



UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO



DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BÁSICAS

**ESTUDIO ANTIINFLAMATORIO CON UN ENFOQUE
BIODIRIGIDO DE EXTRACTOS DE *Hampea rovirosae***

Standl.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**LICENCIADO EN QUÍMICO FARMACÉUTICO
BIÓLOGO**

PRESENTA:

JOSÉ GUADALUPE PEDRAZA TOSCA

BAJO LA DIRECCIÓN DE:

DR. RICARDO LÓPEZ RODRÍGUEZ

EN CODIRECCIÓN DE:

DR. MANASÉS GONZÁLEZ CORTAZAR (CIBIS-IMSS)

CUNDUACÁN, TABASCO, A JUNIO DE 2025

Declaración de Autoría y Originalidad

En la Ciudad de Cunduacán, el día 28 del mes de abril del año 2025, el que suscribe **José Guadalupe Pedraza Tosca** alumna(o) del Programa de Lic. Químico Farmacéutico Biólogo con número de matrícula **192A20066**, adscrito a la **División Académica de Ciencias Básicas**, de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, como autor(a) de la Tesis presentada para la obtención del título como Licenciado en Químico Farmacéutico Biólogo y titulada **“ESTUDIO ANTIINFLAMATORIO CON UN ENFOQUE BIODIRIGIDO DE LOS EXTRACTOS DE *Hampea rovirosae* Standl.”** dirigida por el Dr. **Ricardo López Rodríguez** y codirigida por el Dr. **Manasés Gonzáles Cortazar**.

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 28 de abril 2025.



José Guadalupe Pedraza Tosca

Nombre y Firma

DIRECCIÓN

Cunduacán, Tabasco; a 22 de mayo de 2025.

**C. JOSÉ GUADALUPE PEDRAZA TOSCA
PASANTE DE LA LIC. EN QUÍMICO
FARMACÉUTICO BIÓLOGO
PRESENTE**

Por medio del presente, me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que proceda a la impresión del trabajo titulado: "ESTUDIO ANTIINFLAMATORIO CON UN ENFOQUE BIODIRIGIDO DE LOS EXTRACTOS DE *Hampea rovirosae Standl*" dirigido por el Dr. Ricardo López Rodríguez con la codirección del Dr. Manasés González Cortazar, bajo la modalidad de titulación por TESIS. La comisión de revisión conformada por el Dr. Miguel Ángel Vilchis Reyes, Dr. Ricardo López Rodríguez, Dr. Abraham Gómez Rivera, Dra. Patricia Mendoza Lorenzo y Mtra. Verónica del Carmen Díaz, 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. Archivo.

DIR'DRA.HPV/kfvg

Carta de Cesión de Derechos

Villahermosa, Tabasco a 28 de abril del 2025.

Por medio de la presente manifestamos haber colaborado como AUTOR(A) en la producción, creación y/o realización de la obra denominada "ESTUDIO ANTIINFLAMATORIO CON UN ENFOQUE BIODIRIGIDO DE LOS EXTRACTOS DE *Hampea rovirosae* Standl."

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



José Guadalupe Pedraza Tosca

Egresado de la Lic. En Químico Farmacéutico Biólogo



Dr. Ricardo López Rodríguez

DIRECTOR



Dr. Manasés González Cortazar

CODIRECTOR

TESTIGOS



Q.F.B. Santiago Santos Vázquez



L.Q. Cristian Octavio Barredo Hernández

LICENCIATURA_ESTUDIO ANTIINFLAMATORIO CON UN ENFOQUE BIODIRIGIDO DE EXTRACTOS DE Hampea rovirosae Standl.

INFORME DE ORIGINALIDAD

12%

ÍNDICE DE SIMILITUD

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Internet	135 palabras — 1%
2	pcientificas.ujat.mx Internet	110 palabras — 1%
3	ru.cuautitlan.unam.mx Internet	89 palabras — 1%
4	www.researchgate.net Internet	82 palabras — 1%
5	doi.org Internet	71 palabras — 1%
6	www.slideshare.net Internet	71 palabras — 1%
7	repositorio.xoc.uam.mx Internet	70 palabras — 1%
8	pdfcookie.com Internet	61 palabras — 1%
9	1library.co Internet	40 palabras — < 1%
10	repositorio.unsaac.edu.pe Internet	< 1%



DIVISIÓN ACADÉMICA DE
CIENCIAS BÁSICAS

ESTUDIOS
TERMINALES

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

DEDICATORIA

A Dios y a nuestra señora de Guadalupe primeramente por permitirme llegar hasta donde estoy, por ayudarme a levantarme cada vez que quería rendirme en seguir con mi carrera universitaria, por cuidar de mi en estos años y protegerme de todo mal a lo largo de mi vida.

A mi madre María, por ser siempre la persona que me apoyo e incentivo en seguir con mis sueños, por ser mi apoyo en todas las decisiones que he tomado, siempre dijo que lograría muchas cosas y el presente proyecto es uno de estos logros, sabe que siempre la voy a amar pase lo que pase.

A mi tío Tilo, por ser mi mayor modelo que seguir y a superarme en los estudios, por ser un apoyo económico para lograr estudiar una carrera universitaria, le debo toda mi gratitud por confiar y poner su fe en que llegaría a donde estoy actualmente.

A mis abuelos Natividad y Elvia, por siempre cuidarme desde que tengo memoria y estar alentándome, diciendo que soy su orgullo, así como, proporcionarme alimento cada que podían, estoy en deuda con ellos, saben que los llevo siempre en mi corazón.

A mi hermano Luis, por demostrarme que siempre tendré su apoyo, aunque tengamos algunas indiferencias, sabe que estaremos el uno para el otro cuando tengamos problemas.

A mis familiares, a mi pareja y a mis amigos, por siempre incentivarme a no tener miedo al fracaso, así como, salir de mi zona de confort y llenarme de recuerdos a lo largo de toda esta travesía universitaria.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, por haberme dado el orgullo de ser un juchiman, así como a la División Académica de Ciencias Básicas donde pude hacerme de mucho conocimiento, como a las profesoras y compañeros que fueron mi apoyo a lo largo de mi carrera.

Al Dr. Ricardo López Rodríguez y al Dr. Abraham Gómez Rivera, por haberme acogido en el laboratorio de productos naturales y compartir sus conocimientos conmigo, así como alentarme, aconsejarme y guiarme al elaborar al presente proyecto, sé que ellos vieron un potencial en mí y sé que he formado un buen lazo amistoso con ellos.

Al Dr. César Manuel Landa Pineda, al M.C. Daniel Alejandro Vásquez Cahuich, al M.D.E.M. Pascual Pedraza Montero, al M.C. Juan José de la Cruz López, a la Dr. Patricia Mendoza Lorenzo, a la M.C. Ana Cecilia Hidalgo Martínez y a los demás profesores de la Licenciatura en Químico Farmacéutico Biólogo de la DACB, Sin sus enseñanzas y consejos no habría podido aplicar los conocimientos necesarios para el presente proyecto.

A la M.G.S.S. Rocío Cristell Zapata Zurita que me apoyo y guio en las decisiones académicas, así como brindarme ayuda en lo largo de la carrera y ver un gran potencial en mi como técnico académico del laboratorio de QFB3, sé que hay gran cariño de ella hacia mi persona y lo hay también de mi hacia ella.

ÍNDICE

Resumen.....	1
Abstract.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 Tribu Gossypieae:.....	4
2.1.1 Actividad antiinflamatoria en especies de la tribu Gossypieae:.....	4
2.2 Género <i>Hampea</i> :.....	5
2.3 Especie <i>H. rovirosae</i> Standl:.....	7
2.3.1 Características de la especie <i>H. rovirosae</i> :.....	8
2.4 Contenido metabólico presente en <i>Hampea</i> :.....	8
2.4.1 Metabolitos presentes:.....	9
2.5 Inflamación:.....	9
2.6 Epidemiología:.....	10
2.7 Mecanismo de la inflamación:.....	11
2.7.1 Fase aguda:.....	11
2.7.2 Fase crónica:.....	12
2.8 Tratamientos usados para la inflamación.....	13
2.8.1 Antiinflamatorios no esteroideos (AINE's):.....	14
2.8.2 Antiinflamatorios esteroideos (corticoides):.....	14
2.9 Extracción por maceración:.....	15
2.10 cromatografía en capa fina (CCF):.....	15
2.10.1 Eluyentes:.....	15
2.11 Reveladores cromatográficos:.....	16
2.11.1 Métodos químicos:.....	16

2.11.2 Métodos físicos:	16
2.12 Cromatografía en columna:	16
2.13 Modelo de edema auricular inducido por TPA:	18
3. JUSTIFICACIÓN	19
4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	19
5. HIPÓTESIS	20
6. OBJETIVOS	20
6.1 Objetivo general:	20
6.2 Objetivos específicos:	20
7. METODOLOGÍA	21
7.1 Recolección de hojas de <i>H. rovirosae</i> :	21
7.2 Obtención de los extractos orgánicos de <i>H. rovirosae</i> Standl.:	21
7.3 Análisis químico cualitativo de los extractos de <i>H. rovirosae</i> por cromatografía en capa fina (CCF):	21
7.4 Obtención de compuestos químicos del extracto de HrED por cromatografía en columna:	22
7.5 Evaluación de la actividad antiinflamatoria de los extractos de <i>H. rovirosae</i> Standl., en el modelo de inflamación inducida por TPA:	22
7.5.1 Acondicionamiento para los grupos de ratones ICR para la evaluación:	22
7.5.2 Desarrollo de la actividad antiinflamatoria en el modelo murino:	22
7.6 Análisis de datos:	24
8 RESULTADOS	24
8.1. Obtención de los extractos de <i>Hampea rovirosae</i> Standl.:	24
8.2. Análisis químico cualitativo de los extractos de <i>H. rovirosae</i> por CCF:	25
8.3 Obtención de compuestos químicos del extracto de HrED por cromatografía en columna:	29

8.4 Actividad antiinflamatoria mediante el método de edema inducido por TPA:.....	30
9 DISCUSIÓN	32
9.1 Porcentaje de rendimiento:	32
9.2 Análisis químico cualitativo mediante cromatografía en capa fina (CCF):	32
9.3 Obtención de compuestos químicos del extracto de HrED por cromatografía en columna:	32
9.4 Actividad antiinflamatoria:	33
10. CONCLUSIÓN	33
11. GLOSARIO	35
12. REFERENCIAS CITADAS.....	36
13. ANEXOS	41
13.1 Participación del 5to. Congreso internacional de Química, Sustentabilidad Energética y Ambiental Dr. Mario Molina Henríquez.....	41
Alojamiento de la Tesis en el Repositorio Digital	42

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Estructuras de los metabolitos presentes en especies del género <i>Gossypium</i> . Autor: J. Pedraza.....	5
Ilustración 2. Distribución geográfica de la especie de <i>H. rovirosae</i> Standl. (2024). Gbif.org. https://www.gbif.org/es/species/3940273	7
Ilustración 3. (a) Árbol, (b) Fruto, (c) semillas y (d) hojas de <i>H. rovirosae</i> . Autor: J. Pedraza	8
Ilustración 4. Aplicación del método en ratones ICR. Autor: J. Pedraza.....	24
Ilustración 5. CCF fase normal de los extractos hexánico (HrEH), diclorometánico (HrED) y metanólico (HrEM) examinados en (a) luz visible, (b) lámpara de luz UV de onda corta y (c) lámpara de luz UV de onda larga.....	26
Ilustración 6. Cromatoplaqa fase normal de los extractos hexánico (HrEH), diclorometánico (HrED) y metanólico (HrEM) revelados con (a) NP-PEG examinada en lámpara UV de onda larga y (b) 4-hidroxibenzaldehído.....	26
Ilustración 7. Cromatoplaqa fase normal en sistema acidificado de los extractos hexánico (HrEH), diclorometánico (HrED) y metanólico (HrEM) revelados con (a) NP-PEG examinada en lámpara UV de onda larga.....	27
Ilustración 8. Cromatoplaqa fase normal del extracto seleccionado, diclorometánico (HrED) y sus reuniones (R1, R2, R3, R4 y R5) observados en (a) onda corta en lámpara UV y (b) onda larga en lámpara UV.....	27
Ilustración 9. Cromatoplaqa fase normal en el sistema acidificado del extracto seleccionado, diclorometánico (D) y sus reuniones (HrED-R1, HrED-R2, HrED-R3, HrED-R4 y HrED- R5) revelado con NP-PEG y observado en onda larga en lámpara UV.	28
Ilustración 10. Efecto antiinflamatorio de los extractos de <i>H. rovirosae</i> (a) indometacina, (b) HrEH (n-hexánico), (c) HrED (diclorometánico) y (b) HrEM (metanólico). Los datos representan la media \pm error estándar (n=6) de cada extracto utilizado. Los datos estadísticos se determinaron mediante la prueba de varianza (ANOVA) después de post hoc Tukey. Las barras con la misma letra (c) no mostraron significancia en $p < 0.05$. Autor: J. Pedraza mediante GraphPad prism®10.....	30
Ilustración 11. Efecto antiinflamatorio de las fracciones del extracto; (a) indometacina, (b) HrED (extracto diclorometánico), (c) HrED-R1 (fracción uno), (d) HrED-R2 (fracción dos),	

