



ESTUDIO FITOQUÍMICO PRELIMINAR DEL EXTRACTO ETANÓLICO DE LAS HOJAS DE *CEIBA AESCULIFOLIA*

Pedro Hazael Hernández López,^a Xóchitl Netzai Alba Mares,^a Cruz Alberto Hernández Ramírez
Ángel Josabad Alonso Castro,^a David Cruz Cruz,^a Clarisa Villegas Gómez^a

^aUniversidad de Guanajuato, División de Ciencias Naturales y Exactas, Campus Guanajuato,
Departamento de Química, Noria Alta S/N Guanajuato Gto. 36050, México

ph.hernandezlopez@ugto.mx

Resumen

El estudio realizado se enfoca en el análisis fitoquímico del extracto etanólico de las hojas de la planta *Ceiba aesculifolia*, conocida como Pochote, que es nativa de México y otras regiones de América Central. La investigación tiene como objetivo identificar y caracterizar los posibles metabolitos secundarios presentes en las hojas de esta planta, con el fin de establecer su potencial aplicación en la medicina tradicional mexicana y en otros campos como la farmacología, nutracéuticos y cosméticos. El interés en la investigación de las hojas de esta especie se debe a los reportes de la literatura acerca de otras especies de este género que indican la presencia de metabolitos secundarios como flavonoides, triterpenos, esteroides, entre otros. De igual forma, se han reportado estudios de metabolitos secundarios sobre la corteza y fruto. Por esto, el estudio fitoquímico preliminar de las hojas de *Ceiba aesculifolia* proporcionará la información base para realizar una amplia investigación a futuro.

Palabras clave: Metabolitos secundarios; Cromatografía en columna; Pruebas colorimétricas



PRELIMINARY PHYTOCHEMICAL STUDY OF THE ETHANOLIC EXTRACT OF *CEIBA AESCULIFOLIA* LEAVES

Abstract

The conducted study focuses on the phytochemical analysis of the ethanolic extract of the leaves of the *Ceiba aesculifolia* plant, known as Pochote, which is native to Mexico and other regions of Central America. The research aims to identify and characterize potential secondary metabolites present in the leaves of this plant, with the goal of establishing their potential applications in traditional Mexican medicine and other fields such as pharmacology, nutraceuticals, and cosmetics. The interest in researching the leaves of this species stems from literature reports on other species within the same genus, which indicate the presence of secondary metabolites such as flavonoids, triterpenes, steroids, among others. Similarly, studies on the bark or fruit of the species in question have provided similar data. Therefore, the preliminary phytochemical study of *Ceiba aesculifolia* leaves will provide the foundational information for conducting extensive future research.

Keywords: Secondary Metabolites; Column chromatography; Colorimetric tests

1. Introducción

La medicina tradicional de México es un valioso legado que ha persistido a través de los tiempos en la cultura de este país. Se apoya en saberes transmitidos de una generación a otra y en la armoniosa interacción entre el cuerpo, la mente y el espíritu. Esta forma de medicina se enriquece con las tradiciones de los pueblos indígenas, fusionando elementos

como plantas, rituales, minerales, entre otros. Para crear un enfoque único y completo hacia la salud y el bienestar. La medicina tradicional mexicana se distingue por su empleo de hierbas medicinales, técnicas de sanación, masajes y rituales sagrados que buscan restablecer el equilibrio y la armonía en el individuo (CONABIO 2017). A pesar de coexistir



con la medicina occidental moderna, sigue siendo apreciada y practicada por muchas comunidades como una forma efectiva y significativa de cuidar la salud. El análisis fitoquímico es una herramienta esencial en la investigación de plantas medicinales, ya que permite identificar y caracterizar los compuestos químicos presentes en ellas (Sotelo y col. (2022).

Dentro de la gran variedad de plantas medicinales que existen en México se encuentra la familia Malvaceae, constituyen una familia de plantas con flores que se ubican en el orden de las Malvales. Esta familia engloba aproximadamente 244 géneros y más de 2440 especies distribuidas en todo el mundo, en México, se encuentran alrededor de 55 géneros de la familia Malvaceae, que incluyen plantas como el algodón (*Gossypium*) y el hibisco. Estas plantas son comunes en zonas tropicales y subtropicales, aunque también se pueden encontrar en otros tipos de climas. Por su parte, en México se encuentra en una amplia variedad de ecosistemas, desde bosques tropicales caducifolios hasta matorrales y pastizales, sin embargo, no hay una altitud específica ya que su distribución es amplia y varía según la

especie y el ecosistema en el que se encuentran (Fryxell P. 1993).

