



UNIVERSIDAD MICHOCANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE QUÍMICO FARMACOBIOLOGÍA

TÍTULO DE LA TESIS:

“CARACTERIZACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN DEL EXTRACTO ALCOHÓLICO DE
LA CORTEZA DE *Swietenia humilis* Zucc.”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE QUÍMICO FARMACOBIOLOGO

PRESENTADO POR:

p.Q.F.B. LEONEL SANTANA HERNÁNDEZ

ASESOR

M. C. MA. ALFA GARCÍA CALDERÓN

MORELIA, MICHOCÁN.

ENERO, 2012.



El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de Tecnología Farmacéutica y en el Laboratorio de Farmacia de la Facultad de Químico Farmacobiología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo bajo la dirección de M.C. María Alfa García Calderón.

DEDICATORIA

QUIERO DEDICAR ESTE TRABAJO A MI FAMILIA
QUE ESTUVO APOYÁNDOME TODO EL TIEMPO, BRINDÁNDOME SU
PACIENCIA EN LOS MOMENTOS MÁS DIFÍCILES.

NATA

JENNY

LUZ

RAÚL

DIEGO

PAULA

GRACIAS A TODOS POR ESTAR A MI LADO
PERO SOBRE TODO A TI MAMI QUE ME CUIDAS
TE QUIERO MUCHO.

PD.

TQM R.S.M.

PORQUE A PESAR DE TODO, JAMÁS TE DEJASTE VENCER.

AGRADECIMIENTOS

Solo me resta agradecer a

La Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo,
al Laboratorio de Tecnología Farmacéutica,
al Laboratorio de Farmacia
de la Facultad de Químico Farmacobiología,
por todo lo que me dejaron aprender mientras estuve ahí.

A la M.C. María Alfa García Calderón
que con su apoyo y paciencia logramos terminar este proyecto.

A mis colegas
Q.F.B. Griselda Pérez Ordaz
Q.F.B. Elvira Ramos López
M.C. Flora María Cabrera Matías
que sin su ayuda jamás hubiera logrado llegar tan lejos

Y por ultimo
A quienes de una u otra forma intervinieron para lograr terminar este Proyecto

... prometo llegar muy lejos!!, mas allá de lo imposible, sin olvidar lo que eh dejado
atrás.

GRACIAS

CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
CONTENIDO	v
ABREVIATURAS	ix
FÓRMULAS.....	ix
Índice de Tablas y Figuras.....	x
RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN	3
1.1. GENERALIDADES DE <i>Swietenia humilis</i> Zucc.....	3
1.1.1. Descripción Taxonómica.....	3
1.1.2. Nombre Común.....	3
1.1.3. Hábitat y Distribución Geográfica.....	3
1.1.4. Características de la Familia Meliaceae	4
1.1.5. Características del Género <i>Swietenia</i>	4
1.1.6. Descripción de la Especie.....	5
1.1.7. Historia.....	6
1.1.8. Usos Etnobotánicos	6
1.1.9. Actividad Biológica Reportada	7
1.2. GENERALIDADES DEL METABOLISMO SECUNDARIO	8
1.2.1. Funciones de los metabolitos.....	11
1.3. METABOLITOS SECUNDARIOS DE LAS PLANTAS.....	12
1.3.1. Alcaloides	12
1.3.2. Flavonoides y Antocianinas	13
1.3.3. Coumarinas.....	13
1.3.4. Quinonas	14
1.3.4.1. Benzoquinonas.....	15
1.3.4.2. Naftoquinonas	15
1.3.4.3. Antraquinonas	15
1.3.4.4. Fenantraquinonas	15
1.3.4.5. Antracilinas	15

1.3.5.	Antraquinonas y Derivados Antracénicos.	15
1.3.6.	Sesquiterpenolactonas	16
1.3.7.	Taninos	17
1.3.7.1.	Taninos Hidrolizables	17
1.3.7.2.	Taninos Condensados	17
1.3.8.	Esteroides o Triterpenoides	18
1.3.9.	Saponinas	19
1.3.9.1.	Saponinas Esteroídica	19
1.3.9.2.	Saponinas Triterpénicas.....	19
1.3.10.	Heterósidos Cardiotónicos.....	21
1.3.10.1.	Cardenólidos	21
1.3.10.2.	Bufadienólidos o bufanólidos.....	22
1.4.	MÉTODOS GENERALES DE ANÁLISIS	22
1.4.1.	Materia Extraña. MGA – FH 0030.....	22
1.4.2.	Examen Visual e Inspección Microscópica. MGA – FH 0040.	23
1.4.3.	Determinación de Cenizas MGA – FH 0060.	24
1.4.4.	Material Extraíble MGA – FH 0070	25
2.	JUSTIFICACIÓN	26
3.	HIPÓTESIS.....	28
4.	OBJETIVOS.....	29
4.1.	OBJETIVO GENERAL.....	29
4.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	29
5.	MATERIAL Y MÉTODOS.....	30
5.1.	MATERIALES.....	30
5.1.1.	Materiales de campo para la recolección del material vegetal.....	30
5.1.2.	Instrumentos de Laboratorio para la Identificación Botánica	30
5.1.3.	Reactivos y Solventes.....	31
5.1.4.	Aparatos e Instrumentos en General.	32
5.2.	MÉTODOS	33
5.2.1.	Examen Visual e Inspección.....	33
5.2.1.1.	Examen Visual	33

5.2.1.2.	Color.....	33
5.2.1.3.	Características de Superficie, Textura y Fractura	33
5.2.1.4.	Olor	33
5.2.2.	Materia Extraña.....	34
5.2.2.1.	Materia extraña en plantas medicinales enteras o en trozos.....	34
5.2.3.	Determinación de Cenizas.....	34
5.2.3.1.	Cenizas totales.....	34
5.2.3.2.	Cenizas insolubles en ácido	35
5.2.3.3.	Cenizas solubles en agua	35
5.2.4.	Material Extraíble	35
5.2.4.1.	Maceración en frío.....	35
5.2.5.	Determinación de humedad	36
5.2.6.	Pruebas preliminares y Metodología sobre reacciones Fitoquímicas ...	37
5.2.6.1.	Identificación de Alcaloides	37
5.2.6.1.1.	Ensayo de Dragendorff:	37
5.2.6.1.2.	Ensayo de Mayer's:.....	37
5.2.6.1.3.	Ensayo de Wagner:.....	38
5.2.6.2.	Identificación de Triterpenos y Esteroides.....	38
5.2.6.2.1.	Ensayo de Lieberman – Burchard:	38
5.2.6.2.2.	Ensayo de Solkowski:	39
5.2.6.2.3.	Ensayo de Rosehmein:	39
5.2.6.2.4.	Ensayo con ácido tricloroacético:.....	40
5.2.6.3.	Identificación de Quinonas	40
5.2.6.3.1.	Ensayo de Borntrager:	40
5.2.6.3.2.	Variante:.....	40
5.2.6.4.	Identificación de Coumarinas	41
5.2.6.4.1.	Ensayo de Baljet:	41
5.2.6.4.2.	Ensayo de Legal:.....	41
5.2.6.5.	Identificación de Saponinas.....	41
5.2.6.5.1.	Ensayo de espuma:.....	42
5.2.6.5.2.	Ensayo de Rosenthaler:	42

5.2.6.6.	Identificación de Fenoles y Taninos	42
5.2.6.6.1.	Ensayo de Cloruro Férrico:	42
5.2.6.6.2.	Ensayo de gelatina:	43
5.2.6.7.	Identificación de Glicósidos Cardiotónicos	43
5.2.6.7.1.	Ensayo de Kedde:	43
5.2.6.7.2.	Ensayo de Raymond:	43
5.2.6.8.	Identificación de Flavonoides	44
5.2.6.8.1.	Ensayo de Shinoda:	44
5.2.6.8.2.	Ensayo de álcalis:	44
5.2.6.8.3.	Ensayo de Rosemhein:	45
5.2.6.8.4.	Ensayo de catequinas:	45
6.	RESULTADOS.....	46
7.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	64
8.	CONCLUSIONES	66
9.	PERSPECTIVAS	67
10.	ANEXOS.....	68
10.1.	Anexo 1.....	68
10.2.	Anexo 2	68
10.3.	Anexo 3.....	70
10.4.	Anexo 4.....	70
10.5.	Anexo 5.....	72
11.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73

ABREVIATURAS

B.M.	Baño maría
g	gramos
MGA – FH.	Método General de Análisis – Farmacopea Herbolaria
ml.	mililitro
msnm	Metro sobre el nivel del mar
pK _b .	Constante de disociación
UV	Luz ultravioleta

FÓRMULAS

CCl ₃ – CO ₂ H	Ácido tricloroacético
FeCl ₃	Cloruro férrico
H ₂ SO ₄	Ácido sulfúrico
HCCl ₃	Cloroformo
HCl	Ácido clorhídrico
KI	Yoduro de potasio.
KOH	Hidróxido de potasio
NaCl	Cloruro de sodio
NaOH	Hidróxido de sodio.
NH ₄ OH	Hidróxido de amonio

Índice de Tablas y Figuras

Tabla 5.1 Ensayos Preliminares para la determinación de alcaloides.....	37
Tabla 5.2 Ensayos Preliminares para la determinación de Triterpenos y Ester.....	38
Tabla 5.3 Ensayos Preliminares para la determinación de Quinonas	40
Tabla 5.4 Ensayos preliminares para determinar Coumarinas	41
Tabla 5.5 Ensayos preliminares para determinación de Saponinas	41
Tabla 5.6 Ensayos preliminares para la determinación de Fenoles y Taninos	42
Tabla 5.7 Ensayos para determinación de Glicósidos Card.	43
Tabla 5.8 Ensayos preliminares para la determinación de Flavonoides	44
Tabla 6.1.1 Identificación de Alcaloides	49
Tabla 6.1.2 Identificación de Triterpenos y Esteroides	49
Tabla 6.1.3 Identificación de Quinonas	49
Tabla 6.1.4 Identificación de Coumarinas	49
Tabla 6.1.5 Identificación de Saponinas.....	50
Tabla 6.1.6 Identificación de Fenoles y Taninos.....	50
Tabla 6.1.7 Identificación de Glicósidos Cardiotónicos	50
Tabla 6.1.8 Identificación de Flavonoides	50
Tabla 6.2.1 Identificación de Alcaloides	51
Tabla 6.2.2 Identificación de Triterpenos y Esteroides	51
Tabla 6.2.3 Identificación de quinonas	51
Tabla 6.2.4 Identificación de Coumarinas	51
Tabla 6.2.5 Identificación de Saponinas.....	52
Tabla 6.2.6 Identificación de Fenoles y Taninos.....	52
Tabla 6.2.7 Identificación de Glicósidos Cardiotónicos	52
Tabla 6.2.8 Identificación de Flavonoides	52
Tabla 7.1 Resultados de las pruebas preliminares.....	64
Tabla 7.2 Resultados de las pruebas preliminares.....	65