(e) HrED-R3 (fracción tres), (e) HrED-R4 (fracción cuatro) y (f) HrED-R5 (fracción cinco). Los datos representan la media \pm error estándar (n=6) de cada extracto utilizado. Los datos estadísticos se determinaron mediante la prueba de varianza (ANOVA) después de post hoc Tukey. Las barras con la misma letra (e) no mostraron significancia en $p < 0.05$. Autor: J. Pedraza mediante GraphPad prism®10. 31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Taxonomía de la especie <i>H. rovirosae</i> Standl.....	7
Tabla 2. Porcentaje del rendimiento de los extractos de las hojas de <i>H. rovirosae</i>	25
Tabla 3. Fraccionamiento de la cromatografía en columna de HrED	29

ÍNDICE DE FORMULAS

Fórmula 1. Expresión matemática para la obtención del factor de retención	16
Fórmula 2. Expresión para la determinación del porcentaje de inhibición.....	18
Fórmula 3. Expresión matemática para la obtención del rendimiento de los extractos .	21
Fórmula 4. Expresión matemática simple para la obtención del porcentaje de inhibición de los tratamientos.....	23

Resumen

Hampea rovirosae Standl., es conocida comúnmente como “majahua”, y es un arbusto nativo de América del norte y Centroamérica, en específico el sureste de México y Guatemala. En la medicina tradicional mexicana se emplean las partes áreas de esta especie como remedios auxiliares en el tratamiento de heridas, dolor de cabeza, inflamación estomacal y paperas. El presente proyecto tuvo como objetivo realizar la actividad antiinflamatoria con enfoque biodirigido de tres extractos orgánicos obtenidos de las hojas de *H. rovirosae*. Como son el hexánico (HrEH), diclorometanico (HrED) y metanolico (HrEM), así como las fracciones obtenidas de HrED (más activo) fueron evaluadas en el modelo de edema inducido por TPA en oreja de ratón a 1 mg/ oreja. Cabe destacar que HrED (62.25 %) mostró un porcentaje de inhibición de la inflamación mayor a HrEH (50.42 %) y HrEM (51.67 %), siendo la fracción más activa sometida al fraccionamiento cromatográfico en donde se obtuvo 5 fracciones (HrED-R1 a HrED-R5). La fracción HrED-R5 ejerció un 75.98 % de inhibición con el mayor efecto inclusive que HrED, mientras que HrED-R4 (69.12 %) y HrED-R3 (70.49 %) no tuvieron diferencia significativa entre ellas, y HrED-R2, HrED-R1 las de menor efecto antiinflamatorio con 57.67 % y 40.39 % de inhibición, respectivamente. Los resultados obtenidos demostraron que el extracto de diclorometano exhibió el mayor porcentaje de inhibición con 62.25%, el cual permitió obtener 5 fracciones activas, siendo HrED-R5 (75.98%) la fracción que mostro un efecto similar con al fármaco control (indometacina). Es este estudio se demostró científicamente el uso tradicional de la especie majahua y apporto avances en investigación básica para un posible producto herbolario con efecto antiinflamatorio de una especie medicinal tabasqueña.

Palabras Clave: Extractos, efecto antiinflamatorio, fracciones, porcentaje de inhibición, *Hampea rovirosae*.

Abstract

Hampea rovirosae Standl., commonly known as “majahua”, is a shrub native to North and Central America, specifically southeastern Mexico and Guatemala. In traditional Mexican medicine, the parts of this species are used as auxiliary remedies in the treatment of

wounds, headache, stomach inflammation and mumps. The objective of this project was to determine the anti-inflammatory activity of three organic extracts obtained from the leaves of *H. rovirosae* using a biodirected approach. Such as hexane (HrEH), dichloromethane (HrED) and methanol (HrEM), as well as the fractions obtained from HrED (most active) were evaluated in the TPA-induced edema model in mouse ear at 1 mg/ear. It should be noted that HrED (62.25 %) showed a higher percentage of inhibition of inflammation than HrEH (50.42 %) and HrEM (51.67 %), being the most active fraction subjected to chromatographic fractionation where 5 fractions were obtained (HrED-R1 to HrED-R5). The fraction HrED-R5 exerted 75.98 % inhibition with the highest effect even than HrED, while HrED-R4 (69.12 %) and HrED-R3 (70.49 %) had no significant difference between them, and HrED-R2, HrED-R1 had the lowest anti-inflammatory effect with 57.67 % and 40.39 % inhibition, respectively. The results obtained showed that the dichloromethane extract exhibited the highest percentage of inhibition with 62.25%, which allowed obtaining 5 active fractions, being HrED-R5 (75.98%) the fraction that showed a similar effect with the control drug (indomethacin). This study scientifically demonstrated the traditional use of the majahua species and provided advances in basic research for a possible herbal product with anti-inflammatory effect of a medicinal species from Tabasco.

Key words: *Extracts, anti-inflammatory effect, fractions, percentage inhibition, Hampea rovirosae.*

1. INTRODUCCIÓN

La inflamación es una reacción homeostática del sistema inmune ante estímulos provocados por patógenos, daño celular, compuestos tóxicos, radiación, entre otros factores. Su función principal es la eliminación de elementos nocivos y activar el proceso de reparación del tejido. Por lo que, la inflamación es un mecanismo defensivo esencial para mantener el equilibrio de un estado saludable. En condiciones normales, las respuestas inflamatorias agudas incluyen en conjunto de respuestas celulares y moleculares que, a través de sus interacciones, logran disminuir el daño o la infección (González, M. H., González, A. A. P., 2019).

Este proceso contribuye a la restauración de los tejidos dañados y a la resolución de la inflamación. Sin embargo, si la inflamación aguda no es controlada adecuadamente, puede volverse crónica y derivar en enfermedades crónico-degenerativas como son la diabetes, cáncer, hipertensión, depresión, ansiedad, artritis reumatoide, asma, fibromialgia, EPOC (Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica), osteoartritis, etcétera (Chen L. *et al.*, 2018).

Los antiinflamatorios no esteroides (AINE's) son el medicamento de primera opción entre la población para el tratamiento de la inflamación. Sin embargo, estos medicamentos no son inocuos, dado que con frecuencia generan efectos adversos tales como: daño al sistema digestivo, sistema cardiovascular y riñón. El riesgo de efectos adversos se incrementa por el uso indiscriminado por parte de los médicos y los pacientes en general (Svetlana V. *et al.*, 2006).

Actualmente, se tiene un incremento en la medicina tradicional para el tratamiento de diversos padecimientos. Las comunidades carentes de servicios médicos, así como de medicamentos para los tratamientos, utilizan diversas plantas para la elaboración de remedios herbolarios. *Hampea rovirosae*, mejor conocida como "majahua", es un arbusto que se distribuye por el sureste de México y Guatemala. Esta planta tiene diversos usos, entre ellos, aromáticos, artesanales, forestal, maderable y medicinal (Ramón M. 2012). En la medicina tradicional la majahua se utiliza para el tratamiento de heridas, dolor de cabeza, inflamación estomacal y las paperas (Álvarez Q. *et al.* 2017).

En la literatura hay poca información relacionada a esta especie, en la aplicación medicinal no se conocen más usos de los que se tiene en los tradicionales, pero se ha descrito de *H. rovirosae* contiene compuestos químicos que podrían relacionarse a un efecto antiinflamatorio.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Tribu Gossypieae:

La tribu Gossypieae (Malvales: Malvaceae), es un taxón que consiste en ocho géneros: *Gossypium* L., *Hampea* Schlenchtendal, *Cienfuegosia* Canvanilles, *Thespesia* Solander, *Kokia* Lewton, *Lebronnecia* Forberg, *Cephalohibiscus* Ulbrich y *Gossypoides* Skovsted ex J.B: Hutchinson (Fryxell 1968).

2.1.1 Actividad antiinflamatoria en especies de la tribu Gossypieae:

La tribu Gossypieae, del género *Gossypium* (algodón), ha sido objeto de investigación por sus propiedades antiinflamatorias. Las especies que conforman este género contienen compuestos bioactivos los cuales demostraron regular el proceso inflamatorio. (Hussein S. *et al.* 2023).

Polifenoles y flavonoides: Numerosos estudios demostraron que las hojas y semillas del algodón son opulentas en polifenoles y flavonoides, que tienen propiedades antioxidantes y antiinflamatorias. Estos compuestos ayudan a reducir la elaboración de citocinas inflamatorias y estimular los efectos antiinflamatorios mediante diversas vías de señalización celular. (Hussein S. *et al.* 2023).

Aceites esenciales: Se ha informado que los aceites esenciales extraídos de ciertas especies de *Gossypium* presentan propiedades antiinflamatorias y funcionan como reguladores de la inflamación en métodos de experimentación. (Hussein S. *et al.* 2023).

Investigación preclínica: Diversos estudios experimentales en modelos animales han demostrado la disminución en la inflamación de diversos tejidos afectados. utilizando extractos de las hojas y semillas del algodón, lo que propone su uso potencial como tratamiento en enfermedades inflamatorias (Mohammed *et al.* 2024).

Se ha reportado que algunas de estas especies mostraron actividad antiinflamatoria como es el caso del algodón. Las especies del género *Gossypium* L., tienen la mayor cantidad de reportes relacionados con la actividad antiinflamatoria, en cuanto a las especies: *G. barbadense* L., y *G. hirsutum*, han ejercido un efecto antiinflamatorio, relacionada principalmente por la presencia de metabolitos secundarios como son el limoneno, α y β pineno, cariofileno, entre otros, pero estos son los de mayor concentración en las hojas (Shahrajabian *et al.* 2024).