Las características generales de las Malváceas incluyen su variabilidad en cuanto a aspecto y tamaño, ya que pueden presentarse como hierbas anuales o perennes, arbustos o incluso pequeños árboles, con dimensiones que oscilan desde plantas herbáceas de pequeño tamaño hasta árboles de gran altura. Sus hojas suelen ser alternas y simples o con lóbulos, generalmente con forma de corazón (Guía y Col. 2020).

Las características generales de la familia Malvaceae son flores típicamente grandes y llamativas, con cinco pétalos unidos que conforman una corola con forma de campana o embudo, y pueden presentar una variedad de colores como blanco, rosa, lila o amarillo. En cuanto a los frutos, pueden adoptar la forma de cápsulas, bayas o aquenios. Su tamaño puede variar desde plantas herbáceas hasta árboles de 60 pies de altura, dependiendo de la especie específica. La corteza puede variar dependiendo de si son herbáceas, arbustos o arbolillos, en general, con frecuencia presentan pelos estrellados o rígidos, por otro lado, las hojas son simples, alternas,



divididas, estipuladas, comúnmente palmatilobadas, con tres nervios principales que surgen desde la base de la lámina foliar. Además, presentan estípulas pequeñas y caducas (Peralta J. y Col. 2018).

Dentro de la familia existe numerosas especies con particularidades específicas y usos individuales (Pereira y Col. 2022).

Un ejemplo de una especie perteneciente a la familia Malvaceae es la ceiba o Pochote (*C. aesculifolia*), que es originaria de México y otras partes de América Central. Puede alcanzar alturas impresionantes de hasta 30 metros y presenta un tronco que en su etapa juvenil está cubierto de grandes espinas cónicas. Sus hojas son grandes y palmeadas, similares a las hojas de la castaña, lo que le da su nombre específico "*aesculifolia*". Durante su período de floración, la ceiba produce flores vistosas de color blanco o rosa que atraen a diferentes polinizadores, como abejas y murciélagos. Su fruto es una cápsula grande que contiene semillas rodeadas de una densa capa de fibra sedosa blanca, que se ha utilizado para rellenar colchones y para crear artesanías atractivas. Además, la ceiba tiene propiedades medicinales como:

antioxidante, antiinflamatorio o hepatoprotectora (Suastegui y Col. 2021).

La *C. aesculifolia* es una especie originaria de las zonas tropicales subhúmedas de América, y en México se encuentra en varios estados, como Sinaloa, Michoacán, Puebla, Veracruz, México, Morelos, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Yucatán y Quintana Roo.

Este árbol conocido como pochote ocupa un lugar especial en la cultura mexicana, principalmente en Puebla, siendo considerado un símbolo sagrado con un profundo significado cultural. Se asocia con conceptos de fertilidad, vida y la unión entre el cielo y la tierra, y se distingue por su imponente tamaño y su relevancia ecológica (Sáenz C. y Col. 1989). En el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, una de las zonas más ricas en diversidad biocultural en México, este árbol es parte de la vida cotidiana. Durante los primeros períodos de ocupación humana en esta región, como "El Riego" (5000-6500 a.C.), "Coxcatlán" (3500-5000) y las Fases "Abejas" (3500-2300 a.C.), las semillas del pochote, combinadas con carne de animales, constituían una parte esencial de la dieta de



los antiguos habitantes del valle (Sáenz C. y Col. 1989).

Este majestuoso árbol ha sido venerado a lo largo de los siglos debido a sus atributos medicinales y espirituales. Según las creencias tradicionales, posee propiedades curativas y está estrechamente relacionado con la conexión entre los seres humanos y lo divino, así como con la naturaleza. En el contexto de la medicina tradicional mexicana, diversas partes de la *C. aesculifolia* se emplean con fines medicinales (Orozco y Col. 2013).

Tabla 1. Usos medicinales de *Ceiba aesculifolia* por regiones en México

Región	Usos medicinales
Yucatán	La corteza se utiliza como método para tratar problemas intestinales, quemaduras o inflamaciones.
Quintana Roo	Antiguamente, el árbol del pochote era muy utilizado por las civilizaciones para tratar diversos malestares o para rituales
Puebla	En San Rafael, Coxcatlán, se utiliza para el tratamiento de diabetes, enfermedades renales, tumores, gastritis y heridas.

Chiapas, Campeche, Guerrero	Se utilizó en el pasado como relleno de almohadas y cojines, y ocasionalmente se usa como combustible
Tamaulipas, Veracruz	Los frutos tiernos y las semillas tostadas se usan para preparar guisos en algunas zonas.