Figura 1.1 Distribución natural de las especies de caoba con mayor importancia en América	4
Figura 1.2 Árbol de <i>Swietenia humilis</i> Zucc.....	6
Figura 1.3 Biosíntesis de Metabolitos Vegetales (Domínguez, 1973)	10
Figura 6.1 Ejemplar Botánico Identificado	46
Figura 6.2 Cromatografía Alcaloides	53
Figura 6.2.1 Cromatografía Alcaloides + Dragendorff	53
Figura 6.2.2 Cromatografía Alcaloides + Revelador + Luz UV	54
Figura 6.3 Cromatografía Flavonoides	54
Figura 6.3.1 Cromatografía Flavonoides + Revelador	55
Figura 6.3.2 Cromatografía Flavonoides + Revelador + Luz UV	55
Figura 6.4 Cromatografía Coumarinas	56
Figura 6.4.1 Cromatografía Coumarinas + Revelador	56
Figura 6.4.2 Cromatografía Coumarinas + Revelador + Luz UV	57
Figura 6.4.3 Cromatografía Coumarinas (S.S.)	57
Figura 6.4.4 Cromatografía Coumarinas (S.S.) + Revelador	58
Figura 6.4.5 Cromatografía Coumarinas (S.S.) + Revelador + Luz UV	58
Figura 6.5 Cromatografía Glicósidos Cardiotónicos	59
Figura 6.5.1 Cromatografía Glicósidos Cardiacos + Revelador	59
Figura 6.5.2 Cromatografía Glicósidos Cardiotónicos	60
Figura 6.6 Cromatografía Principios amargos	60
Figura 6.6.1 Cromatografía Principios amargos + Luz UV	61
Figura 6.6.2 Cromatografía Principios amargos + (Vainillina:Ácido sulfúrico)	61
Figura 6.7 Cromatografía Derivados Antracénicos	62
Figura 6.8 Columna cromatografica	63
Figura 6.9.1 Colecta de la especie botánica a analizar, en la localidad de Nuevo Coróndiro, Municipio de Múgica ubicado en el Estado de Michoacán.	68
Figura 6.9.2 Identificación de la especie <i>Swietenia humilis</i> Zucc.	69
Figura 6.9.3 Ejemplar de la especie <i>Swietenia humilis</i> Zucc.	69
Figura 8.1 Espectro IR. Fracción 16	72
Figura 8.2 Espectro IR. Fracción 24	72

RESUMEN

Desde tiempos remotos las plantas han sido un recurso al alcance del ser humano, mismas que ha usado para su alimentación, prevención e incluso para el tratamiento de sus enfermedades, estas especies son las llamadas plantas medicinales, reconocidas por sus propiedades curativas que se han transmitido de generación en generación.

En la actualidad cientos de plantas son utilizadas como medicina alternativa, la investigación científica, analiza y estudia sus efectos terapéuticos tratando de precisar, comparar y clasificar sus diversas propiedades, con el fin de clasificar las plantas con efectos similares o mediante un principio activo en común, conocer dichos principios activos responsables de la cura de enfermedades, y de esta forma determinar sus estructuras químicas y procurar su síntesis (Lock 1994).

Así como México, El Estado de Michoacán cuenta con una gran variedad de plantas que poseen propiedades farmacológicas con fines terapéuticos, las cuales pueden ser utilizadas para la elaboración de extractos, mediante extracción, aislamiento, purificación de sustancias naturales y su estandarización que nos permitirá una mejor caracterización analítica de estos compuestos.

El extracto que se evaluó de acuerdo a los parámetros de la Farmacopea Herbolaria de los Estados Unidos Mexicanos es el de corteza de *Swietenia humilis* Zucc., los resultados obtenidos fueron los siguientes: 18.7 % de cenizas totales, no más de 1.5 % de cenizas insolubles en ácido, 0.15 % cenizas solubles en agua, no más del 2.0 % de materia extraña, de entre 5.7% y 5.9 % de material extraíble, y se debe conservar a temperatura ambiente, en envases cerrados, sacos o costales protegidos de la luz y la humedad. Presentar una coloración rojiza en la parte interna de la corteza, tornándose obscura en la parte externa, en apariencia rugosa, leñosa y con nudos, con un olor sui generis.

Se comprobó la presencia de los siguientes metabolitos secundarios: Flavonoides, Glicósidos cardiotónicos, Fenoles, Taninos, Saponinas, Coumarinas y

Triterpenos presentes en la corteza; Flavonoides, Glicósidos cardiotónicos, Fenoles, Taninos, Saponinas, Coumarinas, Triterpenos presentes en las hojas.

Los resultados de la cromatografía en columna fueron: obtuvimos los espectros de IR de los compuestos cristalizados y podemos concluir que el espectro de la fracción 16 (ver Anexo 5, Figura 8.1) tiene señales características de Grupo alquilo (202), presencia de un grupo amino o grupo hidroxilo (402), posible compuesto alifático, éster de ácido carboxílico (1401, 1402), ácido carboxílico sustituido con hidroxilo (1416) Compuesto carbonilo (4905) Posible éster o cetona (4925) y el espectro de la fracción 24 (ver Anexo 5, Figura 8.2) presenta señales características de grupo alquilo (201), compuesto aromático - posiblemente 1,2-sustituidos (265), compuesto aromático - posiblemente hidroxilo o amino sustituido (270), compuesto carboxílico - posiblemente éster o cetona (4925) generando posiblemente la estructura de una coumarina.

Por parte de la especie *Swietenia humilis* Zucc., no está ampliamente estudiado, siendo el objetivo del presente trabajo de tesis la elaboración y estandarización del extracto alcohólico corteza de *Swietenia humilis* Zucc., ya que cuenta con prestigio medicinal, por su amplia utilización en la etnomedicina como remedio para distintas enfermedades, presentando una gran complejidad tanto desde el punto de vista botánico como químico.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. GENERALIDADES DE *Swietenia humilis* Zucc.

1.1.1. Descripción Taxonómica

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Rosidae

Orden: Sapindales

Familia: Meliaceae

Género: *Swietenia*

Nombre Científico: *Swietenia humilis* Zucc.

1.1.2. Nombre Común

Caoba Costa Rica.^{14, 22} Chiapas (México).¹⁹ Guatemala,²² Honduras,²² Nicaragua;²² **Cóbano** (Guerrero, Michoacán, Oaxaca),^{19, 1} (Guatemala, Honduras, Nicaragua);²² **Zapatón** (Guatemala),^{14, 22} **Venadillo**, **Caobilla**, **Gateado**, **Zopilote**,²² **Palo de Zopilohuite**, **Palo Zopilote** (México);^{14, 1} **Caobilla** (República Dominicana);¹⁴ **Flor de Venadillo** (Tepic);^{14, 1} **Gateado** (Oaxaca);¹⁹ Guerrero: **Zopilopatli**.¹ Michoacán: **Zoplocoahuit**.¹ Oaxaca: **Kiniam**, **tsontendo kind**;¹ **Caobach**, **Maha-gonibaum**, **Guayach**, **Ma-bu**,³⁵ **Mahogany**, **Mova**, **Palo de zopilote**,²⁵ **Combilla** (Honduras).²⁴

1.1.3. Hábitat y Distribución Geográfica

Originario de México, en la vertiente del pacífico de Sinaloa a Chiapas. Habita en clima cálido, semicálido y templado, entre los 200 y los 1400 msnm.¹ Se extiende desde México, Colombia, Costa Rica y en las islas del Caribe, Brasil, Bolivia, existiendo cultivos alrededor de todo el trópico, por lo general es un árbol silvestre asociada a terrenos de cultivo, de riego y de temporal; manglar, bosques tropicales

caducifolio, sub-caducifolio y sub-perennifolio, bosques mesófilos de montaña, de encino, de pino y mixto de pino-encino.¹



Figura 1.1 Distribución natural de las especies de caoba con mayor importancia en América

FUENTE: BAUER Y FRANCIS (1998)

1.1.4. Características de la Familia Meliaceae

La familia Meliaceae se encuentra distribuida en América, África y Asia e incluye cerca de 50 géneros y 1000 especies. En los neo-trópicos se han descrito ocho géneros: *Cabralea*, *Carapa*, *Cedrela*, *Guarea*, *Ruegea*, *Schmardea*, *Swietenia* y *Trichilia*, siendo *Swietenia* y *Cedrela* los géneros más importantes desde el punto de vista forestal.²³ La mayoría de especies se encuentran en los neo-trópicos al sur de Florida y el Caribe así como México, en América Central se le puede encontrar al sur de Bolivia, Brasil y de Paraguay.⁹

1.1.5. Características del Género *Swietenia*

El género *Swietenia* presenta tres especies: *S. mahogani* Jacq., *S. macrophylla* King., *S. humilis* Zucc., y dos híbridos naturales, uno producto de la cruce de *S.*

macrophylla y *S. humilis* que se originó en las áreas del rango de distribución donde coinciden ambas especies y otro obtenido por la cruce de *S. macrophylla* y *S. mahagoni* en plantaciones próximas de ambas especies que se ha denominado *S. aubrevilleana*. Son árboles o arbustos; con hojas alternas, rara vez opuestas, pinnadas o digitaly compuestas, raramente foliadas o simples, sin estipulas, presenta los foliolos enteros, a veces con puntos o líneas pelúcidas; inflorescencias axilares o terminales paniculadas; flores regulares, perfectas, rara vez polígamas – dioicas; cáliz con cuatro o cinco lóbulos o sépalos; normalmente de cuatro a cinco pétalos, imbricados o valvados, libres o rara vez conados o adnatos a la parte baja del tubo de estambre, a veces carenado en la cara interna; de 8 a 10 estambres o rara vez menos; filamentos unidos formando un todo, dentado, o tubo lobulado, rara vez libres; con anteras sésiles o estipitados, insertado dentro de la boca del tubo o en su margen; presenta un disco anular o columnar, libre o adnatos al tubo de estambre o el ovario; ovarios de dos a cinco carpelos unidos, de dos a cinco celdas, estilo alargado; estigma en forma de disco, simple o surcados; con dos o más óvulos en cada celda, colaterales o superpuestas, rara vez solitarios; Presenta un fruto capsular; semillas solitarias o múltiples en cada celda, a veces “samaroid”; con un endospermo carnoso o ninguno; embrión recto o transversal, el carnoso o cotiledóneo foliáceos; con radícula superior o lateral.²³

1.1.6. Descripción de la Especie

Swietenia humilis Zucc.: Árbol de tamaño medio o a veces largo, presenta las hojas más pequeñas que en *S. macrophylla*, la mayoría de foliolos principalmente de seis a doce, lanceoladas o estrechamente lanceoladas, a veces lance-ovaladas de 6 a 15 cm. de longitud y de 1.5 a 5 cm. de ancho, estrechándose en un ápice largo y delgado, a menudo con punta filiforme aguda y redonda en la base, sésiles o casi, subcoriáceas, glabras, con panículas de cinco a veinte cm de largo o más grande, con muchas flores, con delgadas ramas extendidas; cáliz de 2.5 mm de largo, deltoides o redondeadas, apiculadas; pétalos ovalados, blancos, de 4.5 a 6 mm de largo, tubo de estambre glabros; cápsula ovoide, a menudo de 15 a 20 cm de largo y de 10 a 12 cm. de ancho umbonado, semillas de 6 – 8 cm. de largo, de color marrón

claro.²³ Árbol de entre 15 y 25 m de altura y hasta 100 cm de diámetro, con corteza lisa y gris cuando joven, que se torna más oscuro. Posee copa ancha, fuste recto, libre de ramas hasta un 50 % de su altura. Las flores son pequeñas se producen entre enero y marzo, los frutos en febrero y marzo.¹ Se reproduce por semilla. Su madera es de color rojizo, rosado o amarillento, es utilizada en carpintería, ebanistería construcción en general; se le considera de inferior calidad que la de *S. mahahoni* y *S. macrophylla*.^{14, 15, 20}



Figura 1.2 Árbol de *Swietenia humilis* Zucc.