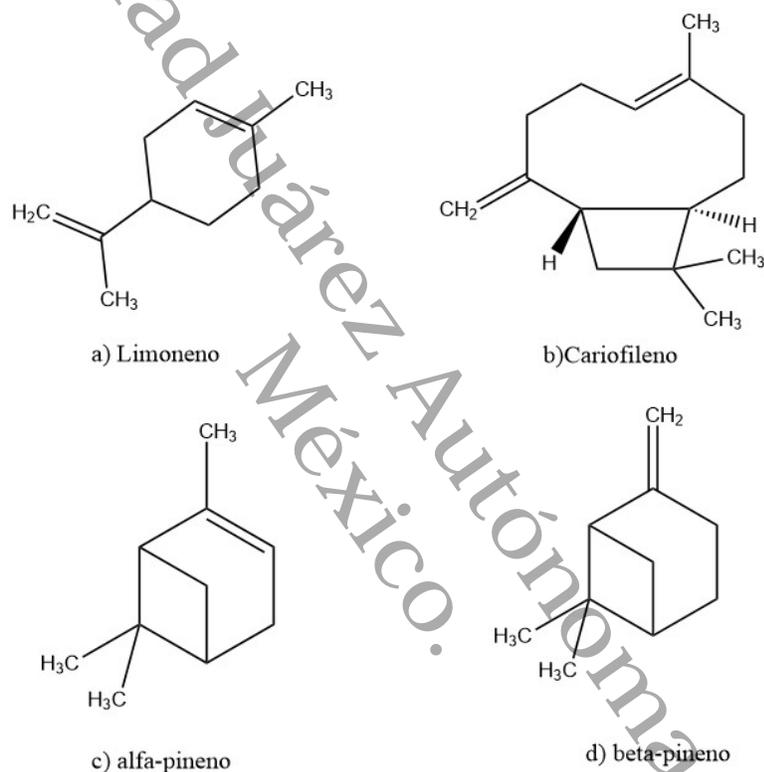


Ilustración 1. Estructuras de los metabolitos presentes en especies del género *Gossypium*. Autor: J. Pedraza

2.2 Género *Hampea*:

El género *Hampea* consta de un pequeño grupo de árboles y arbustos americanos que la mayoría de los autores han referido a la familia Bombacaceae, aunque otros han creído que su posición más natural es en Malvaceae. Schlechtendal basó el género en una sola especie, *H. integerrima*, descrita en Veracruz. En 1862 Triana y Planchon describieron una segunda especie, *H. therpesioides*, de Colombia, y en 1886 Sereno Watson una

tercera en Guatemala. *H. Schlect.* Es un género de árboles tropicales americanos que se encuentran desde el centro de México hasta Colombia. Se ha demostrado (Fryxell 1968) que es un pariente cercano del género *Gossypium* L., y comparte caracteres tales como las distintivas glándulas de gossipol que contienen una abundancia del terpenoide gossipol, embriones grandes y complejos, nectarios foliares e involúcrales y un número de cromosomas en común con *Gossypium*. De las 21 especies del género, *H. rovirosae* Standl., es uno de los más septentrionales y crece principalmente en el estado de Tabasco, México.

Los miembros del género *Hampea* son árboles pequeños hasta medianos. La mayoría de las especies son dioicas, aunque en apariencia las flores de algunas de éstas son parcialmente hermafroditas (Jones 1994). Como todos los miembros de la tribu *Gossypieae*, tiene glándulas de gossipol, frutos capsulares, estigmas decurrentes y un número básico de cromosomas de $2n=26$. Se distingue por la forma de las flores y los frutos. El tamaño de las primeras es relativamente reducido y generalmente hay varias por axila. Los frutos son únicos dentro de la tribu porque contienen las semillas glabras que están rodeadas por un arilo blanco y carnosos.

En cuanto a la reproducción, ésta es estacional y restringida a un máximo de tres meses al año. La mayoría de las especies de *Hampea* florecen exclusivamente durante la época de lluvias (Stansly 1985, Jones 1994).

2.3 Especie *H. rovirosae* Standl:

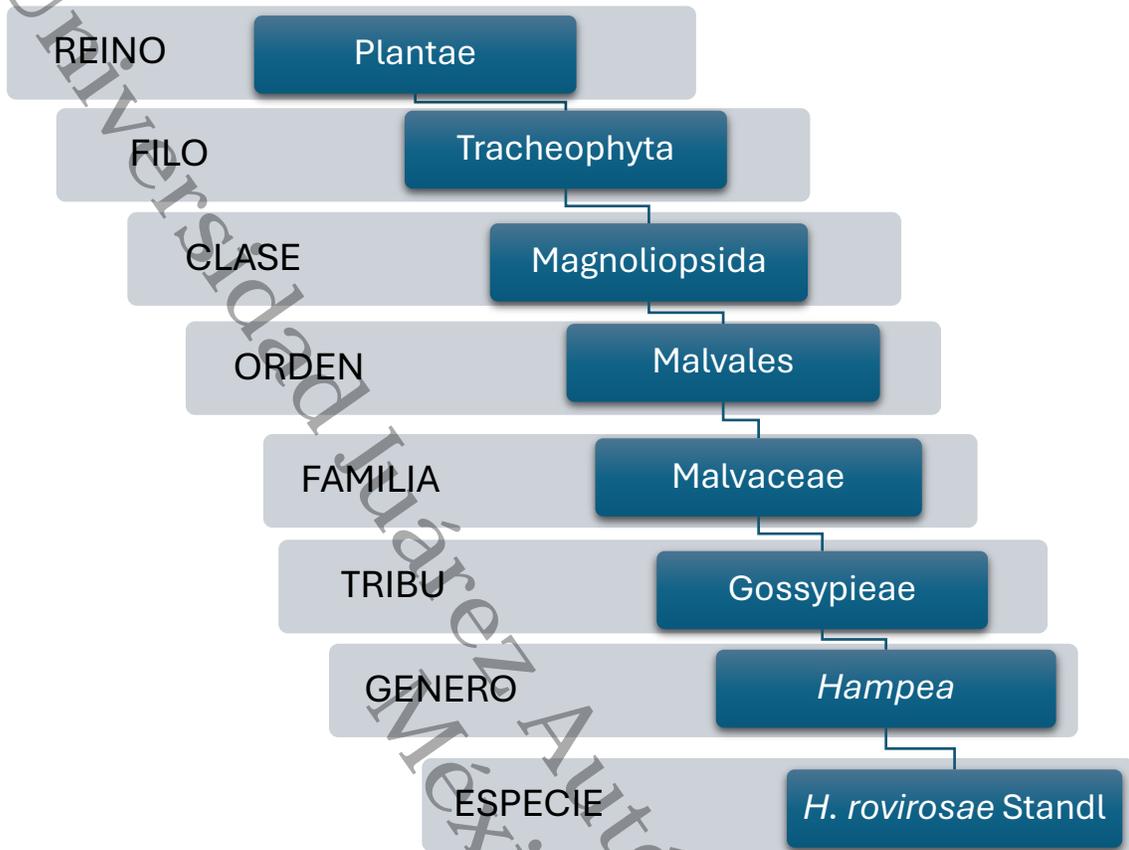


Tabla 1 Taxonomía de la especie *H. rovirosae* Standl.

H. rovirosae Standl es la especie del género *Hampea*, el cuál es una de las 21 especies del género, esta también puede ser conocida sinónimamente como *H. macrocarpa* Lundell, esta especie fue avistada por primera instancia en México, en el año 1889 en la reserva de la biosfera de Centla en el estado de Tabasco. La mayoría de las especies se pueden localizar en Tabasco (Ilustración 2).



Ilustración 2. Distribución geográfica de la especie de *H. rovirosae* Standl. (2024). Gbif.org. <https://www.gbif.org/es/species/3940273>

2.3.1 Características de la especie *H. rovirosae*:

Se trata de un árbol de hasta 8 m de altura y un diámetro de hasta 30 cm, tiene un tronco derecho con ramas ascendentes. Tiene una corteza lisa en la parte externa, es pardo verdoso, con abundantes lenticelas redondas prominentes y suberificadas de un color parda o morenas. Las hojas están dispuestas en espiral simples con pecíolos de unos 16 cm de largo; láminas de 15 cm de largo por 15 cm de ancho, ovados a orbiculares, tiene una base truncada o cordada; de color verde oscuro. Sus pétalos son de color blanco, cada flor sobre un pedúnculo de 8 a 10 mm y sostenida por tres brácteas pequeñas y lanceoladas. Los frutos constan de cápsulas de 4 cm de largo por 3 cm de ancho, ovoides o elipsoides, trivalvadas, pedúnculos de 2 a 3 cm de color verde grisáceo, con cáliz persistente y estrellado (Ilustración 3) (Maldonado, F. 2016).

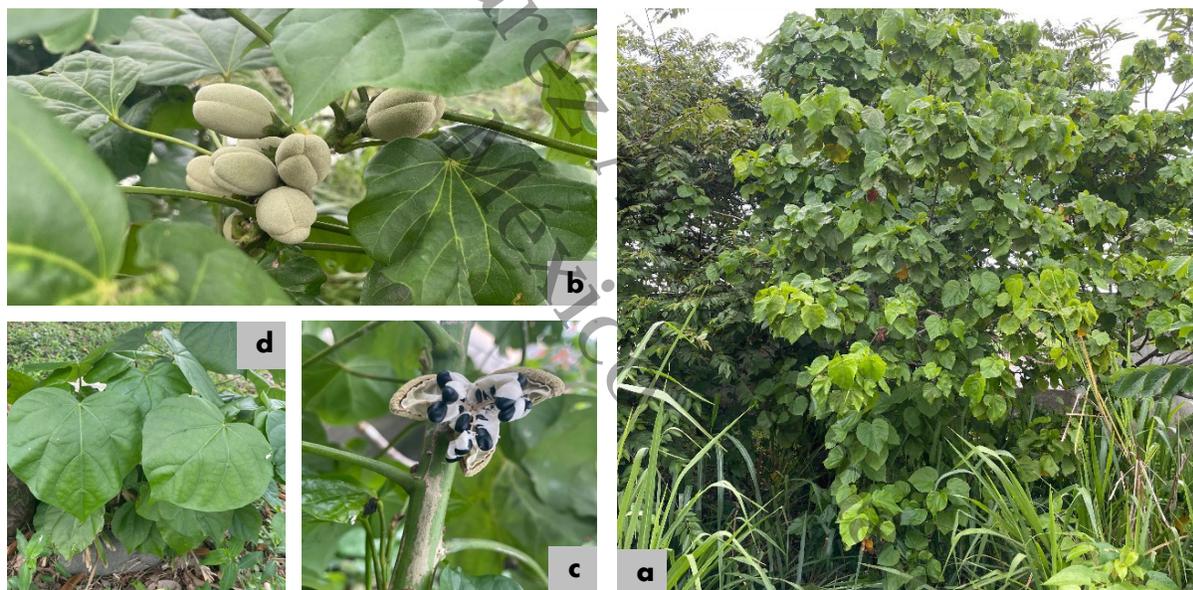


Ilustración 3. (a) Árbol, (b) Fruto, (c) semillas y (d) hojas de *H. rovirosae*. Autor: J. Pedraza

2.4 Contenido metabólico presente en *Hampea*:

El género *Hampea* incluye varias especies que presentan perfiles metabólicos interesantes. Aunque las investigaciones en el género son aún limitadas, se han identificado varios compuestos bioactivos en varias especies. La composición metabólica se describe a continuación:

2.4.1 Metabolitos presentes:

- Alcaloides: Se han encontrado alcaloides en algunas especies de *Hampea*, los cuales son conocidos por efectos en el SN y su potencial en el uso medicinal.
- Flavonoides: Los flavonoides tienen propiedades antioxidantes y antiinflamatorias. Se ha reportado la presencia de flavonoides en varias especies, por ejemplo: *Hampea appendiculata*.
- Terpenoides: Los terpenos y terpenoides presentes en *Hampea* pueden estar involucrados en funciones protectoras y en atraer polinizadores. Estos compuestos son importantes debido a sus propiedades antibacterianas y antiinflamatorias.
- Ácidos fenólicos: Se ha identificado que los ácidos fenólicos contribuyen a la actividad antioxidante de las especies de *Hampea*.

2.5 Inflamación:

La inflamación es una reacción o proceso de defensa natural del sistema inmunológico del cuerpo en respuesta al daño de células y tejidos vascularizados por agentes nocivos como microorganismos, traumatismos, necrosis, agentes químicos o reacciones físicas o inmunitarias, entre otros. Las respuestas inmunes innatas y adquiridas están involucradas en este proceso, que tiene muchos efectos locales y sistémicos. Dependiendo del tiempo de evolución puede ser agudo o crónico. El enciclopedista y médico romano, Aulo Cornelio Celso, describió como signos cardinales que están presentes en todos los procesos inflamatorios, los cuales son; Calor, Rubor, Dolor y Edema. (Ribbins y Cotran; 2010, capítulo: inflamación aguda y crónica).

De acuerdo con el libro de Patología estructural y funcional (2010):

Calor: o Aumento de la temperatura local debido a vasodilatación y aumento del consumo local de oxígeno.

Rubor: Producido por un aumento de irrigación en la zona afectada, aumento del flujo sanguíneo.

Dolor: Causado por la distensión del tejido y la liberación de prostaglandinas como mediadores químicos.

Edema: Resultado del aumento de la permeabilidad capilar y consiguiente sufusión de líquido intersticial.