El interés en realizar un análisis fitoquímico de la *Ceiba aesculifolia* se origina en la búsqueda de compuestos bioactivos que puedan tener aplicaciones potenciales en los campos farmacológicos, nutraceuticos o cosméticos. Estos compuestos pueden comprender flavonoides, terpenoides, esteroides, fenoles y otros metabolitos secundarios presentes en la planta (Muñoz y Col. 2018).

La presencia y diversidad de estos compuestos bioactivos en la *Ceiba aesculifolia* pueden estar relacionados con sus propiedades medicinales y ofrecer una base científica para validar su uso tradicional en el tratamiento de diversas enfermedades y afecciones (Tabla 1). El análisis fitoquímico de esta planta implica el uso de diversas técnicas y métodos analíticos, como la cromatografía en capa fina (TLC), la cromatografía en columna y



la espectroscopía de resonancia magnética nuclear (RMN), que permiten identificar y cuantificar los compuestos presentes en la planta.

En términos de actividad biológica, la fibra de la fruta del Pochote se emplea en la medicina tradicional para combatir infecciones bacterianas y fúngicas, con un enfoque específico en *T. mentagrophytes* y *R. lilacina* para las infecciones bacterianas, así como contra *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus* y *Vibrio cholerae* Franco B. y Col. (2016). Los fenoles encontrados en la planta pueden actuar como antioxidantes, junto con la contribución de algunos flavonoides (Zarate W. y Col. 2021). Además de las propiedades mencionadas, los diversos compuestos presentes en la planta también exhiben actividad biológica en el ámbito de enfermedades renales y tumores, así como capacidad para acelerar la cicatrización de heridas, especialmente gracias a la corteza de esta planta medicinal (Franco y Col. 2016).

Esta investigación se centrará en un análisis fitoquímico exhaustivo de la *Ceiba aesculifolia*, con el propósito de identificar y caracterizar los compuestos

químicos presentes en sus hojas maduras. Este análisis aportará información valiosa sobre la composición química de la planta, y puede servir como base para el desarrollo de nuevos productos farmacéuticos o complementos basados en sus componentes activos. En resumen, el análisis fitoquímico de la *C. aesculifolia* representa un paso significativo hacia la comprensión de sus propiedades medicinales y su posible uso terapéutico. Los resultados de este estudio podrían contribuir al desarrollo de nuevos productos naturales y a la conservación de esta valiosa planta en México y otras regiones donde se encuentra presente.

Metodología

2. Extracción de metabolitos secundarios.

El proceso de limpieza y extracción se llevó a cabo siguiendo las técnicas previamente empleadas y documentadas por nuestro equipo de investigación (Villagómez D. y Col 2023). Como resultado de este proceso, se procesaron las hojas y se obtuvo un extracto orgánico utilizando etanol, un disolvente de alta polaridad. Este extracto se utilizará en futuros ensayos biológicos. En este



artículo se proporcionará una descripción detallada de las técnicas y procedimientos esenciales para llevar a cabo un estudio fitoquímico preciso al extracto etanólico de *C. aesculifolia*.

Se llevaron a cabo diversas técnicas de laboratorio que resultaron de gran utilidad. Estas incluyeron la limpieza del material vegetal, la maceración, la preparación del punto de aplicación, el ensamblaje de una columna para cromatografía, la elección de los adsorbentes y la fase móvil adecuados, y finalmente, la aplicación de la cromatografía en placa fina. Esta última técnica nos permitió determinar la cantidad de compuestos presentes en nuestra muestra y seleccionar el tamaño apropiado de la columna. Estas metodologías resultaron esenciales para llevar a cabo nuestro estudio de manera efectiva.

2.1 Preparación del material vegetal

a) La recolección del material vegetal fue realizada en el municipio de Irapuato (Guanajuato, México), en junio de 2023, la identificación de la especie estuvo a cargo del Dr. Eleazar Carranza del herbario Isidro Palacios.

b) Se procedió a la separación de 178 gramos de material vegetal, realizando una separación entre las hojas tiernas y el ramaje.

c) Para eliminar cualquier suciedad sobrante, se empleó exclusivamente material de limpieza para pipetas, dada la fragilidad de las hojas. Se tuvo un especial cuidado en distinguir con precisión las hojas en buen estado de aquellas que mostraban signos de deterioro, con el propósito de prevenir la contaminación del extracto final.

d) Una vez que se contaron con las hojas y ramas limpias, se destinaron 100 gramos para el proceso de maceración, mientras que el remanente se conservó almacenado sin contacto con el aire y humedad para investigaciones posteriores.