1.1.7. Historia

En el siglo XVI, Francisco Hernández relata usos de *Swietenia humilis* Zucc., como antitumoral, antitusígeno, astringente, pectoral y suavizante de la piel y en el siglo XX Maximino Martínez, la prescribe como astringente.¹

1.1.8. Usos Etnobotánicos

Se conocen usos muy variados de *Swietenia humilis* Zucc., algunos autores refieren su uso para aliviar enfermedades del cabello. Las infusiones de extractos de semillas son tradicionalmente usadas para tratamientos contra amibas y lombrices,

empleadas en el control de infecciones parasitarias particularmente contra amibas (*E. coli* y *E. hystolitica*).¹⁰

El cocimiento de la semilla molida como agua de uso contra dolor de estómago, aunque suele utilizarse la corteza fresca, también presenta uso contra infecciones urinarias, así como para controlar el vómito, curar el paludismo, desinflamar el bazo y la disentería.^{1, 3, 4}

En el estado de Morelos se reporta el uso de la semilla de *Swietenia humilis* Zucc., en cocimiento con raíz de huizache (*Acacia farnesiana* [L.] Willd.), con la tuna de nopal (*Opuntia ficus-indica* [L.] Mill), la hierba buena (*Mentha piperita*), el orégano (*Origanum vulgare* L.) para el empacho.⁵

En comunidades Maya-Chorti, en el parque Arqueológico “Ruinas de Copan” en Honduras reportan el uso de la madera de *Swietenia humilis* Zucc., como remedio para tratar granos en la piel en aplicación como tintura, así como en la elaboración de una tinta textil con coloración rojo-café.⁶

En Guerrero se le reporta como cicatrizante en animales.¹

Se reporta como resistente a la pudrición por hongos y bacterias y a los insectos, sin necesidad de tratarla con productos químicos.⁷ En Honduras la corteza ha sido ampliamente utilizada contra la diarrea y la fiebre.⁸

En el estado de Morelos, México se realizó un estudio con el objetivo de identificar las plantas más utilizada como terapia complementaria en pacientes de sistema de salud pública con Diabetes Mellitus Tipo II, entre las que figura las semillas crudas de *Swietenia humilis* Zucc..¹³

1.1.9. Actividad Biológica Reportada

Se reporta la actividad insecticida de *Swietenia humilis* Zucc., mediante extractos metanólicos de la semilla, sobre el gorgojo harinero (*Tenebrio monitor Linnaeus*.) mostrando una inhibición moderada del crecimiento y alimentación en estado larval en el tercer estadio (Segura-Correa y Mata, 1993).¹⁰

Se reporta actividad anti-fúngica de *Swietenia humilis* Zucc., en el trabajo de Angulo-Escalante et al. (2008) quienes inhibieron con extractos metanólicos de las semillas, el crecimiento micelial y la esporulación, además reportaron alteración de

las estructuras germinativas del hongo *Rhizopus stolonifer*, causante de la pudrición blanda en hortalizas.²

Estudios fitoquímicos muestran que las semillas de *Swietenia humilis* Zucc., contienen al menos 11 humilinoídes y por su semejanza en sus estructuras químicas se incluyen en el grupo de los mexicanolides.^{11, 21}

Los humilinoídes B y C aislados del extracto metanólico poseen actividad anticancerígena *in vitro*¹² y los humilinoídes C y E actividad insecticida contra el barrenador europeo del maíz (*Ostrinia nubilalis* Hübner).^{12, 11}

Se ha demostrado la actividad bactericida de extractos acetónicos de semillas de *Swietenia humilis* Zucc., contra *E. coli* y *Salmonella typhimurium*.¹⁶

Se reportó que extractos alcohólicos de semillas de *Swietenia humilis* Zucc., a concentraciones de 50% fueron los que mantuvieron una reducción bacteriana y viral de manera constante, y por lo tanto podrían ser una alternativa natural para el control de microorganismos patógenos.¹⁷

En el estado de Michoacán se reporta la determinación de fenoles totales y taninos condensados en especies arbóreas con potencial forrajero entre las que figura el árbol de *Swietenia humilis* Zucc., demostrando la presencia de taninos condensados en un 5% así como un porcentaje de fenoles de 2.28%.¹⁸

1.2. GENERALIDADES DEL METABOLISMO SECUNDARIO

Las plantas presentan diferentes vías metabólicas, no existentes en los animales, por las cuales se producen grandes cantidades de compuestos químicos que en un principio no representan un rol específico o esencial en la planta. Al conjunto de estas vías metabólicas se les conoce como metabolismo secundario.

Los metabolitos secundarios son sustancias que se producen en un organismo a partir de los metabolitos primarios (carbohidratos, proteínas, lípidos, y aminoácidos), con funciones variadas y propias de los organismos en los que se encuentran.³⁰

El metabolismo secundario sirve para mantener el metabolismo básico en aquellas circunstancias en las que los sustratos normales no pueden ser utilizados para el desarrollo normal de la célula, por falta de nutrientes.²⁵

Por tanto, las plantas además de presentar un metabolismo secundario general producen metabolitos primarios, derivados de un metabolismo primario tales como carbohidratos, aminoácidos, ácidos grasos, poliaminas, citocromos, clorofilas e intermediarios metabólicos de las vías anabólicas y catabólicas, también producen metabolitos secundarios, es decir, aquellos compuestos químicos sintetizados por las plantas que cumplen funciones no esenciales en ellas (crecimiento o desarrollo), sustancias que no son necesarias para que un organismo pueda existir como tal, sino que simplemente aportan al individuo que las produce una ventaja para responder a estímulos del entorno y donde su ausencia no representa un riesgo para la planta, ya que no interviene en el metabolismo primario.

Estos metabolitos secundarios intervienen en interacciones entre las plantas y su entorno, aunque a diferencia de los metabolitos primarios, algunos metabolitos secundarios sólo están presentes en determinadas especies o grupo de ellas y cumplen una función específica. Suelen acumularse en grandes cantidades sin efectos negativos y sin representar un inconveniente en las células o en la planta.

Debido a que algunos de los metabolitos poseen efecto sobre animales y humanos a bajas dosis, son fuente para elaborar medicinas, conservantes, aromatizantes o pigmentos, además de ser importantes como medicamentos.

Algunos metabolitos secundarios tales como los flavonoides y otros compuestos fenólicos, actúan como antioxidantes, capturando especies reactivas de oxígeno previniendo así de la oxidación celular.²⁷

Así como los glucosinolatos, parecen ser tóxicos selectivamente sólo para las células precancerosas reduciendo el riesgo de formación de carcinomas.²⁷

Es importante especificar que la presencia de ciertos compuestos químicos en las plantas es una forma de adaptación a su medio, aunque esto no siempre es cierto como en el caso de los pigmentos de las flores.²⁶

Las vías metabólicas que dan lugar a metabolitos de uno y otro grupo están entrelazadas, debido a que productos del catabolismo de un tipo de principios pueden ser inicio de la génesis de otro.

La mayor parte de los compuestos de interés farmacognóstico se sintetiza por alguna de las siguientes tres grandes ramas: 1) rutas del ácido shikímico y de los

poliacetatos que sintetizan sustancias aromáticas; 2) ruta del ácido mevalónico que da lugar a terpenoides, y 3) rutas del metabolismo del nitrógeno, principalmente aminoácidos, que llevan a la síntesis de alcaloides.²⁵

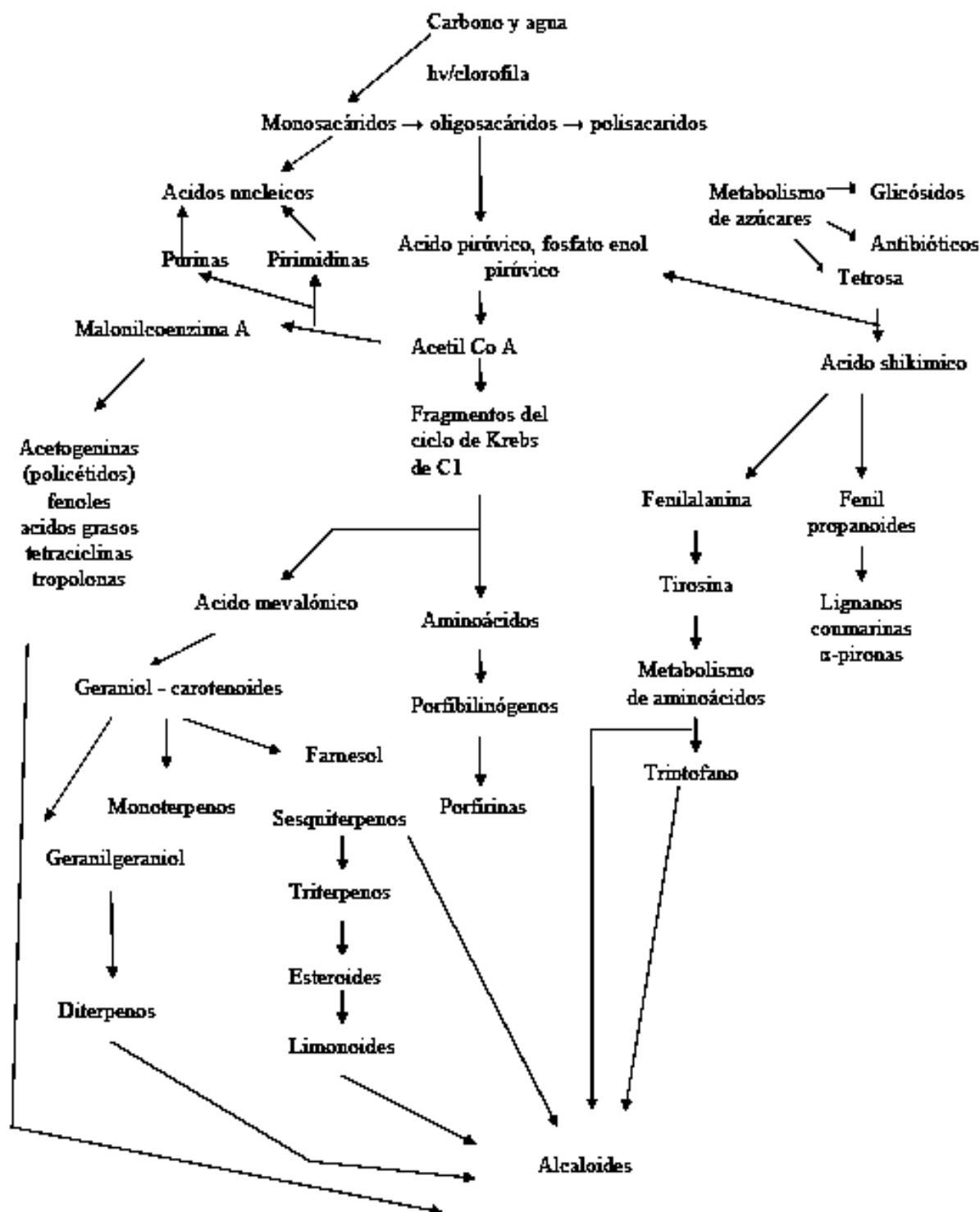


Figura 1.3 Biosíntesis de Metabolitos Vegetales (Domínguez, 1973)