2.6 Epidemiología:

A nivel global, las enfermedades inflamatorias crónicas son la principal causa de mortalidad. La inflamación se observa en pacientes con infecciones bacteriana, virales, fúngicas o parasitarias; en casos de anafilaxia; en enfermedades relacionadas con el medio ambiente (como la inhalación de humo o la exposición al aminato); en artritis reumatoide, gota, enfermedades autoinmunes y trastornos intestinales; así como en enfermedades endocrinas o crónicas como la diabetes. (Pahwa et al., 2023; Schmid, 2006).

Lo que determina la prevalencia y la incidencia de enfermedades relacionadas con la inflamación dependen de si son enfermedades inflamatorias crónicas como el caso de la artritis reumatoide o si es alguna enfermedad metabólica que tenga relación con la inflamación, como por ejemplo la relación de inflamación crónica con pacientes que padecen diabetes mellitus tipo 2.

La importancia de la inflamación en las diversas enfermedades hace que este sea uno de los problemas más comunes en la actualidad. En 2022, se publicó por medio de la Secretaria de Salud (SSA). Una tabla sobre las principales causas de enfermedades a nivel nacional, en los Estados Unidos Mexicanos, en un orden descendente donde se encontró que las infecciones respiratorias agudas son el primer lugar con un total de 16,118,536 casos, en el caso de infecciones de vías urinarias se tuvo un total de 3,231,627 casos, infecciones intestinales con un total de 3,201,789 casos, en el caso del COVID-19 se tuvo 3,195,409 casos, úlceras, gastritis y duodenitis (919,629 casos), gingivitis y enfermedades periodontal (903,703 casos), obesidad (821,255 casos), en base a la tabla se observó que la mayoría de casos de estas diversas enfermedades se presentaron en los meses impares del año 2022.

2.7 Mecanismo de la inflamación:

Las células huésped pueden reconocer sitios de infección o daño a través de receptores transmembrana llamados receptores de reconocimiento de patrones (RRR), que detectan PAM (patrones de daño asociados a patógenos), DAMP (patrones moleculares asociados al daño), o incluso ambos, y más., detectando receptores tipo Toll (TLR), receptores de lectina tipo C (CLR), receptores RIG-1 (RLR) y receptores tipo NOD. La interacción entre el estímulo y el RRR da como resultado una señalización de activación genética que interfiere con la producción de citocinas inflamatorias para cada estímulo a través de la señalización al núcleo celular. Por ejemplo, durante la infección bacteriana, las citoquinas proinflamatorias incluyen TNF, IL-1 β e IL-6. Sin embargo, aunque el IFN-1 está presente durante la infección viral, la señalización de RRR a menudo coincide con la activación de factores de transcripción que producen citocinas y quimiocinas inflamatorias (Ahmed, 2011). La presencia de quimiocinas y moléculas coestimuladores atrae células efectoras como monocitos y neutrófilos al sitio de la lesión, donde se produce dilatación venosa y arteriolar y aumento de la permeabilidad vascular (Henson et al., 1984). Además, la disfunción tisular se observa a través de la actividad proteolítica y la generación de un nuevo tejido conectivo y funcional debido a la respuesta inflamatoria típica. Un episodio inflamatorio que no logra resolución contribuirá a la insuficiencia orgánica y la muerte (Schmid, 2006).

2.7.1 Fase aguda:

Las citocinas inflamatorias liberadas generan un ciclo inflamatorio que puede extenderse más allá de tejido afectado e ingresar al torrente sanguíneo, originando lo que se conoce como “tormenta de citocinas”, entre las citocinas implicadas en este fenómeno se encuentra el TNF- α , el cual, al igual que otras citocinas, activa receptores específicos en diversos órganos, desencadenando una respuesta sistémica. Este fenómeno sistémico se denomina “reacción de fase aguda”, en el cual el hígado desempeña un papel clave. Durante esta respuesta, el hígado incrementa la producción de ciertas proteínas (como la proteína C reactiva, amiloide A sérico, haptoglobina, fibrinógeno, α -globulina con actividad antiproteasa, proteína de unión a lipopolisacáridos, ceruloplasmina y el factor del complemento 3) y reduce la síntesis de otras. Esto provoca una disminución en las

concentraciones séricas de diversas sustancias, como zinc, hierro, albúmina, transferrina, globulina fijadora de cortisol, transtiretina y proteína fijadora de retinol. (Varela, M. L., Mogildea, M., Moreno, I., & Lopes, A., 2018).

2.7.2 Fase crónica:

La inflamación crónica es un proceso patológico caracterizado por la presencia continua de células inmunes, mediadores de inflamación y cambios tisulares. El mecanismo se describe científicamente a continuación:

2.7.2.1 Primera etapa:

Estimulante constante. La inflamación crónica suele ser causada por irritantes persistentes como infecciones crónicas (bacterias, virus o parásitos), irritantes físicos o químicos y enfermedades autoinmunes. El sistema inmunológico no puede eliminar eficazmente estos irritantes.

Activa las células inmunes. Los macrófagos, los linfocitos T y las células dendríticas son activados por patógenos o sustancias nocivas. Los macrófagos pueden polarizarse hacia un fenotipo M1 (proinflamatorio) o M2 (antiinflamatorio y regenerativo), según el microambiente.

2.7.2.2 Fase de mantenimiento:

Liberación de mediadores inflamatorios. Los macrófagos activados y otras células inmunitarias liberan citocinas proinflamatorias (como IL-1, IL-6 y TNF- α), quimiocinas y mediadores lipídicos (como prostaglandinas y leucotrienos). Estas moléculas atraen más células inmunes al sitio de la inflamación y mantienen el ciclo inflamatorio.

2.7.2.3 Reclutamiento celular:

Las citocinas y quimiocinas hacen que más neutrófilos, linfocitos y monocitos migren al área afectada, lo que promueve la inflamación crónica. La presencia continua de estas células puede provocar daño tisular.

2.7.2.4 Daño y reparación:

Daño tisular: a medida que las células inmunitarias continúan activándose, liberan enzimas y especies reactivas de oxígeno (ROS) que pueden dañar el tejido sano y

provocar su destrucción. Este daño suele ser irreversible y está asociado con fibrosis (acumulación de tejido conectivo) y cambios estructurales.

2.7.2.5 Sanar y reconstruir:

Con el tiempo, el tejido inflamado puede intentar repararse a sí mismo activando los fibroblastos y produciendo matriz extracelular. Sin embargo, la inflamación crónica puede alterar el ciclo de reparación y recuperación, provocando fibrosis y cambios en la función del tejido.

2.7.2.6 Consecuencias a largo plazo:

Enfermedades asociadas: la inflamación crónica está vinculada a diversas patologías, incluyendo enfermedades cardiovasculares, diabetes tipo 2, trastornos autoinmunes y ciertos tipos de cáncer. La inflamación prolongada puede provocar disfunción en los sistemas orgánicos, agravando estas enfermedades.

2.8 Tratamientos usados para la inflamación

Existen dos grandes grupos de fármacos considerados antiinflamatorios: los antiinflamatorios esteroideos y los antiinflamatorios no esteroideos (Josep, 2014).

Además, Pahwa *et al.*, señalaron que la dieta y el estilo de vida son factores claves para reducir de la inflamación. (2022):

Frutas y verduras: los antioxidantes y los polifenoles pueden proteger contra la inflamación, por lo tanto, consumir alimentos naturalmente ricos en estos químicos, como: Los ejemplos incluyen arándanos, manzanas, coles de Bruselas, repollo, brócoli y coliflor. De manera similar, los alimentos de origen vegetal contienen fibra soluble e insoluble, que puede reducir los niveles de IL-6 y TNF- α .

Ejercicio: en ensayos clínicos en humanos, se ha demostrado que el gasto de energía durante el ejercicio reduce muchas moléculas inflamatorias y citocinas independientemente de la pérdida de peso.

Dieta con bajo índice glucémico: el nivel alto de azúcar en sangre está relacionado con un mayor riesgo de sufrir un accidente cerebrovascular, enfermedad coronaria y diabetes

tipo II, por lo que evitar alimentos inflamatorios como refrescos, carbohidratos refinados y jarabe de maíz. fructosa en la dieta. Reducir su consumo de grasas saturadas y trans.

2.8.1 Antiinflamatorios no esteroideos (AINE's):

Los denominados antiinflamatorios no esteroideos utilizados inhiben principalmente la actividad de la ciclooxigenasa 1 (COX-1), presente en diversos tejidos y mediador de reacciones fisiológicas, y de la ciclooxigenasa 2 (COX-2), presente en tejidos dañados.

La inhibición de la COX-2 media los efectos adversos de la inflamación, mientras que la inhibición concomitante de la COX-1 provoca efectos adversos debido a la reducción de la síntesis de prostaglandinas, y tromboxano. (Pérez *et al.*, 2002).

Los AINE's que actúan inhibiendo las enzimas COX-1 y COX-2 son: ibuprofeno, naproxeno, diclofenaco, indometacina y el ácido acetilsalicílico; en el caso de los selectivos de COX-2 tenemos fármacos como celecoxib, rofecoxib, etoricoxib y lumiracoxib. (Josep, 2014; Lanás *et al.*, 2014).

2.8.2 Antiinflamatorios esteroideos (corticoides):

Se trata de corticosteroides, es decir, hormonas producidas por la corteza suprarrenal o corticosteroides naturales y corticosteroides semisintéticos, compuestos estructuralmente similares a los corticosteroides naturales, especialmente los glucocorticoides.

Los glucocorticoides ejercen una poderosa acción antiinflamatoria, sea cual fuere la causa de la inflamación (infecciosa, química, física o inmunológica), pudiendo inhibir tanto las manifestaciones inmediatas de la inflamación (rubor, dolor, etc.) como tardías, entendiendo por tales ciertos procesos de cicatrización y proliferación celular. Inhiben la dilatación vascular, reducen la transudación líquida y la formación de edema, disminuyen el exudado celular y reducen el depósito de fibrina alrededor del área inflamada.

Los esteroides sintéticos como la dexametasona, la prednisolona y otros se utilizan con especial frecuencia. Su uso es limitado debido a efectos secundarios o reacciones adversas, especialmente cuando se administra por vía oral o parenteral porque puede provocar el síndrome de Cushing inducido por fármacos. Además de los fármacos antiinflamatorios, también se utilizan como inmunosupresores (los efectos

inmunomoduladores duran durante todo el período de administración) y fármacos antialérgicos, así como en la terapia de reemplazo hormonal.

2.9 Extracción por maceración:

La maceración es el proceso de extracción de un sólido-líquido, en el que la materia prima contiene compuestos que estarán presentes en un líquido de extracción que son los que pretenden extraerse. Este proceso genera dos productos que se pueden utilizar dependiendo de las necesidades que se tienen, el sólido o el propio extracto. La naturaleza de estos compuestos extraídos depende de la materia prima empleada, así como del líquido de extracción (Fernaroli's,1975).

2.10 cromatografía en capa fina (CCF):

Las técnicas de separación cromatográfica son métodos de separación en donde se obtienen varias etapas en los que se distribuye el contenido de una muestra, la cual se divide en la fase móvil y la fase estacionaria.

La cromatografía en capa fina es un método ampliamente utilizado para separar, identificar y evaluar la pureza de diferentes sustancias como, fármacos, productos de origen vegetal y muestras biológicas. Esta se destaca por ser económica, confiable, sencilla y adaptable a diversos procedimientos de detección.

La CCF es un método que ayuda a separar los componentes de una mezcla según la diferencia en sus desplazamientos a lo largo de una capa delgada de material adsorbente, la cual está fijada sobre una superficie plana. Para el análisis, se deposita una solución de la muestra en estudio utilizando un capilar, aplicándola sobre un adsorbente inerte, como la (sílica o alúmina), que se encuentra distribuido sobre una placa de vidrio o aluminio. (Sharapin, 2000)

2.10.1 Eluyentes:

Para seleccionar el eluyente a utilizar en el método se tiene que saber la naturaleza de la muestra que se utilizará, los principales eluyentes son, éter de petróleo, hexano, tolueno, benceno, éter dietílico, tetracloruro de carbono, cloroformo, diclorometano, acetato de etilo, acetona, etanol, metanol, agua y ácido acético. (Matthew et al.,2023).