2.2 Macerado

a) Se introdujeron los 100 gramos en un recipiente de vidrio ámbar con una capacidad de 2 litros, asegurando que el material quedara completamente cubierto por 1.5 litros de etanol. La mezcla fue agitada y se permitió reposar sellado a temperatura ambiente durante un período de 24 horas.



b) Posteriormente, el líquido fue recogido a través de un proceso de filtración en dos etapas. En la primera, se empleó un embudo con un revestimiento de algodón y se recolectó el líquido en un matraz de pera de 1 litro. Posteriormente, se procedió a evaporar parcialmente el solvente utilizando Rotavapor® R-100 marca BUCHI, a una temperatura de 40 °C y presión de 175 mbar.

c) Una vez completada la primera fase de filtración, se montó un embudo de vidrio poroso en un matraz de bola de 250 mililitros, cubriendo el vidrio poroso con papel filtro. Se vertió el extracto de la primera filtración en el embudo y se evaporó completamente utilizando el rotavapor mencionado anteriormente y con las mismas condiciones de temperatura y presión.

d) El etanol recuperado durante el proceso fue nuevamente depositado en la botella de vidrio y se permitió reposar durante otras 24 horas, repitiendo los procedimientos 2 y 3 hasta un máximo de 3 días. Al concluir, se obtuvo un extracto con un peso total de 5.4 gramos estableciendo en principio una relación del mismo peso por cada 100 gr de hojas secas, sin embargo, no se tomó en

cuenta el peso de los residuos al filtrar, al ser principalmente tierra afectaría a la relación de peso hoja – extracto aumentando la cantidad de este por cada 100 gramos de hojas secas.

2.3 Preparación del punto de aplicación para columna cromatográfica.

a) Del peso total del extracto se reservaron alrededor de 2.7 gramos para investigaciones posteriores, mientras que el remanente se destinó para la preparación del punto de aplicación.

b) En un mortero, se colocó el extracto previamente disuelto en un acetona y se le añadió sílice gel (SiO_2). La mezcla se homogeneizó con un inicio de agitación suave. Todo este procedimiento se llevó a cabo en la campana de extracción con el propósito de lograr una evaporación más rápida y eficiente del solvente.

c) Se pudo observar que la mezcla cambió de una consistencia inicial "chiclosa" a un polvo fino mientras se agitaba con cuidado y se envolvía completamente. Este proceso demandó una gran cantidad de tiempo, aproximadamente 5 horas y requiere de



paciencia para ser realizado de manera adecuada.

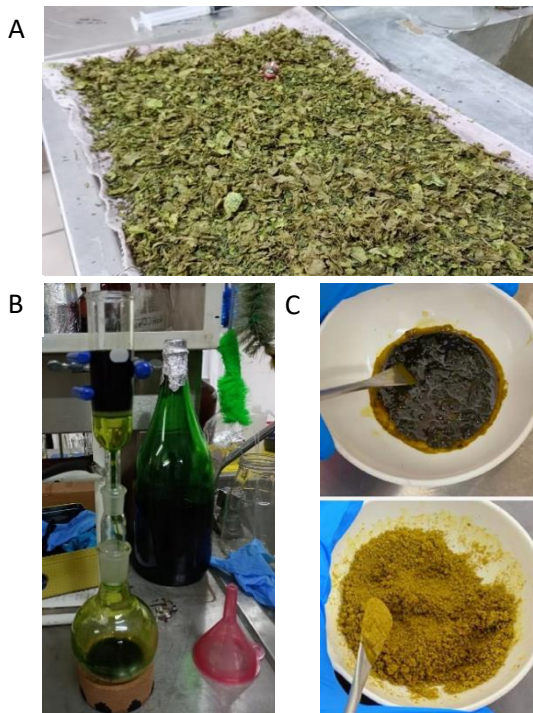


Figura 1. A. Limpieza del material vegetal. B. Filtración y macerado. C. Punto de aplicación.