El metabolismo primario forma un sistema integrado que se prolonga en dos direcciones: una línea macromolecular, para síntesis de ácidos nucleicos, proteínas, lípidos y polisacáridos, y otra secundaria formada por metabolismo herbáceo como las pirrolicidinas, quinolicidinas, oligopéptidos, terpenoides, policétidos, oligosacáridos y alcaloides, y otra serie de metabolismo leñoso que incluye lignoides, alcaloides bencilisoquinoleínicos e indólicos y flavonoides. El metabolismo secundario también produce polímeros especiales como los taninos condensados, taninos hidrolizables, ligninas, resinas, cutina, suberina y ceras.²⁵

1.2.1. Funciones de los metabolitos

Muchos metabolitos secundarios tienen una función controlando la actividad metabólica y coordinando el desarrollo de toda la planta, incluso pueden sintetizar metabolitos secundarios como respuesta a cualquier daño causado en algún tejido provocado por luz UV u otros agentes físicos agresivos. Algunas plantas producen fitoalexinas que previenen el esparcimiento de un hongo en una planta.^{25, 26}

Durante la evolución se creó una dependencia de ciertos productos de las plantas, por ejemplo algunas especies necesitan de esas sustancias para poder iniciar su propia síntesis de compuestos.²⁸

Específicamente hablando de los grupos de metabolitos secundarios podemos ver su acción directa en las plantas, por ejemplo: los antocianósidos en la coloración de las flores y los frutos y los flavonoides como guías de polinización para insectos y protectores frente a la radiación solar. Estos metabolitos secundarios tienen varias funciones dentro de la planta en los que podemos destacar a los taninos que tienen capacidad de precipitar proteínas, produciendo dificultades de digestión en los herbívoros. En cuanto a los monoterpenoides, algunos son citotóxicos, inhiben la respiración y la germinación.²⁹

Muchos sesquiterpenos han sido descritos como agentes implicados en la defensa contra agentes fitopatógenos y, finalmente, podemos citar a los fitosteroles, los cuales son elementos importantes en la estructura de las membranas, y a los cardenólidos que son protectores frente a la foto-oxidación.²⁹

Sin embargo a la fecha muchas de las funciones de los metabolitos secundarios resultan desconocidas.

1.3. METABOLITOS SECUNDARIOS DE LAS PLANTAS

1.3.1. Alcaloides

Los alcaloides son compuestos orgánicos nitrogenados, por lo general presentan un nitrógeno heterocíclico, como amina primaria ($R-NH_2$), secundaria ($R'-NH$) o terciaria ($R''-N$), generalmente en anillo heterocíclico y con marcada acción farmacológica, presentándose en muy diversas familias de plantas, tales como Solanaceae, Papaveraceae, Leguminosae, Rubiaceae, etc..

Son particularmente activos en el Metabolismo vegetal. Los alcaloides pueden encontrarse como bases libres o formando sales, en distintos órganos de la planta (semillas, frutos, hojas, tallos, raíces o rizomas). Las sales son solubles en agua, en tanto que las bases libres lo son en solventes orgánicos tales como éter sulfúrico, acetato de etilo, cloroformo, etc.^{25, 31.}

Se los considera como depósitos para síntesis proteicas y estimulantes o reguladores de actividades como el crecimiento, metabolismo y reproducción. Actúan como núcleos de coenzimas u hormonas.³²

Estos se forman a partir de un aminoácido, y poseen propiedades que actúan a nivel del sistema nervioso central (sedante o estimulante), a nivel del sistema autónomo (anticolinérgicos, entre otros); además algunos son anestésicos locales, antitumorales, antipalúdicos, entre otros.²⁵

La extracción de alcaloides se basa en que habitualmente se encuentran en estado de sales, en su basicidad y en disolventes orgánicos; puede llevarse a cabo con un disolvente (diclorometano, cloroformo, benceno o dióxido de etilo) en medio alcalino o en medio ácido con una disolución alcohólica o hidroalcohólica acidificada.

Ensayos macro y semi micro: reacciones de color con reactivos de Mayer's, Dragendorff, Wagner y Cromatografía en capa fina.²⁵

1.3.2. Flavonoides y Antocianinas

Los Flavonoides (*lato sensu*) son pigmentos casi universales en los vegetales, poseen esqueleto carbonado C₆-C₃-C₆ los cuales se encuentran ampliamente distribuidos en las plantas de manera libres y como glucósidos, estos últimos son los responsables de la coloración de flores, frutos y a veces de las hojas, la mayoría son hidrosolubles.^{25, 30, 32}

Los flavonoides presentan coloraciones amarillas y los antocianosidos coloraciones rojo, azul y violeta. De no ser directamente visibles, contribuyen a la coloración ya que cumplen un papel de co-pigmentación. En algunos casos, la zona de absorción de la molécula se sitúa en el ultravioleta próximo, y la coloración se percibe únicamente por los insectos que se sienten eficazmente atraídos y guiados hacia el néctar y obligados por lo tanto a asegurar el transporte del polen que condiciona la supervivencia de la especie vegetal.

Su principal actividad es ser capaces de disminuir la permeabilidad de los capilares sanguíneos y aumentar su resistencia. Se les atribuye propiedades antibacterianas ya que inhiben la síntesis de peptidoglicano en la membrana celular que le confiere la rigidez. También se le atribuye propiedades antiinflamatorias y antiespasmódica.³⁰

Entre otras son conocidas sus actividades dilatadores de las coronarias (proantocianidinas de Crataegus, Árnica y Gingko), espasmolítico (glicósidos de arpigénina), antihepatotóxica (similarina de Sylybum), colerético, estrógena y diurética. El origen biosintético de los flavonoides es la condensación de tres moléculas de malonil-CoA y un ácido hidroxicinámico. Las antocianinas provienen de (2R, 3R, 4S)-trans-2,3-flavan-cis-3,4-diol. Las antocianinas son estables como sales en medio ácido.^{25, 30}

1.3.3. Coumarinas

Las coumarinas deben su denominación a la palabra “coumarou”, nombre vernáculo del haba “tonka” ó “tonca” (*Dipteryx odorata* Willd., *Coumarouna odorata* Aubl. Fam. Leguminosae/Fabaceae), son metabolitos típicos de plantas superiores y algunos pocos microorganismos. Las coumarinas son 2H – 1 – benzopirán – 2 –

onas las cuales se pueden considerar como lactonas de ácidos 2 – hidroxí – Z – cinámicos usualmente llamada “Coumarina”. Se encuentran sustituidas en C – 7 por un hidroxilo (OH-).

Al igual que otros derivados fenilpropánicos, las coumarinas proceden del metabolismo de la fenilalanina, su precursor es la 7-hidroxycumarina (umbelifenona); los hidroxilos de las coumarinas simples pueden metilarse o formar parte de una unión heterosídica. Se encuentran distribuidas en todo el reino vegetal.

Las coumarinas libres son solubles en alcoholes y en disolventes orgánicos como dióxido de etilo y disolventes clorados con los cuales pueden ser extraídas.^{30, 32}

Son compuestos sólidos cristalizables de color blanco o amarillento, presentan fluorescencia a la luz UV (azul, amarilla, verde, púrpura), lo cual permite su reconocimiento.³³

El interés farmacológico de las coumarinas es limitado, algunas furanocoumarinas son fotosensibilizantes y, por este motivo, se pueden utilizar en terapéutica para el tratamiento de la soriasis. Se ha encontrado que pueden ser anticoagulantes como el dicoumarol y las coumarinas, espasmolíticas o inhibidoras del crecimiento vegetal, venotónicos, antiinflamatorias, antiespasmódica, vasodilatadores coronarios, sedante, anticoagulante.³³

La coumarina, conocida por su propiedad antiedematosa, se ha utilizado en la realización de estudios clínicos en pacientes con cáncer avanzado, es inmunoestimulante y posee actividad citotóxica. Se metaboliza rápidamente a nivel hepático.

1.3.4. Quinonas

Las quinonas son compuestos aromáticos con dos grupos cetona, frecuentemente en para (1, 4) y en muy pocos casos en orto (1, 2). Son dicetonas insaturadas que por reducción se convierten en polifenoles.³³

Por su color amarillo a violeta, contribuyen a la pigmentación de numerosos vegetales inferiores como algas, líquenes, y plantas superiores.³⁴

En relación a la estructura quinónica que presentan se pueden relacionar de la siguiente manera.³³

1.3.4.1. Benzoquinonas

Con una estructura derivada del benceno, estos compuestos tienen muy poco interés en farmacia (p.ej., plastoquinona, ubiquinona)

1.3.4.2. Naftoquinonas

Con una estructura derivada del naftaleno. Estos compuestos tienen interés en farmacia debido a su poder antiséptico (tanto antibacteriano como antifúngico). Son ejemplo de estas la plumbagona de drosera (*Drosera rotundifolia*) con poder antitussivo, y la juglona del nogal (*Juglans regia*), con propiedades antisépticas.

1.3.4.3. Antraquinonas

Con una estructura derivada del antraceno. Destacan por sus propiedades laxantes, son de gran interés en farmacia.

1.3.4.4. Fenantraquinonas

Con una estructura derivada del fenantreno.

1.3.4.5. Antraciclinaonas

Con una estructura derivada del naftaceno. Las tetraciclinas, antibióticos que se obtienen a partir de ciertas especies del género *streptomyces*.

1.3.5. Antraquinonas y Derivados Antracénicos.

Las antraquinonas son una clase de metabolitos secundarios vegetales con una funcionalidad p-quinoides en un núcleo antracénico; son biosintetizadas por la ruta de la malonil Coenzima – A en el caso de los hongos, líquenes y plantas superiores de las familias Ramnáceas, Polygonáceas y Leguminosas; mientras que en las Rubiáceas, las Gesneriáceas, las Escrofulariáceas, las Verbenáceas y las Bignoniáceas, se biosintetizan a partir de ácido shikímico y ácido mevalónico. Sin embargo, existen todavía dudas acerca del verdadero estado natural de estas sustancias, existen evidencias experimentales de algunas plantas, las cuales demuestran que las antraquinonas no se encuentran como tales en ellas, sino que

son productos de degradación enzimática de las correspondientes formas reducidas, es decir, las antronas y los antranoles. Según esto, las antraquinonas aisladas corresponden a productos de oxidación o dimerización de antronas o antranoles.