2.11 Reveladores cromatográficos:

Son reactivos utilizados para revelar la posición de los compuestos de la placa cuando estos no tienen presencia de color. Existen dos métodos para revelar las placas (Matthew et al., 2023).

2.11.1 Métodos químicos:

Estos consisten en una reacción química entre el revelador y los diferentes componentes en la placa cromatográfica, generalmente se utiliza el yodo como revelador, formando complejos coloreados de los componentes presentes en nuestra placa con presencia de tonos amarillo-marrón, el ácido sulfúrico es otro revelador químico muy utilizado reaccionando y formando manchas color negras, también se tienen reveladores específicos como:

- 2,4-dinitrofenilhidrazina para los aldehídos y cetonas.
- Verde de bromocresol para ácidos carboxílicos.
- *Para*-dimetilaminobenzaldehído para las aminas.
- Ninhidrina para las aminas primarias y secundarias

2.11.2 Métodos físicos:

Consiste en añadir un indicador fluorescente al adsorbente y observarla bajo una lámpara ultravioleta, dependiendo del indicador y de la longitud de onda, aparecerán manchas fluorescentes donde hay presencia de componentes.

Una vez obtenida nuestra placa ya sea revelada o no, se calculará el factor de retención (F_R) de cada sustancia, este F_R es el desplazamiento de ciertas sustancias en el disolvente utilizado, el cual se puede apreciar en la fórmula 1.

$$F_R = \frac{D_{Sustancia}}{D_{Solvente}} = \frac{\text{Distancia recorrida de la sustancia}}{\text{Distancia recorrida del disolvente}}$$

Fórmula 1. Expresión matemática para la obtención del factor de retención

2.12 Cromatografía en columna:

La cromatografía en columna es una técnica física utilizada para separar e identificar compuestos, en la cual las sustancias a separar se distribuyen entre dos fases. Una de

estas es la fase estacionaria, que posee una gran superficie y puede ser sólida o líquida, mientras que la otra es la fase móvil, un fluido que se desplaza a través de la fase estacionaria. Si la fase móvil es líquida, se trata de una técnica de cromatografía líquida, como la cromatografía líquida de alta resolución (CLAR o HPLC, por sus siglas en inglés). Si la fase móvil es un gas, la técnica se denomina cromatografía de gases (GLC, en inglés) (Skoog et al., 2001).

La cromatografía en columna se divide en:

Cromatografía de intercambio iónico: Se fundamenta en la atracción que ejercen los iones disueltos hacia los sitios con carga opuesta presentes en la fase estacionaria (Matthew et al., 2023).

Cromatografía de exclusión: Se apoya en materiales con poros de tamaño controlado para separar las moléculas según su forma y dimensiones; las más pequeñas penetran en los poros y avanzan más lento, mientras que las mayores fluyen más rápido (Matthew et al., 2023).

Cromatografía de afinidad: Se basa en la unión específica entre macromoléculas y ligandos inmovilizados en la fase estacionaria. Tras eliminar impurezas, la molécula objetivo se eluye modificando el pH, lo que rompe la interacción selectiva (Matthew et al., 2023).

Cromatografía de adsorción: Se fundamenta en la diferente afinidad de los compuestos por un sólido polar (fase estacionaria) frente a la fase móvil, de manera que las interacciones polares controlan casi por completo la separación (Matthew et al., 2023).

Cromatografía de partición: La fase estacionaria es un líquido adherido a un sólido inerte, y la fase móvil puede ser líquida (partición líquido-líquido) o gaseosa (gas-líquido, GLC). Un ejemplo clásico es la cromatografía en papel, donde el agua retenida en la celulosa actúa como fase estacionaria. Técnicas como GC y HPLC también emplean este principio (Matthew et al., 2023).

Cromatografía de fase reversa: La separación depende de interacciones hidrofóbicas entre el soluto en fase móvil acuosa y grupos no polares fijados a la fase estacionaria.

Inicialmente, el entorno rico en agua organizada favorece la unión. Al adherirse el soluto al ligando hidrofóbico, se libera agua estructurada, aumentando la entropía y facilitando la elución (Matthew et al.,2023).

2.13 Modelo de edema auricular inducido por TPA:

Modelo de edema auricular causado por 13-acetato de 12- tetradecanoilforbol (TPA), es un modelo biológico que se utiliza para la evaluación de actividad antiinflamatoria de sustancias que tengan esta actividad. Este se basa en la provocación de un edema auricular por medio de TPA en las zonas internas y externas de la oreja del modelo murino, para así analizar la eficacia de la actividad antiinflamatoria del extracto a evaluar (Franco et al., 2007).

Según Merlos *et al* (1991), se aplicó tópicamente una solución de 12-O-tetradecanoilforbol-13-acetato (2,5 µg) disuelto en acetona (20 µl) a las superficies interna y externa de la oreja derecha del ratón (10 µl/lado) para inducir inflamación. Se aplicaron tópicamente sustancias de prueba (1 mg/oído) e indometacina (0,5 mg/oído) disueltos en acetona a las superficies interna y externa del oído derecho de ratones inmediatamente antes de la administración de TPA. Cuatro horas después de la administración del fármaco, se sacrificaron los animales mediante dislocación cervical y se tomaron secciones circulares (7 mm de diámetro) de ambas orejas de los animales (tratados y no tratados) y se pesaron para determinar la diferencia en los niveles de hinchazón (Pt-Pnt). Los resultados se expresaron como porcentaje de inhibición del edema en comparación con el grupo control utilizando la Fórmula 2.

$$\%Inhibición = \frac{(Pt - Pnt)control - (Pt - Pnt)tratamiento}{(Pt - Pnt)control} \times 100$$

Fórmula 2. Expresión para la determinación del porcentaje de inhibición

Donde:

Pt: Peso de la oreja tratada con el control o tratamiento

Pnt: Peso de la oreja no tratada

3. JUSTIFICACIÓN

Hampea rovirosae es empleada como remedio herbolario en varias de las comunidades del estado de Tabasco para el tratamiento de diversos padecimientos, sin embargo, la información sobre esta especie todavía es escasa, en algunas literaturas se demostró la presencia de varios metabolitos secundarios en la tribu Gossypieae lo que nos podría indicar la presencia del efecto antiinflamatorio en esta especie, ya que el uso indiscriminado de diferentes fármacos para el tratamiento de diversos síntomas ha llevado a la problemática con la resistencia a los medicamentos de diferentes organismos patógenos, así también, la presencia de efectos adversos de los medicamentos los cuales pueden ser de gravedad según el sector poblacional que los consume. Por lo anterior es necesario realizar diversos estudios para determinar la presencia de bioactividad que pueden estar presente en las hojas, la cuál es usada en la medicina tradicional. Debido a lo anterior el presente proyecto busca la determinación del efecto antiinflamatorio presente en las hojas de *H. rovirosae*, y hacer una comparación del efecto obtenido con un fármaco comercial, para así determinar si el efecto antiinflamatorio es igual o mayor al fármaco de referencia. Asimismo, contribuir al uso justo de esta especie.

4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿los extractos orgánicos de *H. rovirosae* tendrán un efecto antiinflamatorio en el modelo de edema inducido por TPA en oreja de ratón?

¿el fraccionamiento químico del extracto con mejor efecto antiinflamatorio permitirá obtener fracciones con igual o mayor efecto que el extracto de donde provienen?

5. HIPÓTESIS

Los extractos orgánicos de *n*-hexano, diclorometano y metanol de las hojas de *Hampea rovirosae* Standl, algunos de ellos tendrán un efecto antiinflamatorio en edema inducido por TPA en oreja de ratón ICR.

El fraccionamiento químico permitirá obtener fracciones con compuestos de polaridad media a alta con un efecto antiinflamatorio importante.

6. OBJETIVOS

6.1 Objetivo general:

- Evaluar el efecto antiinflamatorio *in vivo* de los extractos orgánicos de polaridad ascendente de *Hampea rovirosae* Standl.

6.2 Objetivos específicos:

- Obtener los extractos orgánicos por el método de maceración en frío con disolventes de *n*-hexano, diclorometano y metanol.
- Evaluar el efecto antiinflamatorio de los tres extractos orgánicos y fracciones del extracto con mayor efecto en el modelo de edema en oreja de ratón inducido por TPA.
- Obtención de las fracciones del extracto que sea más activo por cromatografía en columna.

7. METODOLOGÍA

7.1 Recolección de hojas de *H. rovirosae*:

Las hojas de *H. rovirosae* (3500g) se colectaron en noviembre del 2023 en la ranchería Huapacal 2da sección ubicada en el municipio de Jalpa de Méndez, Tabasco. Posteriormente el material vegetal fue secado durante 24 h en un horno (RIOSSA modelo H-102) con recirculación de aire a 45°C; para luego proceder a la molienda utilizando métodos mecánicos. Un ejemplar fue colectado para su posterior identificación taxonómica en el herbario de la UJAT.

7.2 Obtención de los extractos orgánicos de *H. rovirosae* Standl:

Los extractos de las hojas previamente secas de *H. rovirosae* se obtuvieron mediante maceración en frío de 1000 g del material vegetal seco en 4 L de *n*-hexano por 24h posteriormente se filtró el contenido y se eliminó el disolvente por destilación a presión reducida utilizando el rotavapor BÜCHI modelo R100, el proceso se realizó dos veces más utilizando el mismo material vegetal, el extracto obtenido de *n*-hexano (HrEH) se almacenó en refrigeración a 4°C para su posterior evaluación biológica, este proceso fue llevado a cabo utilizando también los disolventes de diclorometano y metanol, para obtener extracto de diclorometano (HrED) y extracto de Metanol (HrEM).

La determinación de los rendimientos de extracción se obtuvo utilizando la Fórmula 3.

$$\% \text{ de rendimiento} = \frac{\text{masa de extracto seco}}{\text{masa de material vegetal macerado}} \times 100$$

Fórmula 3. Expresión matemática para la obtención del rendimiento de los extractos

7.3 Análisis químico cualitativo de los extractos de *H. rovirosae* por cromatografía en capa fina (CCF):

Para el análisis cualitativo de HrEH, HrED y HrEM se utilizaron placas comerciales de CCF- de fase normal de sílica gel 60 F₂₅₄. (Merck). La fase móvil utilizada fue hexano: acetato de etilo (8:2) y acetato de etilo: ácido fórmico: ácido acético glacial: agua (8:0.5:0.5:1) respectivamente.

En la identificación de los componentes se empleó una lámpara de rayos UV con longitud de onda dual 254nm/ 366nm.

El procedimiento se replicó para los extractos y fracciones del extracto seleccionado y se usaron los reveladores Komarowski (terpenos) y NP-PEG (flavonoides) para la detección de la presencia de compuestos de tipo terpenos y flavonoides.

7.4 Obtención de compuestos químicos del extracto de HrED por cromatografía en columna:

Para el fraccionamiento de HrED se utilizaron 15 g del extracto que fue absorbido en 30 g de sílica gel de fase normal.

Posteriormente en una columna abierta de 9 cm x 27 cm con llave de paso se empaco utilizando 250 g de sílica gel e iniciando la elución con 100% *n*-hexano y realizando un cambio gradual de 10% con acetato de etilo.

Las fracciones colectadas serán reagrupadas para su posterior aplicación en el modelos biológico.

7.5 Evaluación de la actividad antiinflamatoria de los extractos de *H. rovirosae* Standl., en el modelo de inflamación inducida por TPA:

7.5.1 Acondicionamiento para los grupos de ratones ICR para la evaluación:

Se utilizaron ratones macho de la cepa ICR (CD-1[®]) con un peso promedio entre los 25 g y 30 g. Se siguió la norma NOM-062-ZOO-1999 “Sobre las especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales del laboratorio”, se acondiciono la zona de aislamiento siguiendo con las indicaciones del número de ratones por grupo y el etiquetado requerido, contaron con acceso libre al agua y se controló la cantidad de alimento mediante el peso individual de cada ratón en los diferentes grupos utilizados, contando igualmente con el ciclo debido de luz-oscuridad de 12 h.