2.4 Preparación de columna cromatográfica

a) Antes de dar inicio al procedimiento, es fundamental garantizar la elección de la columna cromatográfica apropiada que permita una separación efectiva de los componentes de interés. La dimensión de la columna debe ser adecuada en relación con la cantidad de muestra que se aplicará.

b) La columna de vidrio se montó utilizando pinzas metálicas fijadas en un soporte universal, manteniendo la columna en posición vertical en todo

momento. La altura de la columna debe ser suficiente para permitir la colocación de un matraz Erlenmeyer o un tubo de ensayo debajo de esta.

c) La llave en la parte inferior de la columna se cerró y, con precaución, se procedió a verter la fase estacionaria mediante el uso de un embudo. En esta ocasión, se utilizó gel de sílice como fase estacionaria.

d) Se incorporó suavemente un solvente orgánico, en este caso, 100% de hexano de alta pureza, como fase móvil. La llave se abrió para permitir que el eluyente fluyera a través de la columna, garantizando una distribución uniforme en el empaquetamiento. Este paso se repitió hasta que todo el gel de sílice en la columna quedara humedecido.

e) Es esencial evitar que la fase estacionaria se seque durante el proceso de empaquetamiento, ya que esto podría dar lugar a la formación de canales o burbujas de aire, lo que perjudicaría la separación de los compuestos.

f) Con precaución, se aplicó el punto de muestra en la parte superior de la fase estacionaria, procurando una distribución uniforme para que se adhiriera a las paredes internas de la columna. Se colocó una capa de aproximadamente 1 cm de Na_2SO_4 y 2 cm de algodón sobre el punto de aplicación, seguido de la adición de una porción de la solución eluyente utilizando una pipeta.

g) Se permitió que la columna continuara su proceso de elución y, de esta manera, se procedió a recolectar fracciones de alrededor de 50 mL. Con solventes



orgánicos como hexano y acetato de etilo en diferentes proporciones.

h) Se supervisó cada fracción mediante cromatografía en capa fina, también este fue el criterio usado para el cambio de polaridad en el solvente. Es fundamental destacar que los metabolitos secundarios de interés se encuentran en cada una de las fracciones recolectadas.

2.5 Cromatografía en placa fina

Se optó por el uso de cromatografía en placa fina para el monitoreo de la columna cromatográfica con la siguiente metodología:

a) Se emplearon placas comerciales de sílice gel con base de aluminio y capacidad para revelación mediante luz ultravioleta (UV).

b) Se efectuó una verificación minuciosa de la limpieza de las placas; en caso de detectarse impurezas, se procedió a su cuidadosa limpieza utilizando un solvente de alta polaridad con el objetivo de concentrar los residuos en la parte superior de la placa y garantizar que el resto de esta estuviera en un estado "limpio".

c) La muestra destinada al análisis se aplicó sobre la placa manteniendo una distancia mínima de 0.5 centímetros desde el borde inferior y los bordes laterales. Se realizó la aplicación tocando la placa con la punta de una pipeta que contenía la muestra, permitiendo la evaporación del solvente entre cada aplicación. Esto tenía como fin concentrar el punto de muestra y asegurarse de que la mancha resultante no superara un diámetro de 3 milímetros.

d) Se procedió con el desarrollo o corrida de las placas mediante el uso de una cámara cromatográfica de vidrio. Se añadió una mezcla de solventes Hexano – Acetato de etilo (con la misma relación que la columna) en el fondo de la cámara, asegurándose de que el nivel del solvente no entrara en contacto con los puntos de aplicación. La placa se posicionó verticalmente, lo que permitió que el solvente ascendiera por capilaridad hasta aproximadamente 3 milímetros del borde superior de la placa.

e) Posteriormente, se retiró la placa de la cámara y se esperó a que el solvente se evaporara por completo.

f) Por último, las placas se sometieron a la exposición a una lámpara UV de onda corta (240-260 nanómetros) y onda larga (360 nanómetros) para llevar a cabo su análisis e interpretación.

2.6 Agrupación de fracciones

a) Después de llevar a cabo de manera efectiva la elución de la columna se procedió a realizar un seguimiento de las fracciones obtenidas mediante cromatografía en capa fina. Esta acción posibilitó la identificación de las fracciones que mostraban semejanza con relación a su perfil observado en las placas.

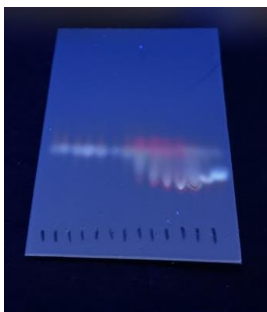
b) Basándonos en los resultados previos, se determinó la cantidad de fracciones a combinar, y a continuación, se procedió a eliminar el solvente. Para lograrlo, se transfirieron las fracciones a un matraz de fondo redondo, llenándolo hasta un máximo de la mitad de su capacidad.



c) La eliminación del solvente se realizó utilizando el Rotavapor® R-100 marca BUCHI, a una temperatura de 40 °C y presión inicial de 335 mbar hasta 240 mbar.

d) Una vez que el solvente se evaporó por completo, la muestra se retiró, se pesó, etiquetó y se almacenó en refrigeración hasta su próximo uso.