Las antraquinonas naturales generalmente presentan las siguientes características estructurales: tienen grupos hidroxilo (OH -) en C – 1 y C – 8, grupo metilo, hidroximetileno o carboxilo sobre C – 3, grupos hidroxilo (OH -) o metoxi (OMe) en el C – 6, carbohidratos ligados principalmente glucosa, ramnosa y rutinosa; los orto – glicósidos tienen los carbohidratos ligados a través de C – 6 o en C – 8 y los C-glicósidos tienen los carbohidratos ligados a través de C – 10. Los procedimientos para el aislamiento de estas sustancias dependen del tipo de núcleo de interés.^{30, 34, 25}

La mayoría de las antraquinonas están hidroxiladas en C1 y C2 y con frecuencia están en forma de Glucósidos, los que se hidrolizan durante el aislamiento. Los derivados antraquinónicos están presentes en los fármacos de acción purgante, actuando directamente sobre la musculatura lisa del colon dificultando la reabsorción de agua. Entre ellos se encuentra la Emodina (1, 3, 8 – trihydroxy – 6 – methylantra – 9, 10 – quinone). Algunas, como la vitamina K, la ubiquinona (coenzima Q) y la plastoquinona intervienen en los fenómenos respiratorios, transportando electrones, por lo que se les encuentra en todos los seres vivos.²⁵

1.3.6. Sesquiterpenolactonas

Las lactosas sesquiterpénicas constituyen un grupo numéricamente importantes de sustancias. Se conocen alrededor de 3,000 estructuras, descritas antiguamente bajo el nombre de principios amargos¹³ y su distribución botánica es bastante esporádica, se encuentran en hongos, briofitas y algunas angiospermas (Apiaceae, Lauraceae, Menispermaceae) y mayoritariamente en Asteraceae. Se localizan frecuentemente en hojas, tallos y brácteas de la inflorescencia, son escasas en los órganos subterráneos. Poseen estructuras variadas, todas relacionadas con el producto de ciclación ciclodecadienílico de 2E, 6E – farnesil – pirofosfato. Algunas poseen propiedades antibacteriana especialmente a bacterias gram – positivas, antifúngica, antimalárica, antihelmíntica, molusquicida, citotóxica.^{30, 33}

1.3.7. Taninos

Los taninos son polímeros polifenólicos producidos en las plantas como compuestos secundarios y que tienen la habilidad de formar complejos con proteínas, polisacáridos, ácidos nucleicos, esteroides, alcaloides y saponinas. Son polifenoles cuya estructura química exacta es la de los proantocianidoles y poliésteres de los ácidos gálico y elágico. Están ampliamente distribuidos en el reino vegetal con una característica en general de tener sabor amargo y astringente. La importancia de los taninos en el mundo vegetal es su capacidad de proteger a las plantas contra las heridas que sufren y de esta forma protegerlos contra los ataques exteriores.³⁰

En los vegetales superiores se distinguen, generalmente dos grupos diferentes de taninos tanto por su estructura como por su origen biogenético:

1.3.7.1. Taninos Hidrolizables

Son oligo – poliésteres de un azúcar (o de un poliol) y de un número variable de moléculas de ácido fenol. El azúcar, generalmente es la glucosa. El ácido fenol es o bien el ácido gálico (Ácido 3, 4, 5 – trihydroxy benzoico) o el ácido hexahidroxidifénico.^{32, 33, 25}

1.3.7.2. Taninos Condensados

Los taninos condensados son polímeros flavánicos. Están constituidos por unidades de flavan – 3 – oles ligadas entre sí por enlaces carbono – carbono. Se les conoce también como taninos no hidrolizables, ya que se hidrolizan con dificultad y por el contrario, el tratamiento con calor y ácidos minerales origina polímeros de alto peso molecular. Este tipo de taninos se producen en el metabolismo normal de los vegetales por lo que se consideran fisiológicos y se encuentran ampliamente repartidos en el reino vegetal.^{32, 33, 25}

Los taninos tienen la propiedad de coagular las proteínas de las mucosas y tejidos, crean una capa aislante y protectora que reduce la irritación y el dolor. A nivel intestinal si es ingerido, se combina con proteínas en el estómago, pero a medida que la acidez aumenta va liberando el tanino del complejo, sin embargo se

vuelve a precipitar a nivel del intestino controlando la diarrea. Son muy útiles para envenenamientos especialmente con alcaloides debido a la producción de precipitados evitando la absorción de los mismos.³⁴

Poseen propiedades antioxidantes, inhibición de algunas enzimas, oposición al efecto mutagénico de ciertos cancerígenos estimulando el mecanismo inmunitario, inhibidores de la replicación de virus in vitro, aumentan la resistencia capilar y disminuyen la permeabilidad capilar, aumento del tono venoso, estabilizadores del colágeno e inhibición de la fijación de la serotonina, entre otros. Estos compuestos forman sólidos amorfos, son solubles en agua (forman soluciones coloidales) y en disolventes orgánicos polares (acetona, alcohol, glicerina) pero son insolubles en disolventes orgánicos apolares (éter etílico, cloroformo).³³

1.3.8. Esteroides o Triterpenoides

Los Esteroides o Triterpenoides son compuestos basados en más de 40 esqueletos diferentes, todos poseen 30 carbonos procedentes de la ciclación del 3S – 2, 3 – epóxido – 2, 3 – dihidroescualeno, o eventualmente del escualeno, casi siempre se encuentran hidroxilados en 3 (debido a la apertura del ciclo).

Los triterpenos presentan una gran variedad estructural debida principalmente a la conformación adoptada por el epoxiescualeno o escualeno antes de la ciclación. Los ciclos tetra y pentacíclicos son característicos de los triterpenos. Los esteroides poseen una unidad estructural muy marcada, aunque todos tienen el mismo esqueleto base. Se estima que no existen diferencias fundamentales entre esteroides y triterpenos; los esteroides pueden ser considerados como triterpenos tetracíclicos que han perdido, como mínimo tres metilos en C – 4 y en C – 14, es importante mencionar que su biosíntesis es vía ácido mevalónico.

La importancia de los esteroides en fitoterapia radica en el potencial en disminuir el colesterol ya que reducen la absorción intestinal del colesterol.³²

Algunos de los intereses de los esteroides y triterpenos se debe a que poseen propiedades terapéuticas tales como antiviral, insecticida, molusquicida, analgésica, anticonceptivos, así como anabolizante y antiinflamatorios para cubrir necesidades en la industria farmacéutica.³⁰

Los esteroides vegetales están presentes de forma natural en pequeñas cantidades en muchas frutas, verduras, semillas, cereales, legumbres, aceites vegetales y otras fuentes similares.³²

Los esteroides, biogénicamente muy relacionados a los triterpenoides, y con un esqueleto cíclico base al igual que los triterpenoides tetracíclicos, de ciclopentanoperhidrofenantreno, pueden ser clasificados como esteroides (C₂₇ ó más) saponinas esteroidales (o sus agliconas sapogeninas) glicósidos cardiotónicos y las llamadas hormonas esteroidales.³³ Los triterpenoides y esteroides son sólidos, incoloros, cristalinos, ópticamente activos, de alto punto de fusión; los esteroides, generalmente tienen un punto de fusión menor que 200 °C y los triterpenoides mayor que 200 °C.³³

1.3.9. Saponinas

Se le da el nombre de saponinas (del latín sapo = jabón) a un grupo de glicósidos que se disuelven en agua y disminuyen la tensión superficial de ésta; por lo tanto, al sacudir las soluciones, se forma una espuma abundante, y relativamente estable.²⁵

Poseen propiedades tensoactivas, que constituyen un amplio grupo de heterósidos muy frecuentes en los vegetales, disolviéndose en agua formando disoluciones espumosas.

Estructuralmente, las saponinas se pueden clasificar en dos grupos según la naturaleza:

1.3.9.1. Saponinas Esteroídica

(Habitualmente de 6 ciclos, uno furánico y otro piránico debido a la cetilización intramolecular posterior a la oxidación en C – 16, C – 22 y C – 26), se biosintetizan también por la ruta del ácido mevalónico y son en general menos frecuentes que las saponinas triterpénicas pentacíclicas.³³

1.3.9.2. Saponinas Triterpénicas

La mayoría proceden de la ciclación del 3(S) – 2, 3 – epoxi – 2, 3 – dihidroescualeno, dependiendo del esqueleto base carbonado que posea.

La mayor parte de las saponinas son tóxicas para animales de sangre fría como los peces, ya que tienen propiedades hemolíticas, esta propiedad se atribuye a su interacción con los esteroides de la membrana eritrocítica debido a la interacción que induce un aumento de la permeabilidad de la membrana y un intercambio de iones entre el sodio y el potasio.³⁰

En plantas se encuentran en forma de mezclas complejas, poseen fuerte polaridad, relativa fragilidad y muy pequeñas diferencias estructurales de masa molecular elevada, difícil de obtener en forma pura, difícilmente cristalizan, son higroscópicas y raramente se obtienen puntos de fusión exactos y sin descomposición. Se caracterizan por el sabor amargo y su estructura triterpenoide. La mayor parte derivan de monoterpenos, sesquiterpenos, diterpenos y triterpenos, todos ellos tienen en común unidades de isoprenos.^{25, 33}

Una de las funciones es la hemólisis en células, permitiendo así la liberación de hemoglobina; muchos actúan como antimicrobiano o antifúngico, espermicida y citotóxicos.

Las saponinas pueden presentar diferentes aplicaciones farmacológicas entre las principales acciones reconocidas para saponinas de diferentes especies son: acción irritante de las células, a nivel pulmonar producen un aumento de las secreciones y, por consiguiente, tienen un efecto expectorante y antitusivo; a nivel renal, aumentando consecuentemente la filtración glomerular y surtiendo un efecto diurético; efecto antiedematoso y antiinflamatorio, sobre todo a nivel de insuficiencia venosa en las extremidades inferiores; acción antihemorroidal y cicatrizante; efecto antimicrobiano, antivírico, antimicótico y molusquicida. Las saponinas se utilizan como expectorantes, diuréticas; en la industria farmacéutica se emplean como agentes espumantes y emulgentes.^{25, 33} Las propiedades son antiespasmódico, sedante, analgésica, inhibidor de la agregación plaquetaria, reguladores del crecimiento, antihipertensivos, antiretrovirales, entre otras.³⁰

Son solubles en agua y por lo tanto se pueden extraer generalmente a ebullición, sin embargo se prefiere extraerlos en medio alcohólico (metanol o etanol), seguido de una partición con n-butanol y precipitarlos posteriormente con extracciones de éter dietílico.³⁰

1.3.10. Heterósidos Cardiotónicos

Los Heterósidos cardiotónicos constituyen un grupo perfectamente individualizado y de una gran homogeneidad, tanto estructural como farmacológica. Estas moléculas naturales de origen vegetal continúan siendo medicamentos interesantes en el tratamiento a largo plazo de la insuficiencia cardiaca.

Su estructura es sumamente homogénea, esta consta de una genina esteroídica de tipo cardenólido (en C23) o bufadienólido (en C24) y una parte osídica, generalmente oligosídica.

Están formados por una parte glucídica, constituida por una o varias unidades de azúcar y un aglicón que tiene un núcleo esteroídico (C27, tetracíclico) unido a un anillo lactónico insaturado.

Los heterósidos cardiotónicos ejercen su actividad sobre el corazón a diferentes niveles: fuerza y velocidad de contracción, frecuencia, conductibilidad, estos efectos se traducen por las modificaciones electrocardiográficas observadas.^{25, 30,33}

Son sustancias amargas, derivadas de los esteroides, que actúan sobre el corazón, son compuestos heterósidos (azúcar + aglicón) capaces de modular el funcionamiento del corazón, actuando directamente sobre la contractibilidad del musculo cardiaco (miocardio) y sobre la circulación aurícula – ventrículo.

La actividad de los heterósidos cardiotónicos está directamente relacionada con su estructura, en lo que se han demostrado las siguientes características estructurales: anillo de lactona α , β – insaturado, función alcohol en la posición 3 (3β – OH), función alcohol en la posición 14 (14β – OH).^{25, 30}

Son solubles en agua o alcoholes de bajo peso molecular; como las saponinas, disminuyen la tensión superficial del agua y son insolubles en éter de petróleo, cloroformo y otros disolventes de lípidos.³³

Los heterósidos cardiotónicos se clasifican en dos grupos.

