et al.*, “Selection of chemical markers for the quality control of medicinal plants of the genus *Cecropia*.”, Pharm. Biol., Vol. 55, pp. 1500 – 1512, **2017**, doi: <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1080/13880209.2017.1307421>
- [10] S. J. Cavalieri et al., “Manual de pruebas de susceptibilidad antimicrobiana”. American Society for Microbiology, **2005**.
- [11] M. A. Daga *et al.*, “A review of the anti-inflammatory and antimicrobial activities of the components of the *Cecropia* genus.”, Asian J Pharm Clin Res, Vol. 13, pp. 13 – 20, **2020**, doi: <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.22159/ajpcr.2020.v13i8.38031>.