A



B



C

Figura 2. A. Columna cromatográfica en diferentes etapas. B. Monitoreo con cromatografía en placa fina. C. Agrupación de fracciones.

Durante la primera etapa de la cromatografía, se empleó un solvente orgánico de menor polaridad, como el hexano, seguido por una mezcla de

hexano/acetato de etilo en una proporción de 9:1. Un considerable número de estas fracciones se eluyeron de la columna utilizando una combinación de disolventes hexano/acetato de etilo en una proporción de 8:2, lo que sugiere que los componentes aislados en las primeras fracciones poseían características de baja polaridad. Luego, se cambió la composición de la fase móvil a una solución hexano/acetato de etilo en una proporción de 7:3, continuando con la recuperación de otra cantidad significativa de muestras. La naturaleza de la fase móvil fue modificada para arrastrar los compuestos más polares presentes en la columna, llegando finalmente a una polaridad de eluyente de 1:1 hexano/acetato de etilo con el objetivo de recuperar la mayor cantidad posible de compuestos de la muestra.

3. Pruebas colorimétricas

Se separaron aproximadamente 100 mg de extracto para realizar las pruebas colorimétricas con el fin de obtener resultados cualitativos de los posibles metabolitos secundarios que posee las hojas de *C. aesculifolia*. Para la selección de pruebas se realizó una búsqueda bibliográfica extensa analizando diferentes metodologías y consultando referencias para corroborar los procedimientos.

Las pruebas seleccionadas fueron Shinoda para flavonoides, Liebermann- Burchard para triterpenos y esteroides, Prueba de Baeyer para identificar enlaces etilénicos y acetilénicos y la prueba de espuma para saponinas.



Tabla 2. Prueba de Shinoda

Reactivos	Procedimiento
0.5 mL. de HCl al 10%	Se trata de 1 mg de muestra con 0.5 mL. de ácido clorhídrico al 10% agregándose luego una limadura de magnesio, produciéndose una reacción exotérmica desarrollándose un color que va del rojo pálido al rojo oscuro (Usman H. y Col. 2009).
1 tira de Mg	
Muestra problema	

color púrpura del KMnO_4 ; la prueba es positiva para la decoloración en la solución de permanganato (Nichols L. 2007).

Tabla 3. Prueba de Liebermann- Burchard

Reactivos	Procedimiento
Gotas de H_2SO_4 conc.	Se mezcla 1 mL. de anhídrido acético y 1 mL. de cloroformo, se enfría a 0°C y se le añade 5 gotas de ácido sulfúrico concentrado. Una porción de este reactivo se pone en contacto con la muestra problema, la prueba es positiva para esteres cuando hay formación de colores azul, rojo o naranja (Kwsi J. y col. 2019).
1 mL. de $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3$	
1 mL. de CHCl_3	
Muestra problema	

Tabla 4. Prueba de Baeyer

Reactivos	Procedimiento
Permanganato de potasio.	Prueba de KMnO_4 0.1 g o 0.2 ml del compuesto se disuelven en 2 ml de agua o etanol, se añade una solución KMnO_4 al 2% gota a gota con agitación, hasta que persista el
Etanol o agua	
Muestra problema	

Tabla 5. Prueba de espuma

Reactivos	Procedimiento
Agua	Colocar 1 ml de muestra en un tubo de ensaye, se agrega agua caliente y se agita vigorosamente, si hay formación de espuma abundante y estable es prueba positiva para saponinas (Villagómez D. y Col. 2023).
Muestra problema	

Resultados

Cromatografía en columna y en placa fina

Se colectaron un total de 303 fracciones., posteriormente, se llevó a cabo una cromatografía en capa fina (TLC) y, a partir de los resultados obtenidos en las placas, se determinó la similitud entre los compuestos presentes. Como resultado de esta evaluación, se agruparon las fracciones que mostraron similitud, culminando en la obtención de un total de 23 fracciones.

Los RF correspondientes a las manchas o productos más significativos son:



Tabla 6. Principales RF observados en placa cromatográfica.

RF
0.1
0.125
0.275
0.3
0.325
0.35
0.375

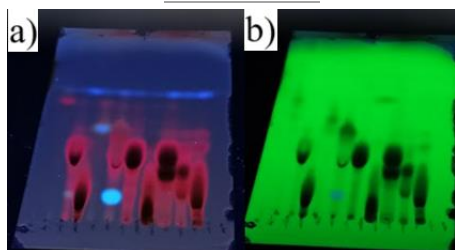


Figura 3. Placa cromatográfica observada con lampara UV de las fracciones principales, a) Onda larga (254 nm), b) Onda corta (365 nm).