1.3.10.1. Cardenólidos

Poseen una lactona insaturada de 5 miembros (pentagonal) en la posición 17 del núcleo esteroídico. La parte glucídica se une al OH de la posición 3 y contiene

azúcares como la glucosa y 2, 6 – desoxiazúcares como la digitoxosa o la cimarosa (la cimarosa tiene un OH en forma de éter metílico).³³

1.3.10.2. Bufadienólidos o bufanólidos

Poseen una lactona insaturada de 6 miembros (hexagonal) en la posición 17 del núcleo esteroídico. La parte glucídica se une al OH de la posición 3 y contiene azúcares como la glucosa y la ramnosa (6 – desoxiazúcar). Los heterósidos cardiotónicos son más o menos solubles en agua dependiendo de la cantidad de grupos OH que presenta la parte glucídica. En general son bastante solubles en agua. Son muy solubles en alcohol y algo solubles en cloroformo, pero completamente insolubles en disolventes orgánicos muy apolares como el benceno o el éter etílico. Los aglicones libres (son la parte glucídica) son insolubles en agua y solubles en alcohol y cloroformo. La presencia del anillo de lactona en su estructura les confiere ciertas propiedades como el sabor amargo y la inestabilidad en medio básico, ya que las lactonas (ésteres cíclicos) se hidrolizan fácilmente en medio básico y el anillo se abre.³³

1.4. MÉTODOS GENERALES DE ANÁLISIS FARMACOEPA HERBOLARIA

1.4.1. Materia Extraña. MGA – FH 0030

Las plantas medicinales deben estar completamente libres de señales visibles de contaminación por hongos, insectos y otros animales, incluyendo excremento animal. No deben presentarse olores anormales ni detectarse decoloración o señales de deterioro. Pocas veces es posible obtener en el mercado plantas que estén completamente libres de alguna forma inocua de materia extraña. Sin embargo no debe permitirse la presencia de materiales venenosos, peligrosos o cualquier otra materia extraña dañina.

Durante el almacenamiento, los productos deben ser guardados en un lugar limpio e higiénico y de este modo evitar la formación de hongos, ya que pueden producir aflatoxinas.

Puede usarse un método de inspección macroscópico para plantas completas o para la planta en trozos, sin embargo, para las plantas en polvo es indispensable el análisis microscópico, antes de cortar o moler las plantas medicinales, se debe eliminar la tierra, polvo, piedras, arena u otras materias inorgánicas extrañas.

Definición: Materia Extraña es el material constituido por cualquiera o de todos los siguientes

- Otras partes de las plantas medicinales original o cualquier otro material diferente al nombrado o especificado;
- Cualquier organismo, parte o producto del mismo, diferentes a los nombrados en la definición y en la descripción de la droga vegetal;
- Mezclas adicionales de minerales adheridos a los materiales de las plantas medicinales tales como piedras, tierra, arena y polvo.

1.4.2. Examen Visual e Inspección Microscópica. MGA – FH 0040.

Los materiales provenientes de plantas medicinales se clasifican de acuerdo a sus características sensoriales, macroscópicas y microscópicas. Estas pruebas son las de mayor importancia debido a que gran parte de la información sobre la identidad, pureza y con frecuencia la calidad del material vegetal puede obtenerse de dichas observaciones.

Para cada planta medicinal debe elaborarse en primer lugar una descripción sensorial y definir las características macroscópicas y microscópicas como primer paso para establecer su identidad y grado de pureza. Siempre que sea posible deberá contarse con especímenes auténticos y muestras de calidad según la farmacopea del material en cuestión que sirvan como referencia.

El análisis visual es el medio más simple y rápido para establecer la identidad, pureza y calidad de los materiales. Si se encuentra que una muestra no posee, o difiere de las características de color, consistencia, olor y sabor se considera que no cumple con las especificaciones. Sin embargo estas observaciones deben hacerse

considerando la variabilidad en la percepción sensorial que existe de persona a persona y en diferentes tiempos.

La identificación macroscópica de las plantas medicinales se basa en la forma, tamaño, color, características de la superficie y textura de los diferentes órganos vegetales, así como la fractura y aspecto de la superficie del corte. Esta identificación es útil al examinar el material herbolario en su totalidad, frecuentemente con ayuda de un análisis microscópico y fisicoquímico.

Para la identificación de fragmentos o materiales en polvo es indispensable la observación microscópica. Para ello se puede requerir tratar el espécimen con reactivos químicos, aunque un examen microscópico por sí solo no siempre puede proporcionar una identificación completa sin embargo utilizado en conjunto con otros datos provenientes de otros métodos analíticos, constituye un apoyo invaluable.

1.4.3. Determinación de Cenizas MGA – FH 0060.

Las cenizas que quedan después de la calcinación de los materiales procedentes de plantas medicinales, se determinan mediante 3 métodos diferentes, que miden las cenizas totales, las cenizas insolubles en ácido y las cenizas solubles en agua.

El método de cenizas totales está diseñado para medir la cantidad total de materia que queda después de la ignición. Este incluye tanto a las “cenizas fisiológicas”, que proceden del tejido mismo de las plantas, como a las “cenizas no fisiológicas”, que son el residuo de la materia extraña (ejemplo arena y tierra) adherida a la superficie de la planta. Las cenizas insolubles en ácido son el residuo obtenido después de hervir las cenizas totales con ácido clorhídrico diluido y llevar a la ignición el material insoluble restante. Estas miden la cantidad de sílice presente, especialmente como arena y tierra silíceas. Las cenizas solubles en agua son la diferencia en peso entre las cenizas totales y el residuo, después del tratamiento de las cenizas totales con agua.

1.4.4. Material Extraíble MGA – FH 0070

Este método determina la cantidad de constituyentes activos extraídos con disolventes a partir de una cantidad dada de material de planta medicinal. Se emplea para materiales para los cuales no existen todavía ensayos biológicos o químicos adecuados.

2. JUSTIFICACIÓN

Desde tiempos remotos las plantas han sido un recurso al alcance del ser humano, mismas que ha usado para su alimentación, prevención e incluso para el tratamiento de sus enfermedades.

Estas especies utilizadas para el tratamiento de afectaciones y con fines religiosos, son las llamadas plantas medicinales, reconocidas por sus propiedades curativas; conocimientos empíricos que se han transmitido de generación en generación.

En la actualidad cientos de plantas son utilizadas como medicina alternativa, la investigación científica, analiza y estudia sus efectos terapéuticos tratando de precisar, comparar y clasificar sus diversas propiedades, con el fin de clasificar las plantas con efectos similares o mediante un principio activo en común, conocer dichos principios activos responsables de la cura de enfermedades, y de esta forma determinar sus estructuras químicas y procurar su síntesis (Lock 1994).

El genero *Swietenia* pertenece a la familia Meliaceae, y comprende aproximadamente 1400 especies, algunos de los cuales destacan por tener características insecticidas, debido a que contiene limonoides triterpenoides, en este grupo de compuestos se ha impulsado un gran interés debido a su alta actividad sobre el comportamiento y la fisiología de los insectos fitófagos en varias especies.

La mayor parte de la investigación sobre las especies Meliaceae se han centrado en las pruebas de la actividad biológica de los extractos de neem (*Azadirachta indica*) en insectos, entre los que destaca azadirachtine como principal derivado.

Diversos derivados de Meliaceae han sido evaluados en numerosos grupos de insectos de importancia agrícola, que incluyen insectos masticadores como: *Spodoptera litura* y *Tuta absoluta*, insectos chupadores de savia como *Myzus persicae*, *Bemisia tabaci*, *Aphis gossypii*, *Tribolium confusum* y *Sitophilus zeamais*

Por parte de la especie *Swietenia humilis* Zucc., no esta ampliamente estudiado, siendo el objetivo del presente trabajo de tesis la elaboración y estandarización del extracto alcohólico corteza de *Swietenia humilis* Zucc., ya que cuenta con prestigio medicinal, por su amplia utilización en la etnomedicina como remedio para distintas

enfermedades, presentando una gran complejidad tanto desde el punto de vista botánico como químico.

Logrando una identificación de grupos de metabolitos secundarios presentes en la especie *Swietenia humilis* Zucc., mediante tamizaje fitoquímico y pruebas cromatográficas, además se realizamos el análisis bromatológico y fisicoquímico, así como caracterización fitoquímica preliminar, contribuyendo al establecimiento de perfiles de la composición de los metabolitos secundarios presentes en la planta, para futuras evaluaciones de su posible uso agropecuario y/o industrial, así como su potencial farmacológico.

3. HIPÓTESIS

El espécimen que estudiamos es la corteza de *Swietenia humilis Zucc.*, perteneciente a la Familia Meliaceae, en esta familia se ha encontrado como metabolitos secundarios tetranortriterpenoides conocidos como limonoides con diversas actividades biológicas, entre ellas fungicidas. Otros compuestos que se han aislados en especies de esta familia son: salanine, meliantrol, meliartenin, nimbine, ácido metil-éster-angolésico, gomorresina, cedrelanol, y cedrodorina 1, azadiractina y se han identificado algunos otros que no se han logrado aislar.

Existe una alta probabilidad de que el extracto alcohólico de la corteza de *Swietenia humilis Zucc.*, contenga compuestos pertenecientes a grupos genéricos que se han encontrado en esta familia.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

- Caracterización y Estandarización del Extracto Alcohólico de la corteza de *Swietenia humilis* Zucc.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recolección e Identificación taxonómica de la especie botánica a analizar, “*Swietenia humilis* Zucc.”
- Determinar las características bromatológicas y fisicoquímicas para la estandarización del extracto alcohólico de la corteza de *Swietenia humilis* Zucc, de acuerdo a los métodos generales de análisis
- Caracterizar los compuestos fitoquímicos del extracto alcohólico de la corteza de *Swietenia humilis* Zucc.
- Purificar e identificar los compuestos que se obtuvieron en el primer intento en forma cristalina
- Analizar los resultados y su relación con especies de la misma familia.

5. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1. MATERIALES

5.1.1. Materiales de campo para la recolección del material vegetal.

- Azadilla de mano
- Guantes de jardinería
- Tijeras de podar pequeñas
- Navaja o machete
- Bolsas de plástico de varios tamaños
- Cinta métrica
- Etiquetas de papel
- Prensa de mano (o de campo) (medidas aproximadas: 46 x 29 cm y 5-10 mm de grosor)

5.1.2. Instrumentos de Laboratorio para la Identificación Botánica

- Prensa pesada o de laboratorio (de tornillos) (60 x 35 x 4 cm).
- Papel y medios de montaje.
- Pliegos de papel de periódico tamaño estándar.
- Pliegos de papel blanco o de tonos claros de 45 x 29 cm (medidas una vez doblado).
- Cartulinas sulfatadas o papel grueso de tonos claros de 41 x 28 cm.
- Etiquetas normales o autoadhesivas 10.5 x 8.5 cm aprox.
- Aguja de carnauba.
- Hilo cáñamo o similar.
- Tiras de papel engomado.
- Microscopio.