7.5.2 Desarrollo de la actividad antiinflamatoria en el modelo murino:

Seis grupos de 6 ratones privados de 12 h de alimentación previo al ensayo se colocaron separadamente en cajas rotuladas con el control negativo (Acetona), control positivo

(TPA), fármaco de referencia (Indometacina) y los extractos (HrEH), (HrED) y (HrEM), siguiendo la metodología descrita por Payá *et al.*, (1993) y Merlos *et al.*, (1991).

Para la aplicación del método se preparó una disolución de 2.5 µg de TPA disuelto en 20 µL de acetona, 1.0 mg del fármaco de referencia (indometacina) disuelto en 20 µL de acetona y 1.0 mg de los extractos orgánicos de *H. rovirosae* (HrEH, HrED y HrEM) y las fracciones obtenidas (HrED-R1, HrED-R2, HrED-R3, HrED-R4 y HrED-R5) disueltos respectivamente en 5 mL de acetona.

Se sedo el primer grupo de ratones (control negativo) con pentobarbital al 1% del peso corporal de cada ratón para provocar el estado hipnótico y así sucesivamente con los demás grupos de ratones (control positivo, fármaco de referencia y los extractos).

Se tomo el primer grupo marcado con control negativo y se aplicó de manera tópica utilizando una micropipeta la cantidad de 10 µL de TPA (12-o-tetradecanoilforbol-13-acetato) en la parte interna de la oreja del ratón y 10 µL en la zona externa de la oreja. Los siguientes grupos todas las aplicaciones se realizaron de manera tópica tanto en la zona interna como externa en base al siguiente esquema: para el control positivo 20 µL de acetona; El grupo de referencia se administró 1.0 mg de indometacina disueltos en 20 µL de acetona, seguido de la misma dosis de TPA aplicadas en el grupo control negativo. Los extractos (HrEH, HrED, HrEM) y las fracciones(HrED-R1, HrED-R2, HrED-R3, HrED-R4, HrED-R5) utilizadas fueron aplicados 20 µL seguido de la aplicación de la misma dosis de TPA aplicada en el control negativo (Ilustración 4).

Cuatro horas después de la realización del método, los animales fueron sacrificados por dislocación cervical. Posteriormente, se obtendrán las secciones circulares de las orejas con un diámetro equivalente a 7mm utilizando un kit de disección, luego se pesaron por separado la oreja izquierda y la derecha de todos los grupos de ratones utilizando una balanza analítica marca Velab modelo, se obtuvo un promedio de los pesos y finalmente se obtiene el porcentaje de inflamación utilizando la fórmula 4:

$$\%Inhibición = \frac{P_{pt} - P_{po}}{P_{po}} \times 100$$

Fórmula 4. Expresión matemática simple para la obtención del porcentaje de inhibición de los tratamientos.

Donde:

P_{pt} = Peso promedio de la sección de la oreja tratada

P_{po} = Peso promedio de la sección no tratada

Finalmente se desecharon los modelos murinos siguiendo la NOM-087-SEMARNAT-SSA-2002.



Ilustración 4. Aplicación del método en ratones ICR. Autor: J. Pedraza

7.6 Análisis de datos:

Los datos se representan como la media \pm ESM (error estándar de la media) del edema producido en cada grupo usado en la experimentación. El análisis de los datos fue empleando post hoc después de ANOVA haciendo uso de la herramienta de análisis estadístico (SPSS™ versión 27.0). Las diferencias presentadas se establecieron en base a la función de la probabilidad ($*p < 0.05$ y $**p < 0.001$).

8 RESULTADOS

8.1. Obtención de los extractos de *Hampea rovirosae* Standl:

El material vegetal (hojas) se colectó en el mes de noviembre de 2023 en el que se da la floración de la especie para colectarlas en la madurez del espécimen. Asimismo, se

colecto una muestra que fue identificada por la curadora del Herbario UJAT, la Dra. Nelly del Carmen Jiménez Pérez con el número de vóucher 36665.

Los porcentajes del rendimiento obtenido de la extracción de hojas de *Hampea rovirosae* Standl. Se muestran en la Tabla 2. En base a estos resultados se observó que el extracto metanólico presentó un mayor rendimiento en comparación con el extracto diclorometánico y el extracto hexánico.

Tabla 2. Porcentaje del rendimiento de los extractos de las hojas de *H. rovirosae*.

<i>n</i>-hexano (% rendimiento)	Diclorometano (% rendimiento)	Metanol (% rendimiento)
1.05	2.34	4.97

8.2. Análisis químico cualitativo de los extractos de *H. rovirosae* por CCF:

El análisis por CCF-Fase normal permitió realizar un conteo preliminar de los compuestos que están contenidos en los extractos de HrEH, HrED y HrEM; donde el extracto hexánico aún sin revelar demostró tener por lo menos 8 compuestos con diferentes factores de referencia (F_R) (cinco de ellos se lograron observar a luz visible, dos en luz UV de onda corta y uno en luz UV de onda larga), para el extracto diclorometánico se observaron tres compuestos con diferentes F_R (dos de ellos se observaron en luz visible y uno en luz UV de onda larga). En el caso del extracto metanólico, no se observó desplazamiento alguno de los compuestos en las condiciones a las que estuvieron sometidos los demás extractos. (Ilustración 5).

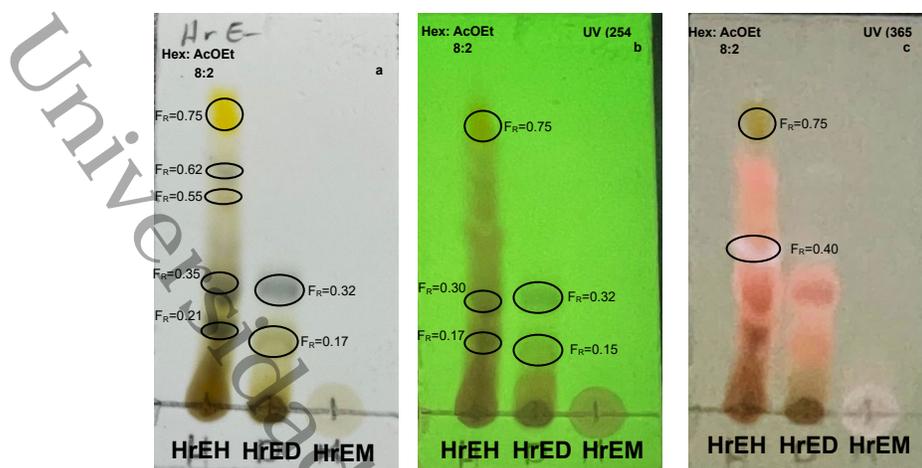


Ilustración 5. CCF fase normal de los extractos hexánico (HrEH), diclorometánico (HrED) y metanólico (HrEM) examinados en (a) luz visible, (b) lámpara de luz UV de onda corta y (c) lámpara de luz UV de onda larga.



Ilustración 6. Cromatoplaqa fase normal de los extractos hexánico (HrEH), diclorometánico (HrED) y metanólico (HrEM) revelados con (a) NP-PEG examinada en lámpara UV de onda larga y (b) 4-hidroxibenzaldehído.

Al aplicar el revelador NP-PEG se observó en el extracto hexánico un spot con $R_f = 0.7$ que nos podría indicar la presencia de un flavonoide apolar en base a la coloración amarillenta apreciada en la ilustración 6, también se observó un spot de color azulado en el punto de aplicación del extracto metanólico, por lo que se procedió a realizar la CCF-fase normal en un sistema acidificado para lograr la polaridad adecuada para la separación de esos compuestos. Los spot de coloración rojiza indican la presencia de compuestos de tipo grasos y de clorofilas.

Con el revelador 4-hidroxibenzaldehído (KOM) se lograron observar dos compuestos cuyos F_R son más altos que los observados a luz visible, lo que nos indica poca polaridad en estas sustancias, teniendo en cuenta que este tipo de reveladores son utilizados para la determinación de compuestos de tipo terpeno es probable que estos metabolitos presentes en el extracto hexánico sean derivados de este tipo. (Bomfim. H, 2016).

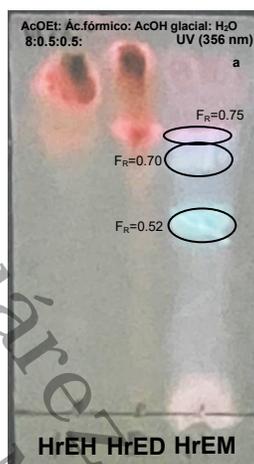


Ilustración 7. Cromatoplaqa fase normal en sistema acidificado de los extractos hexánico (HrEH), diclorometánico (HrED) y metanólico (HrEM) revelados con (a) NP-PEG examinada en lámpara UV de onda larga

Al realizar la cromatoplaqa en sistema acidificado se lograron separar diversos componentes del extracto hexánico (ilustración 7) se puede observar fluorescencia azul lo que puede tratarse de derivados fenólicos de ácido carboxílico como lo podría ser el ácido clorogénico o de cumarinas como escopoletina. (Bladt & Zgainski, 1996).

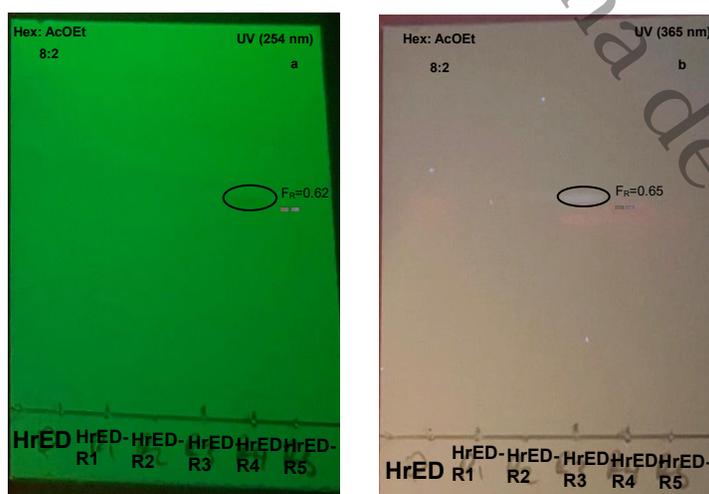


Ilustración 8. Cromatoplaqa fase normal del extracto seleccionado, diclorometánico (HrED) y sus reuniones (R1, R2, R3, R4 y R5) observados en (a) onda corta en lámpara UV y (b) onda larga en lámpara UV.

El análisis preliminar por medio de CCF-fase normal de extracto seleccionado (HrED) y sus respectivas reuniones (HrED-R1, HrED-R2, HrED-R3, HrED-R4 y HrED-R5), mostró la presencia de un compuesto en el HrED-R4 visto bajo lámpara UV de onda corta y en el caso de la HrED-R3, se logró apreciar un compuesto visto en una lámpara UV de onda larga (Ilustración 8).

Para el análisis mediante el sistema acidificado, se logró observar la presencia de un componente presente en HrED-R2 y de igual manera se observó un componente fluorescente en HrED-R3 lo que indica la presencia de flavonoides de derivados fenólicos de ácido carboxílico (Ilustración 9).

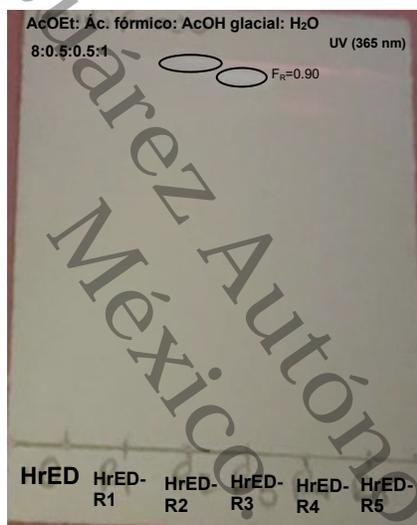


Ilustración 9. Cromatoplaqa fase normal en el sistema acidificado del extracto seleccionado, diclorometánico (D) y sus reuniones (HrED-R1, HrED-R2, HrED-R3, HrED-R4 y HrED-R5) revelado con NP-PEG y observado en onda larga en lámpara UV.