Pruebas colorimétricas

Las pruebas colorimétricas para identificar metabolitos secundarios se basan en la reacción particular de estos compuestos con reactivos específicos, dando lugar a la formación de productos coloreados. La aparición de color se interpreta como un resultado positivo, lo que señala la presencia del compuesto analizado, mientras que la ausencia de cambio de color indica que el compuesto no está presente.

Tabla 7. Resultados de pruebas colorimétricas.

Prueba	Metabolito por identificar	Resultado
Shinoda	Flavonoides	+

Liebermann - Burchard	Triterpenos y esteroides	+++
Baeyer	Compuestos con enlaces etilénicos y acetilénicos.	++
Espuma	Saponinas	-

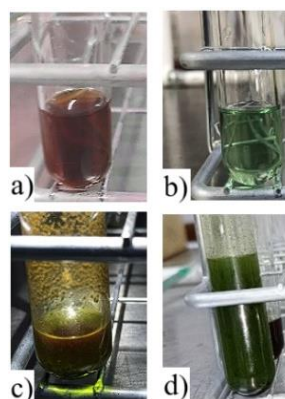


Figura 4. a) Resultado positivo: Shinoda, b) Resultado positivo: prueba de Liebermann – Burchard, c) Resultado positivo: prueba de Baeyer, d) Resultado negativo: prueba de espuma.

Siguiendo la información proporcionada en la Tabla 6, las pruebas efectuadas con el propósito de identificar metabolitos secundarios arrojaron resultados positivos para flavonoides, triterpenos o esteroides, así como compuestos que poseen enlaces etilénicos y acetilénicos. No obstante, en el caso de las saponinas, se obtuvo un resultado negativo en todas las ocasiones.

Conclusiones

A lo largo de todo el proceso de extracción y análisis, fue posible plantear una serie de posibles metabolitos secundarios en función de sus características visuales,



polaridad e incluso por su coloración. Estos metabolitos pueden ser flavonoides, importantes por su actividad antioxidante, hepatoprotectora y antibacterial (Kumar S. y Col. 2013); también la presencia de triterpenos o esteroides con posible actividad biológica como regulación del metabolismo, inmunosupresor o antiinflamatorios (Costa S. y Col. 2022); por último, los compuestos con enlaces etilénicos o acetilénicos que pueden poseer actividad biológica antitumoral, antibacterial, antifúngica o antimicrobial (Kuklev D. y Col. 2013).

Las posibles actividades biológicas de los metabolitos mencionados anteriormente coinciden con los usos de la especie en la medicina tradicional, esto da un buen panorama a futuro para la identificación precisa de los metabolitos y el estudio de su actividad biológica específica.

Sin embargo, para obtener una confirmación precisa de los metabolitos presentes en el Pochote, se requieren técnicas adicionales de separación y purificación, lo que permitiría aislar cada uno de estos compuestos de manera individual.

Este trabajo ha destacado la importancia de seguir cada uno de los pasos del proceso, desde el cuidadoso manejo de la especie vegetal desde el principio, con el fin de evitar posibles contaminaciones en futuros extractos, hasta el mantenimiento de un control riguroso de todas las fracciones para asegurar su correcta separación y análisis.

Por lo anterior mencionado se continuará trabajando en este proyecto, haciendo uso

de diversas técnicas físicas y químicas para la identificación estructural de los metabolitos secundarios de esta especie, además de su evaluación biológica ya que los resultados obtenidos principalmente en las pruebas colorimétricas proporcionaron un buen panorama en el estudio fitoquímico de esta especie, al corroborar la presencia de compuestos esperados acorde a los usos tradicionales de la planta.

Referencias

CONABIO. (2017). Medicinal | Biodiversidad Mexicana. Biodiversidad Mexicana.

<https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/medicinal>

Costa, S., Tedeschi, P., Ferraro, L., Beggato, S., Alessandro Grandini, Manfredini, S., Buzzi, R., Sacchetti, G., & Valacchi, G. (2022). Biological activity of new bioactive steroids deriving from biotransformation of cortisone. *Microbial Cell Factories*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s12934-022-01967-2>

Díaz Villagómez, D. G., Efraín Hernández Ramírez, R., Cruz Cruz, D., & Villegas Gómez, C. (2023). Análisis fitoquímico: Una visión integral de los métodos de extracción de productos naturales. *Naturaleza y Tecnología, enero abril 2023, ISSN 2007-672X, Universidad de Guanajuato.*

Franco, B. M., Jiménez-Estrada, M., Hernández-Hernández, A. B., Hernández, L. B., Rosas-López, R., Durán, A., & Canales-Martínez, M. (2016). Actividad antimicrobiana de la fibra producida por "pochote" *Ceiba aesculifolia* subsp.



parvifolia. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 13(3), 44-53.