5.1.3. Reactivos y Solventes

- Acetato de etilo
- Acetato de sodio
- Acetona
- Ácido 3, 5 – dinitrobenzoico
- Ácido acético
- Ácido acético glacial
- Ácido clorhídrico
- Ácido fórmico
- Ácido nítrico
- Ácido pícrico
- Ácido sulfúrico concentrado
- Ácido tricloroacético
- Agua destilada
- Alcohol amílico
- Anhídrido acético
- Benceno
- Cafeína
- Carbonato de sodio
- Cloroformo
- Cloruro de Sodio
- Cloruro Férrico
- Cloruro mercúrico
- Etanol
- Éter
- Éter etílico
- Gelatina pura
- Hexano
- Hidróxido de amonio
- Hidróxido de potasio

- Hidróxido de sodio
- Magnesio metálico
- Metanol
- Nitrato de bismuto pentahidratado
- Nitro-prusiato de sodio
- Polvo de Zinc
- Solución salina fisiológica
- Subnitrato de bismuto
- Tolueno
- Vainillina
- Yodo
- Yoduro de potasio

5.1.4. Aparatos e Instrumentos en General.

- Balanza analítica
- Estereoscopio
- Mufla
- Estufa
- Cromatofolios AL TLC
- Lámpara de UV
- Cristalería en general.
- Desecador
- Campana de extracción de gases

5.2. MÉTODOS

5.2.1. Examen Visual e Inspección

5.2.1.1. Examen Visual

Este examen no requiere tratamiento previo de la muestra.³⁷

5.2.1.2. Color

Examinar la muestra sin tratar, bajo la luz difusa de día. Si se necesita, puede usarse una fuente de luz artificial con longitud de onda similar a las de la luz del día.

5.2.1.3. Características de Superficie, Textura y Fractura

Examinar la muestra sin tratar, se puede observar las características de la superficie de corte, puede necesitarse humedecerse la muestra con agua, tocar el material para determinar si es suave o duro; doblarlo y partirlo para obtener información sobre su fragilidad y sobre la apariencia de la superficie de fractura que puede ser fibrosa, lisa, rugosa, granular, etc..^{37, 34}

5.2.1.4. Olor

Si se espera que el material sea inocuo, examinar una pequeña porción de la muestra colocada en la palma de la mano o en un vaso de precipitados de tamaño adecuado, mediante una lenta y repetida inhalación del aire que se encuentra sobre el material. Si no se percibe un olor diferente, prensar suavemente la muestra entre los dedos pulgar e índice o entre las palmas de las manos, o si el material es conocido por su peligrosidad, mediante otros medios, por ejemplo, vertiendo una pequeña cantidad de agua hirviendo sobre la muestra colocada en un recipiente de vidrio. Determinar la fuerza del olor, (ninguna, débil, evidente, fuerte) y después el tipo de olor (aromático, a frutas, a moho, rancio, etc.).^{37, 34}

5.2.2. Materia Extraña

5.2.2.1. Materia extraña en plantas medicinales enteras o en trozos

Pesar una muestra de material, tomando la cantidad indicada en la tabla de referencia (Ver Anexo 1, Tabla 5.2.2). A menos que se indique otra cosa en la monografía. Esparcir en una capa delgada y clasificar en grupos la materia extraña, sea por inspección visual o utilizando una lupa (6x ó 10x), o con la ayuda de un tamiz adecuado, de acuerdo a los requerimientos para la planta medicinal específica.

Tamizar el resto de la muestra a través de una malla 250, el polvo es considerado como aditivo mineral. Pesar las porciones de estos materiales extraños con una aproximación de 0,05 g. Calcular el contenido para cada grupo, en gramos por 100 g de muestra secada al aire. La proporción de impurezas es calculada por la suma de las porciones que no responden a la prueba específica.³⁷

Límites: No más del 2.0 por ciento, a menos que se indique algo diferente en la monografía.

5.2.3. Determinación de Cenizas

5.2.3.1. Cenizas totales

Colocar alrededor de 2.0 g a 4.0 g del material secado al aire, en un crisol previamente calcinado y a peso constante. Esparcir el material formando una capa homogénea e incinerarlo aumentando gradualmente la temperatura de 500°C a 600°C hasta que esté blanco, lo que indica la ausencia de carbón. Enfriar en un desecador y pesar. Si de esta manera no pueden obtenerse cenizas libres de carbón, enfriar el crisol y mojar el residuo con alrededor de 2.0 ml. de agua o de solución saturada de nitrato de amonio. Secar en baño de agua, después en una placa de calentamiento y calcinar hasta peso constante. Dejar enfriar el residuo en un desecador adecuado durante 30 minutos y posteriormente pesar rápidamente.

Calcular el % de cenizas totales en el material secado al aire.³⁷

5.2.3.2. Cenizas insolubles en ácido

Al crisol que contiene las cenizas totales, adicionar 25 ml. de ácido clorhídrico, cubrir con un vidrio de reloj y hervir ligeramente durante 5 minutos. Enjuagar el vidrio de reloj con 5.0 ml. de agua caliente y adicionar este líquido al crisol. Recoger el material insoluble en un papel filtro libre de cenizas y lavar con agua caliente hasta que el filtrado sea neutro. Transferir el papel filtro que contiene al material insoluble al crisol original, secar en una placa de calentamiento e incinerar hasta peso constante. Dejar enfriar el residuo en un desecador adecuado durante 30 minutos y pesar. Calcular el % de cenizas ácido – insolubles en el material secado al aire.³⁷

5.2.3.3. Cenizas solubles en agua

Al crisol que contiene las cenizas totales, adicionar 25 ml. de agua y mantener en ebullición durante 5 minutos. Enfriar la materia insoluble en un crisol de vidrio sinterizado o en un papel libre de cenizas. Lavar con agua caliente e incinerar en un crisol durante 15 minutos a una temperatura que no exceda los 450°C. Restar el peso en miligramos de este residuo del peso de las cenizas solubles en agua en el material vegetal secado al aire.³⁷

5.2.4. Material Extraíble

5.2.4.1. Maceración en frío

Colocar 4.0 g de material seco, gruesamente pulverizado, en un matraz Erlenmeyer con tapón de vidrio. Adicionar 100 ml. de etanol, agitar frecuentemente durante 6 horas, posteriormente dejar reposar durante 18 horas. Finalmente rápidamente, cuidando de no perder disolvente; transferir 25 ml. del filtrado a una capsula de evaporación previamente puesta a peso constante y evaporar a sequedad en B.M., secar a 105°C durante 6 horas, enfriar en un desecador durante 30 minutos y pesar. Calcular el porciento del material extraíble en el material secado al aire.³⁷

5.2.5. Determinación de humedad

Determinación de humedad de la droga: Lavar, secar y colocar en el horno a 105 °C las cápsulas de porcelana a utilizar, dejarlas en el horno 15 minutos, luego colocarlas en la desecadora 20 minutos. Pesar 1 gramo de la planta en una cápsula previamente preparada y tarada. Colocar las cápsulas por una hora en el horno a 105°C, utilizar cronómetro. Al concluir este tiempo, sacar las cápsulas de porcelana del horno y colocarlas en una desecadora por 30 minutos. Pesar y hacer los cálculos de porcentaje de humedad.

Cálculos:

$$\left[\frac{(P^2 - P^3)}{P^1} \right] * [100] = \% \text{ de Humedad.}$$

P¹: Peso de muestra

P²: peso inicial de muestra húmeda

P³: peso final de muestra seca

5.2.6. Pruebas preliminares y Metodología sobre reacciones Fitoquímicas

5.2.6.1. Identificación de Alcaloides

Metabolito	Ensayos
Alcaloides	Dragendorff
	Mayer's
	Wagner

Tabla 5.1 Ensayos preliminares para la determinación de alcaloides

5.2.6.1.1. Ensayo de Dragendorff:

Sí la alícuota del extracto esta disuelta en un solvente orgánico debe evaporarse en B.M. y el residuo redisolverse en 1 ml de ácido clorhídrico 1 % (HCl) en agua, se mezcla con 3 gotas del reactivo. Si hay opalescencia se considera (+), turbidez definida (++), presencia de color rojo ladrillo (+++). Si el extracto es acuoso, a la alícuota se le añade una gota de ácido clorhídrico concentrado, se procede de la misma forma, se calienta suavemente y se deja enfriar hasta acidez.

5.2.6.1.2. Ensayo de Mayer's:

Proceda de la forma descrita anteriormente hasta obtener la solución ácida. Añada una pizca de Cloruro de Sodio en polvo (NaCl), agite y filtre. Añadir 2 ó 3 gotas del reactivo: si se observa opalescencia (+), turbidez indefinida (++) o precipitado coposo color crema, blanco o amarillo (+++) indica que la reacción es positiva.

Observaciones: en el caso de alcaloides cuaternarios y óxidos de aminas libres, estos solo se encuentran en el extracto acuoso y para considerar su presencia la reacción debe ser (++) ó (+++) en todos los casos, ya que un resultado (+) puede provenir de una extracción incompleta de bases primarias, secundarias y terciarias.

5.2.6.1.3. Ensayo de Wagner:

Se parte al igual que en los casos anteriores de la solución ácida, añadiendo 2 ó 3 gotas del reactivo, clasificando los resultados positivos se indica por un precipitado carmelita.

Interferencias:

- Aminoácidos
- Aminas metiladas
- Coumarinas
- Carbohidratos
- Substancias albuminosas
- Sales de amonio
- Taninos
- Hidroxiflavonas alquiladas
- Cardenólidos y Bufadienólidos

5.2.6.2. Identificación de Triterpenos y Esteroides

Metabolito	Ensayos
Triterpenos y Esteroides	Solkowski
	Lieberman – Burchard
	Rosemhein
	c/ ácido tricloroacético

Tabla 5.2 Ensayos Preliminares para la determinación de Triterpenos y Ester.

5.2.6.2.1. Ensayo de Lieberman – Burchard:

Permite reconocer en un extracto la presencia de triterpenos y/o esteroides porque ambos tipos de productos poseen un núcleo del androstano, generalmente insaturado en el anillo B y doble enlace en las posiciones 5 – 6.

Para ello si la alícuota no se encuentra en cloroformo (HCCl_3) debe evaporarse el disolvente en B.M. y el residuo redisolverse en 1 ml. de HCCl_3 , al que se le adiciona 1 ml. de anhídrido acético y se mezcla bien, por la pared del tubo de ensayo se dejan correr 2 – 3 gotas de ácido sulfúrico (H_2SO_4) sin agitar.

Un ensayo positivo se tiene por un cambio rápido de coloración.

- Rosado – azul: muy rápido
- Verde intenso: visible aunque rápido
- Verde oscuro: negro final de la reacción

A veces el ensayo queda en fases o desarrollo de color. Muy pocas veces puede observarse el primer cambio. El tercer cambio ocurre generalmente cuando el material evaluado tiene cantidades importantes de estos compuestos.

Una coloración amarilla después de 15 minutos, parece corresponder a un metilo en carbono 14 y un doble enlace en 7 – 8. La prueba es positiva con esteroides que contienen dos dobles enlaces conjugados.

Esta reacción se emplea también para diferenciar las estructuras esteroidales de las triterpénicas; las primeras producen coloraciones azules o azules verdosas mientras que para las segundas se observa color rojo, rosado o púrpura.

Estas coloraciones pueden variar por interferencias producidas por:

- Carotenos
- Xantofilas
- Esteroides saturados

Otras interferencias de esta reacción:

- Saponinas y sapogeninas insaturadas o con varios hidroxilos esteroidales y/o triterpénicas.

Nota: para realizar este ensayo no puede haber agua en el medio de reacción, pues esta con el H_2SO_4 reacciona violeta y puede ocurrir un accidente.

5.2.6.2.2. Ensayo de Solkowsky:

1 ml. de la fracción disuelta en HCCl_3 se coloca en un tubo de ensayo con 1 ml de H_2SO_4 concentrado. Un ensayo positivo se indica por una coloración amarilla rojiza.

5.2.6.2.3. Ensayo de Rosehmein:

1 ml de la fracción en cloroformo se mezcla con 1 ml de la solución de ácido tricloroacético al 90 % en agua en un tubo de ensayo. Si hay dienos nucleares reales o potenciales se forma un color violeta que cambia a azul después de 20 minutos.