8.3 Obtención de compuestos químicos del extracto de HrED por cromatografía en columna:

Tabla 3. Fraccionamiento de la cromatografía en columna de HrED

SISTEMA DE ELUCIÓN	FRACCIONES COLECTADAS	FRACCIONES REUNIDAS	CLAVE
C ₆ H ₁₄ 100%	1-7	1-7	HrED-R1
C ₆ H ₁₄ -C ₄ H ₈ O ₂ 90:10	8-14	8-13	HrED-R2
C ₆ H ₁₄ -C ₄ H ₈ O ₂ 80:20	15-18	14-18	HrED-R3
C ₆ H ₁₄ -C ₄ H ₈ O ₂ 70:30	19-23	19-23	HrED-R4
C ₆ H ₁₄ -C ₄ H ₈ O ₂ 60:40	24-28	24-31	HrED-R5
C ₆ H ₁₄ -C ₄ H ₈ O ₂ 50:50	29-31		

En la Tabla 3, se muestra un resumen de las fracciones de HrED elegidas como potenciales para la evaluación de su actividad antiinflamatoria mediante edema inducido por TPA. Obteniendo cinco reuniones de las treinta y uno fracciones colectas mediante este método.

8.4 Actividad antiinflamatoria mediante el método de edema inducido por TPA:

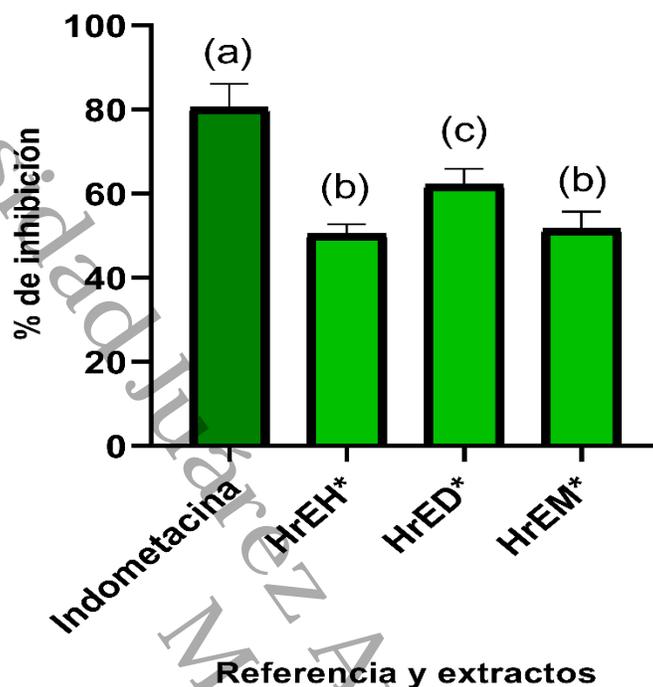
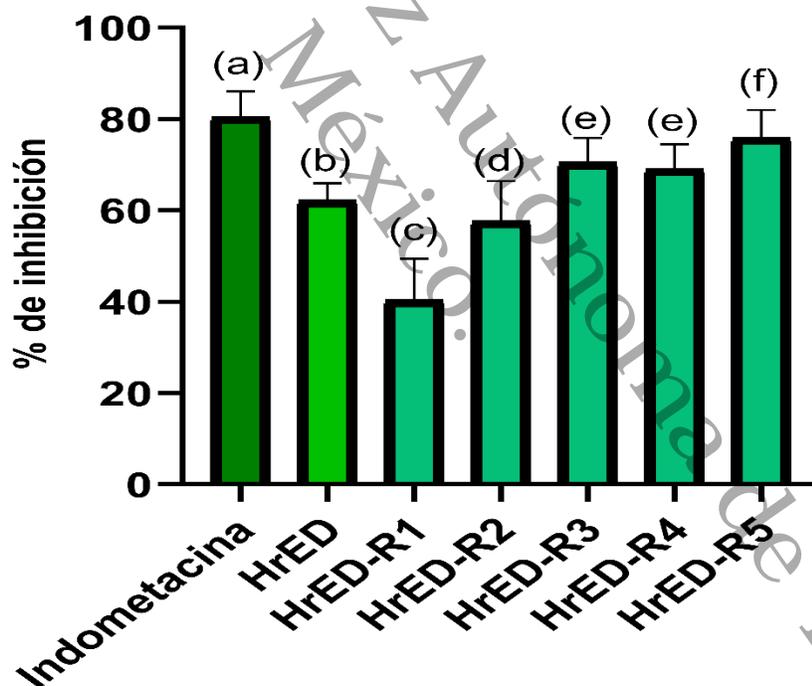


Ilustración 10. Efecto antiinflamatorio de los extractos de *H. rovirosae* (a) indometacina, (b) HrEH (n-hexánico), (c) HrED (diclorometánico) y (b) HrEM (metanólico). Los datos representan la media \pm error estándar ($n=6$) de cada extracto utilizado. Los datos estadísticos se determinaron mediante la prueba de varianza (ANOVA) después de post hoc Tukey. Las barras con la misma letra (c) no mostraron significancia en $p<0.05$. Autor: J. Pedraza mediante GraphPad prism®10.

En la ilustración 10 se observan los porcentajes de inhibición a la inflamación de los extractos orgánicos de *H. rovirosae* en comparación con la indometacina como fármaco de referencia, donde podemos observar que indometacina tiene el mayor porcentaje de inhibición con 80.52 % seguido del extracto diclorometánico (HrED) con 62.25 % de inhibición y finalmente tenemos el extracto hexánico (HrEH) y metanólico (HrEM) con un 50.42 % y 51.67 % respectivamente por lo que no hay una gran significancia en los últimos dos extractos, en cambio HrED fue el que tuvo el mayor porcentaje de inhibición de los tres extractos en comparación con la indometacina, por lo que HrED fue seleccionado para estudios más exhaustivos comparándolo con el fármaco de referencia.

Se obtuvieron 5 fracciones del extracto con mayor porcentaje de inhibición en este caso fue HrED, las fracciones obtenidas se analizaron en el método de edema en oreja de ratón inducido por TPA lo que nos arrojó los resultados de la ilustración 11. Donde el

HrED-R5 obtuvo el mayor porcentaje de inhibición con 75.98 %, seguido de HrED-R3 y HrED-R4 donde tuvieron 70.49% de inhibición y 69.12% respectivamente, en este caso en las fracciones 3 y 4 los porcentajes no tienen gran significancia entre ellos, en el caso de las fracciones 2 y 1, HrED-R1 fue el que demostró el menor porcentaje de inhibición con un 40.39%, en cambio HrED-R2 tuvo 57.67% de inhibición y para el caso del HrED se conoce que cuenta con 62.22% de inhibición en la inflamación. El HrED-R5 fue la fracción activa con más actividad inhibitoria acercándose al porcentaje de la indometacina, esto nos indica que dentro del extracto diclorometánico una de estas fracciones tiene una mayor cantidad de compuestos activos para inhibir el proceso inflamatorio, en el caso de HrED tuvo menos porcentaje inhibitorio comparado con HrED-R5, si lo comparamos con la fracción HrED-R1 observaremos que hay una gran diferencia entre la inhibición de HrED-R5.



Referencias, extractos y fracciones

Ilustración 11. Efecto antiinflamatorio de las fracciones del extracto; (a) indometacina, (b) HrED (extracto diclorometánico), (c) HrED-R1 (fracción uno), (d) HrED-R2 (fracción dos), (e) HrED-R3 (fracción tres), (e) HrED-R4 (fracción cuatro) y (f) HrED-R5 (fracción cinco). Los datos representan la media \pm error estándar ($n=6$) de cada extracto utilizado. Los datos estadísticos se determinaron mediante la prueba de varianza (ANOVA) después de post hoc Tukey. Las barras con la misma letra (e) no mostraron significancia en $p<0.05$. Autor: J. Pedraza mediante GraphPad prism®10.

9 DISCUSIÓN

9.1 Porcentaje de rendimiento:

En base a la tabla 2 se logró un mayor rendimiento utilizando metanol como disolvente en la maceración, en cambio con *n*-hexano y diclorometano hubo un menor porcentaje, siendo el metanol el disolvente con más polaridad ascendente que *n*-hexano y dicloro metano, indicando un aumento en el rendimiento mediante asciende la polaridad de los disolventes utilizados en la maceración. Así también el método de maceración en frío tiene un lapso largo para lograr la extracción de metabolitos, obteniendo extractos con mayores propiedades dado que no se altera la temperatura de estos, al utilizar otro método de maceración como lo es con calor, no se obtendría el mismo rendimiento dado que no se extraerían totalmente puros los componentes. (Fernaroli's, 1975).

9.2 Análisis químico cualitativo mediante cromatografía en capa fina (CCF):

Los cromatofolios de fase normal de las ilustraciones 6, 7 y 9 fueron reveladas con NP-PEG el cuál es utilizado para la determinación de flavonoides al observarlos en una lampara UV a 365nm mostrando presencia de colores fluorescentes como se observan en las ilustraciones 3,7 y 9. Para saber el tipo de flavonoides que se tienen hay que observar el color de fluorescencia que se presenta. Para flavonas y flavonoides (fluorescencia color amarillo a rojo), flavanonoles (rojo a magenta), flavanonas (rojo, magenta, violeta, azul). (Morales. C, 2011).

9.3 Obtención de compuestos químicos del extracto de HrED por cromatografía en columna:

De acuerdo con la tabla 3 mediante variaciones porcentuales de *n*-hexano y acetato de etilo en la columna del extracto HrED se obtuvieron treinta y uno fracciones las cuales se reagruparon en cinco reuniones por ser similares en su compuestos orgánicos presentes, así mediante la aplicación del estudio *in vivo* lograremos tener información sobre la posible presencia de compuestos basándonos en la actividad antiinflamatoria que estos presenten (Hussein S. *et al.* 2023).

9.4 Actividad antiinflamatoria:

De acuerdo con la ilustración 10 los extractos de *H. rovirosae* mostraron presencia de actividad antiinflamatoria, aunque HrED mostró ser el extracto más viable para un estudio más extenso por su porcentaje de inhibición mayor a la del resto de extractos analizados, lo que nos lleva a la ilustración 11 donde logramos apreciar que una de las cinco fracciones tuvo un porcentaje de inhibición de la inflamación casi similar a la del fármaco de referencia (indometacina), mediante la CCF se lograron apreciar que las fracciones al ser reveladas con solución reveladora NP-PEG, mostraron una fluorescencia azul, lo que nos indica la presencia de compuesto de tipo flavonoides, el contenido de compuestos antiinflamatorios también tiene que ver con la cercanía de esta especie con el algodón, ya que *H. rovirosae* es perteneciente a la tribu Gossipeae, de las cuales varias especies han sido de estudio para la determinación del efecto antiinflamatorio por la presencia de metabolitos secundarios como el limoneno, cariofileno, entre otros. (Shahrajabian *et al.* 2024).

10. CONCLUSIÓN

El trabajo permitió la determinación del efecto antiinflamatorio de tres diferentes extractos en comparación con un fármaco como lo es la indometacina, el cual es un AINE de primera línea para el tratamiento de diferentes padecimientos inflamatorios, el extracto obtenido con diclorometano mostró mayor efecto antiinflamatorio, comparado con los extractos hexánico y metanólico.

La fracción cinco del extracto diclorometánico mostró un porcentaje de inhibición de la inflamación casi igual a la del fármaco indometacina, demostrando que los productos naturales que están involucrados en la presencia de la actividad biológica son correspondientes a compuestos de tipo flavonoides donde presenta derivados de gospol, que son característicos de la familia a la que pertenece *H. rovirosae*.

El presente trabajo contribuye a validar el uso de la medicina tradicional de *H. rovirosae* Standl, para el tratamiento de diversos padecimientos por su efecto antiinflamatorio, así como la obtención de un producto herbolario con dicho efecto proveniente de una especie medicinal tabasqueña.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

11. GLOSARIO

Grupo monofilético: Es un conjunto de organismos que incluye a un ancestro común y a todos sus descendientes. Es decir, todos los miembros del grupo comparten un linaje evolutivo común y se originaron del mismo ancestro.

Pecíolos: Son la parte de la hoja que une el limbo al tallo.