Guía-Ramírez, S., Salgado, T. M., Bolado, S., Yáñez-Espinosa, L., & J. Daniel Tejero-Díez. (2020). Desarrollo de la corteza: Estudio comparativo en dos especies de *Ceiba* (Malvaceae), 128. <https://doi.org/10.21829/abm128.2021.1781>

Joseph Kwasi Adu, Dzidzor, C., Naomi Chounbayor Kabiri, Orman, E., Abla, S., & Bernice Korkor Okrah. (2019). Validation of a Simple and Robust Liebermann–Burchard Colorimetric Method for the Assay of Cholesterol in Selected Milk Products in Ghana. *International Journal of Food Science*, 2019, 1–7. <https://doi.org/10.1155/2019/9045938>

Kuklev, D. V., Domb, A. J., & Dembitsky, V. M. (2013). Bioactive acetylenic metabolites. *Phytomedicine*, 20(13), 1145–1159. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2013.06.009>

Kumar, S., & Pandey, A. K. (2013). Chemistry and Biological Activities of Flavonoids: An Overview. *The Scientific World Journal*, 2013, 1–16. <https://doi.org/10.1155/2013/162750>

Medicinal use of pochote (2019). Surviving Mexico. <https://survivingmexico.com/tag/medicinal-use-of-pochote/>

Muñoz-Cázares, N., Aguilar-Rodríguez, S., García-Contreras, R., Soto-Hernández, M., Martínez-Vázquez, M., Palma-

Tenango, M., Prado-Galbarro, F. J., & Castillo-Juárez, I. (2018). Tamizaje fitoquímico y propiedades antivirulentas de extractos y fracciones de corteza de *Ceiba pentandra* y *Ceiba aesculifolia* (Malvaceae). *Botanical Sciences*, 96(3), 415–425.

<https://doi.org/10.17129/botsci.1902>

Nichols L. (2017, November 20). Individual tests. Chemistry LibreTexts. [https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Organic_Chemistry/Organic_Chemistry_Lab_Techniques_\(Nichols\)/06%3A_Miscellaneous_Techniques/6.04%3A_Chemical_Tests/6.4D%3A_Individual_Tests](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Organic_Chemistry/Organic_Chemistry_Lab_Techniques_(Nichols)/06%3A_Miscellaneous_Techniques/6.04%3A_Chemical_Tests/6.4D%3A_Individual_Tests)

Orozco, J., Rodríguez-Monroy, M. A., Martínez, K. E., Flores, C. M., Jiménez-Estrada, M., Duran, A., & Canales, M. (2013). Evaluación de algunas propiedades medicinales de *Ceiba aesculifolia* subsp. *parvifolia*. *Journal of Medicinal Plants Research*, 7(7), 309-314.

Peralta J. & Mercedes H. (2018) Flora arvense de Navarra. Universidad Pública de Navarra. https://www.researchgate.net/profile/Javier-Peralta-De-Andres/publication/350483245_Flora_arvense_de_Navarra/links/6145bea6a3df59440b94dff6/Flora-arvense-de-Navarra.pdf

Saenz C. & Luna R. (1989) Simposio agroforestal en México sistemas y métodos de uso múltiple del suelo: Ecología poblacional, uso y propagación del árbol pochote. Universidad Autónoma de Nuevo León, México. http://cdigital.dgb.uanl.mx/la/1020082492/1020082492_MA.PDF



Suastegui-Baylón, L., Salazar, R., Maldonado-Astudillo, Y. I., Ramírez-Sucre, M. O., Arámbula-Villa, G., Flores-Casamayor, V., & Jiménez-Hernández, J. (2021). Caracterización física, química y reológica de tubérculos y almidón de *Ceiba aesculifolia* subsp. *parvifolia*. *Molecules*, 26(7).
<https://doi.org/10.3390/molecules26072097>

Usman H, Abdulrahman, FI y Usman, A. (2009) Qualitative phytochemical screening and in vitro antimicrobial effects

of methanol stem bark extract of *Ficus thonningii* (Moraceae). *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, Vol. 6, No. 3, 2009, pp. 275-280.
<https://www.bioline.org.br/request?tc09039#:~:text=Shinoda's%20test%20for%20flavonoids%3A%20About,Trease%20and%20Evans%2C%202002.>