Brácteas: También conocidos como hipsófilos, son las hojas que se producen en las proximidades de las flores.

Interleucinas: Pertenecen a un grupo de proteínas relacionadas que elaboran los leucocitos (glóbulos blancos) y otras células del cuerpo. La interleucina regula las respuestas inmunitarias.

Antiproteasa: Son un grupo de proteínas que inhiben a las proteasas, las cuales son enzimas que rompen las proteínas.

Medicinal tradicional: según la Organización Mundial de la Salud (OMS) se define como la progresión del conocimiento, habilidades y prácticas las cuales están basadas en teorías, creencias y experiencias de diferentes culturas.

ICR: son una cepa de ratones albinos originarios de Suiza, los cuales son utilizados para investigaciones científicas, como prueba de drogas y análisis genéticos.

12. REFERENCIAS CITADAS

- Ahmed, A. U. (2011). An Overview of inflammation: Mechanism and consequences. *Frontiers in Biology*, 6(4). <https://doi.org/10.1007/s11515-011-1123-9>
- García B. P. (2008) Inflamación. *Revista de Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 102 (1) 91-159. <https://rac.es/ficheros/doc/00681.pdf>
- Yamamoto-Furusho, J. K., Bosques-Padilla, F. J., Charúa-Guindic, L., Cortés-Espinosa, T., Miranda-Cordero, R. M., Saez, A., & Ledesma-Osorio, Y. (2020). Epidemiología, carga de la enfermedad y tendencias de tratamiento de la enfermedad inflamatoria intestinal en México. *Revista de Gastroenterología de México*, 85(3), 246-256.
- González-Costa, M., & González, A. A. P. (2019). La inflamación desde una perspectiva inmunológica: desafío a la Medicina en el siglo XXI. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 18(1), 30-44.
- Robledo, G. B. V. (2008). Inflamación. *Revista de la Facultad de Medicina UNAM*, 51(5), 220-222.
- Inflamación, H. S. (2014). macrófagos): amigos o enemigos. *Published online January*, 1.
- Cervantes-Villagrana, R. D., Cervantes-Villagrana, A. R., & Presno-Bernal, J. M. (2014). Mecanismos de señalización involucrados en la resolución de la inflamación. *Gaceta médica de México*, 150(5), 440-449.
- Barreno, P. G. (2008). Inflamación. *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 102(1), 91-160.

Franco Ospina, L. A., Castro Guerrero, J. P., Ocampo Buendía, Y. C., Pájaro Bolívar, I. B., & Díaz Castillo, F. (2013). Actividad antiinflamatoria, antioxidante y antibacteriana de dos especies del género *Tabebuia*. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 18(1), 34-46.

Hussein, S. A. A., El-Mesallamy, A., El-zaidy, M., Younes, M., & Soliman, A. M. (2023). Compuestos Bioactivos De Hojas Y Extractos De Bolas De *Gossypium Barbadense* L. y evaluación de sus actividades antioxidantes y citotóxicas. *Revista Egipcia de Química*, 66(13), 1117-1124.

Shahrajabian, M. H., Sun, W., & Cheng, Q. (2020). Considerando el oro blanco, el algodón, por su fibra, aceite de semillas, beneficios para la salud tradicionales y modernos.

Pérez Ruiz, A. A., López Mantecón, A. M., & Grau León, I. (2002). Antiinflamatorios no esteroideos (AINES): Consideraciones para su uso estomatológico. *Revista Cubana de Estomatología*, 39(2), 119-138.

Hampea rovirosae. (2016). INaturalist Mexico. <https://mexico.inaturalist.org/taxa/285489-Hampea-rovirosae>

majaguas y jonotes blancos (Género *Hampea*). (2016). INaturalist Mexico. <https://mexico.inaturalist.org/taxa/185561-Hampea>

Flora: Península de Yucatán. (2024). Cicy.mx. https://www.cicy.mx/sitios/flora%20digital/ficha_virtual.php?especie=1755

CONABIO. (2024). (*Hampea rovirosae*). EncicloVida. <https://enciclovida.mx/especies/165218>

Edwards, G. A., & Fryxell, P. A. (1981). The Karyotype of *Hampea rovirosae* Standl. *Cytologia*, 46(3), 455-458.

ROBERT, W. J., FRYXEL, P. A., & BARO, D. M. Phylogenetic analysis of the genus *Hampea* (Malvales: Malvaceae: Gossypieae). *Anales del Instituto de Biología serie Botánica*, 68(001).

Maldonado Mares, F. (2016). Manual de campo para la identificación de árboles, arbustos y palmas del Jardín Botánico Universitario "José Narciso Roviroso" y sus alrededores, en Villahermosa, Tabasco, México.

Alvarez-Quiroz, V., Caso-Barrera, L., Aliphat-Fernández, M., & Galmiche-Tejeda, Á. (2017). Plantas medicinales con propiedades frías y calientes en la cultura Zoque de Ayapa, Tabasco, México. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de plantas medicinales y aromáticas*, 16(4), 428-454.

Bell, A. A., Stipanovic, R. D., Howell, C. R., & Fryxell, P. A. (1975). Terpenoides antimicrobianos del gossio: hemigossipol, 6-metoxihemigossipol y 6-desoxihemigossipol. *Fitoquímica*, 14(1), 225-231.

Sotelo, A., Villavicencio, H., Montalvo, I., & González-Garza, M. T. (2005). Contenido de gossipol en hojas y semillas de algunas especies silvestres de Malvaceae. *Revista Africana de Medicinas Tradicionales, Complementarias y Alternativas*, 2(1), 4-12.

Mohammed, M. A., Amer, N. M., Abdallah, H. M., & Saleh, M. S. (2024). Una herramienta completa para el reciclaje de residuos vegetales de extractos de residuos agrícolas e industriales de *Gossypium barbadense* L que contienen alfiler y gossipol: efectos hepatoprotectores, antiinflamatorios y antioxidantes. *Métodos de las plantas*, 20(1), 54.

Jones, R. W. (1998). Hospederas silvestres y origen del picudo del algodnero: implicaciones para su control biológico. *Vedalia*, 5(1), 71-83.

Jones, R. W., Fryxell, P. A., & Baro, D. M. (1997). Análisis filogenético del género *Hampea* (Malvales: Malvaceae: gossypieae). *Anales del Instituto de Biología. Serie Botánica*, 68(1), 21-42.

Méndez, R. M. (Ed.). (2012). *El huerto familiar del sureste de México*. Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental el Estado de Tabasco.

Jones, R. W., Cruz-Torres, M. F., López-González, C., & Duarte-Fernández, M. A. (2018). Estado de conservación del género *Hampea* (Malvaceae: Gossypieae) en México. *Ciencias Botánicas*, 96(3), 426-442.

Bell, A. A., Stipanovic, R. D., O'Brien, D. H., & Fryxell, P. A. (1978). Sesquiterpenoid aldehyde quinones and derivatives in pigment glands of *Gossypium*. *Phytochemistry*, 17(8), 1297-1305.

Standley, P. C. (1927). The genus *Hampea*. *Journal of the Washington Academy of Sciences*, 17(15), 394-398

Fryxell, P. A. (1969). The genus *Hampea* (Malvaceae). *Brittonia*, 21, 359-396.

Chen, L., Deng, H., Cui, H., Fang, J., Zuo, Z., Deng, J., ... & Zhao, L. (2018). Inflammatory responses and inflammation-associated diseases in organs. *Oncotarget*, 9(6), 7204.

Dobova, S. V., del Pilar Torres-Arreola, L., & Reyes-Morales, H. (2006). Analgésicos antiinflamatorios no esteroideos en la terapia del dolor. Orientación para su uso en el

primer nivel de atención. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 44(6), 565-572.

Ahmed, A. U. (2011). An Overview of inflammation: Mechanism and consequences. *Frontiers in Biology*, 6(4). <https://doi.org/10.1007/s11515-011-1123-9>

García B. P. (2008) Inflamación. *Revista de Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 102 (1) 91-159. <https://rac.es/ficheros/doc/00681.pdf>

Quiroga, P. (n.d.). CAPITULO 3 CROMATOGRAFÍA EN CAPA FINA (TLC). https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/150635/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Méndez, A. M., Penieres Carrillo, J. G., & Ortega Jiménez, F. (2023). Cromatografía en Capa fina y Columna.

Skoog, D. A., Holler, F. J., & Nieman, T. A. (2001). *Principios de análisis instrumental* (Vol. 5, pp. 614-633). Madrid: McGraw-Hill.

Aguado, M. I., Torres, C. A., Vonka, C. A., & Nuñez, M. B. (2021). Evaluación preliminar de fitoquímica, actividad antibacteriana y toxicidad de Lantana camara L. (Verbenaceae). *Domínguezia*, 37(2), 29-37.

Wagner, H., & Bladt, S. (1996). *Plant drug analysis: a thin layer chromatography atlas*. Springer Science & Business Media.

Morales Mendizábal, C. D. (2011). *Caracterización fitoquímica y evaluación biológica de Solamun hartwegii (Nombre común lavaplatos)* (Doctoral dissertation, Tesis de Grado, Universidad de San Carlos De Guatemala).

Sharapin, N. (2000). *Fundamentos de tecnología de productos fitoterapéuticos* (Vol. 78). CAB.

13. ANEXOS

13.1 Participación del 5to. Congreso internacional de Química, Sustentabilidad Energética y Ambiental Dr. Mario Molina Henríquez.



Alojamiento de la Tesis en el Repositorio Digital

Título de Tesis:	ESTUDIO ANTIINFLAMATORIO CON UN ENFOQUE BIODIRIGIDO DE EXTRACTOS DE <i>Hampea rovirosae</i> Standl.
Autor(a) o autores(as) de la Tesis:	José Guadalupe Pedraza Tosca
ORCID:	José Guadalupe Pedraza Tosca [https://orcid.org/0009-0002-5063-9390]
Resumen de Tesis:	<i>Hampea rovirosae</i> Standl., es conocida comúnmente como “majahua”, y es un arbusto nativo de América del norte y Centroamérica, en específico el sureste de México y Guatemala. En la medicina tradicional mexicana se emplean las partes aéreas de esta especie como remedios auxiliares en el tratamiento de heridas, dolor de cabeza, inflamación estomacal y paperas. El presente proyecto tuvo como objetivo realizar la actividad antiinflamatoria con enfoque biodirigido de tres extractos orgánicos obtenidos de las hojas de <i>H. rovirosae</i> . Como son el hexánico (HrEH), diclorometánico (HrED) y metanólico (HrEM), así como las fracciones obtenidas de HrED (más activo) fueron evaluadas en el modelo de edema inducido por TPA en oreja de ratón a 1 mg/ oreja. Cabe destacar que HrED (62.25 %) mostró un porcentaje de inhibición de la inflamación mayor a HrEH (50.42 %) y HrEM (51.67 %), siendo la fracción más activa sometida al fraccionamiento cromatográfico en donde se obtuvo 5 fracciones (HrED-R1 a HrED-R5). La fracción HrED-R5 ejerció un 75.98 % de inhibición con el mayor efecto inclusive que HrED, mientras que

	<p>HrED-R4 (69.12 %) y HrED-R3 (70.49 %) no tuvieron diferencia significativa entre ellas, y HrED-R2, HrED-R1 las de menor efecto antiinflamatorio con 57.67 % y 40.39 % de inhibición, respectivamente. Los resultados obtenidos demostraron que el extracto de diclorometano exhibió el mayor porcentaje de inhibición con 62.25%, el cual permitió obtener 5 fracciones activas, siendo HrED-R5 (75.98%) la fracción que mostro un efecto similar con al fármaco control (indometacina). Es este estudio se demostró científicamente el uso tradicional de la especie majahua y apporto avances en investigación básica para un posible producto herbolario con efecto antiinflamatorio de una especie medicinal tabasqueña.</p>
<p>Palabras clave de Tesis:</p>	<p>Extractos, efecto antiinflamatorio, fracciones, porcentaje de inhibición, <i>Hampea rovirosae</i>.</p>
<p>Referencias citadas:</p>	<p>Las referencias citadas se encuentran en las páginas 36-41.</p>