5.2.6.2.4. Ensayo con ácido tricloroacético:

Sirve para diferenciar esteroides y triterpenos tetracíclicos de los triterpenos pentacíclicos por los cambios de color que se desarrollan a diferentes temperaturas (muestra + cristales de $\text{CCl}_3 - \text{CO}_2\text{H}$)

Triterpenos tetracíclicos y esteroides muestran coloración a 60°C , mientras que pentacíclicos dan color a partir de 110°C .

5.2.6.3. Identificación de Quinonas

Metabolito	Ensayos
Quinonas	Borntrager
	Variante con Benceno

Tabla 5.3 Ensayos Preliminares para la determinación de Quinonas

5.2.6.3.1. Ensayo de Borntrager:

Si la alícuota no se encuentra en cloroformo, debe evaporarse el solvente en baño de agua y el residuo redisolverse en 1 ml. de HCCl_3 , esto se agita con 1 ml. de solución de hidróxido de sodio (NaOH), potasio o amonio (KOH o NH_4OH) al 5 % en agua, mezclando las fases y se deja en reposo hasta separación. Si la fase acuosa alcalina (superior) se colorea de rosado a rojo (coloración rosada (++) , roja (+++)) el ensayo se considera positivo (Naftoquinonas y antraquinonas). Un ensayo negativo no excluye la presencia de quinonas, ya que pueden encontrarse en forma de glicósidos, siendo necesaria la hidrólisis previa de los mismos para su posterior detección (glicósidos antracénicos).

5.2.6.3.2. Variante:

2 ml de la fracción de HCCl_3 se concentra a sequedad y se redisuelve en 2 ml. de benceno. Se agita en un tubo de ensayo con 2 ml. de NaOH al 5 % en agua.

Una evidencia positiva es la que sigue:

- 1 – 2 – Naftoquinonas benceno (rojo), álcalis (azul violáceo).
- 1 – 4 – Naftoquinonas benceno (amarillo), álcalis (rojo).

5.2.6.4. Identificación de Coumarinas

Metabolito	Ensayos
Coumarinas	Baljet
	Legal

Tabla 5.4 Ensayos preliminares para determinar Coumarinas

5.2.6.4.1. Ensayo de Baljet:

Permite reconocer en un extracto la presencia de compuestos con agrupamientos lactónicos, en particular coumarinas, aunque puedan dar positivos otros metabolitos.

Si la alícuota del extracto no se encuentra en alcohol, debe evaporarse el solvente en baño de agua y redisolverse en la menor cantidad de alcohol (1 ml.). En estas condiciones se adiciona 1 ml. del reactivo, considerándose un ensayo positivo la aparición de coloración (++) o precipitado rojo (+++), respectivamente.

Interferencias a estas reacciones:

- Lactonas sesquiterpénicas o sesquiterpenlactonas
- Simaroubalidos y Limonoides

5.2.6.4.2. Ensayo de Legal:

Una solución del extracto disuelto en alcohol etílico se le añaden 2 gotas de una solución recientemente preparada de nitro-prusiato de sodio al 5 % en agua y a continuación 1 – 3 gotas de solución de NaOH 2M. En caso positivo aparece una coloración roja intensa que desaparece en unos minutos.

Interferencias a esta reacción:

- Lactonas sesquiterpénicas

5.2.6.5. Identificación de Saponinas

Metabolito	Ensayo
Saponinas	Espuma
	Rosenthaler

Tabla 5.5 Ensayos preliminares para determinación de Saponinas

5.2.6.5.1. Ensayo de espuma:

Permite conocer la presencia de saponinas tanto de tipo esterooidal como triterpénicas.

De modo que si la alícuota se encuentra en alcohol se diluye con 5 veces el mismo volumen en agua y se agita la mezcla fuertemente durante 5 – 10 minutos, dejándose en reposo. El ensayo se considera positivo si aparece espuma de más de 2 mm de altura, en la superficie del líquido y persiste por más de 2 minutos.

5.2.6.5.2. Ensayo de Rosenthaler:

A una porción del residuo, se añade una gota del reactivo de Rosenthaler y una gota de ácido sulfúrico concentrado. Las saponinas de triterpenos pentacíclicos dan color violeta.

5.2.6.6. Identificación de Fenoles y Taninos

Metabolito	Ensayo
Fenoles y Taninos	Cloruro Férrico
	Gelatina
	Cafeína

Tabla 5.6 Ensayos preliminares para la determinación de Fenoles y Taninos

5.2.6.6.1. Ensayo de Cloruro Férrico:

A la fracción disuelta en 1 ml. de etanol se le añade 0.5 ml (o 3 gotas) de una solución de Cloruro Férrico al 5 % en solución salina fisiológica. La aparición de un precipitado o color verde oscuro indica la presencia de fenoles y/o taninos.

Si el extracto es acuoso el ensayo determina fundamentalmente taninos. A la alícuota del extracto se le añade acetato de sodio para neutralizar y 3 gotas de una solución de FeCl_3 al 5 % en solución salina fisiológica.

Un ensayo (+) puede dar la siguiente información general:

- Desarrollo de una coloración rojo – vino, compuestos fenólicos en general.
- Desarrollo de una coloración verde intensa, taninos del tipo pirocatecólicos
- Desarrollo de una coloración azul, taninos del tipo pirogalo taninos.

Interferencias a esta reacción:

- Todos los compuestos que contengan OH fenólicos
- Flavonoides
- Lignanós
- Lactonas sesquiterpénicas
- Quinonas

5.2.6.6.2. Ensayo de gelatina:

Concentrar a sequedad 1 ml del extracto alcohólico y adicionar 1 ml de solución salina fisiológica y 3 gotas de solución de gelatina recientemente preparada a 0.5 %. Un precipitado blanco o turbidez indica un ensayo positivo. Si la fracción es acuosa no es necesario evaporar.

5.2.6.7. Identificación de Glicósidos Cardiotónicos

Metabolito	Ensayo
Glicósidos	Kedde
cardiotónicos	Raymond

Tabla 5.7 Ensayos para determinación de Glicósidos Card.

5.2.6.7.1. Ensayo de Kedde:

La fracción se disuelve en 1 ml. de etanol, se mezcla con 1 ml. del reactivo y se deja reposar durante 5 – 10 minutos. Un ensayo positivo es aquel en el que se desarrolla una coloración azul o violeta persistente durante 1 – 2 horas (Cardenólidos y sus agliconas).

5.2.6.7.2. Ensayo de Raymond:

El residuo se disuelve en 1 ml. de etanol al 50 %, se agregan unas gotas de solución de m – dinitrobenceno al 10 % en etanol y unas gotas de solución de NaOH al 20 % en agua. Un ensayo (+) se indica por una coloración violeta o azul. Esta prueba la dan positivos sustituyentes con grupos metilenos activos

5.2.6.8. Identificación de Flavonoides

Metabolito	Ensayo
Flavonoides	Shinoda
	Álcalis
	Rosemhein
	Catequinas

Tabla 5.8 Ensayos preliminares para la determinación de Flavonoides

5.2.6.8.1. Ensayo de Shinoda:

Una alícuota del extracto en alcohol o 2 ml. de la fracción acuosa o el residuo disuelto en 2 ml. de agua se le adiciona 1 ml. de HCl concentrado y un pedacito de magnesio metálico o zinc. Cuando la reacción termina se añade 1 ml. o 2 ml. de alcohol amílico y se agita.

El ensayo se considera positivo cuando el alcohol amílico se colorea de amarillo, naranja, rosado, vino, carmelita o rojo intenso en todos los casos, ocasionalmente verde o azul como reacción positiva para aglicón o heterósidos.

Las coloraciones que a continuación se describen son indicativas de determinados flavonoides:

- Coloraciones amarilla, naranja hasta rojo son indicativas de la presencia de flaonas.
- Coloraciones rojo a carmesí o rojo o magenta indicativos de flavonol o flavononol
- Colores carmesí a magenta; rojo, magenta, violeta, azul son indicativos de flavanonas
- Color amarillo es indicativo de isoflavonas
- Las isoflavanonas, calconas y auronas no dan coloración

5.2.6.8.2. Ensayo de álcalis:

1 ml de la alícuota del extracto se basifica. Un ensayo positivo es cuando se obtienen coloración amarilla que es indicativa de flaonas, flavononol e isoflavonas,

colores de amarillo a naranja son indicativos de la presencia de falavanonas y flavonol y colores de naranja a rojo, calconas.

Interferencias:

- Quinonas: color rojo a púrpura

5.2.6.8.3. Ensayo de Rosemhein:

Permite reconocer en un extracto la presencia de leucoantocianidinas y antocianidinas, 1 ml. del extracto en etanol se calienta 10 minutos con 1 ml. de HCl concentrado. Se deja enfriar y se añade 1 ml. de agua y se agita con 2 ml. de alcohol amílico. Se dejan separar las dos fases.

La aparición de color rojo a marrón en la fase amílica es indicativa de un ensayo (+). Colores rojo anaranjado o rojo azulado es indicativo de antocianidinas

5.2.6.8.4. Ensayo de catequinas:

Para ello tome de la solución alcohólica obtenida una gota con la ayuda de un capilar y aplique la solución sobre papel filtro. Sobre la mancha aplique solución de carbonato de sodio. La aparición de una mancha verde carmelita a la luz ultravioleta indica un ensayo positivo.

6. RESULTADOS

Recolección de la muestra.

La recolección del material vegetal se llevó a cabo de manera que nos permita obtener muestras adecuadas para asegurar la presencia de los metabolitos evitando la mezcla con otras especies o contaminantes que interfieran con la investigación.

El material vegetal que se recolectó fueron las hojas, corteza, semillas y fruto del árbol, que no presenten manchas, puesto que indica la presencia de infestación parasitaria, una vez recolectada la planta se colocó en prensas de madera con periódico para su transportación del lugar de colecta al área de observación y trabajo, además de que se procede a la elaboración de un ejemplar para su conservación e identificación posterior.

Identificación Botánica

La especie botánica fue Identificada, Certificada y Referenciada en el Herbario de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo por la Bióloga Rosa Isabel Fuentes Chávez como *Swietenia humilis* Zucc., de acuerdo a las claves descritas según La Flora de Guatemala y el espécimen preservado. (Figura. 6.1) (Ver anexo 2, Figura 6.9.1, 6.9.2, 6.9.3)



Figura 6.1 Ejemplar Botánico Identificado

Posterior a su identificación se procedió a realizar los análisis correspondientes.

Monografía de acuerdo a MGA-FH

CÓBANO, CORTEZA

***Swietenia humilis* Zucc.**

DEFINICIÓN. La corteza del Cóbano es la corteza seca del tronco del árbol *Swietenia humilis* Zucc. Familia Meliaceae. Se presenta en trozos de varios tamaños, tiene un color rojo característico.

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA. Esta corteza presenta un fuste de 30 a 50 cm de diámetro, una corteza agrietada longitudinalmente, la muestra en bruto presenta descamación. Presenta una coloración gris y lisa mientras que es joven, ya que cuando crece se torna color gris oscuro o negro parduzco, pasando por la tonalidad rojiza, siendo más notoria en la parte interna

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA. Esta corteza presenta un duramen pardo rojizo; duro, leñoso y pesado. En cuanto a las características como madera es una especie sin porosidad anular, radios estratificados bastos, presenta vasos múltiples, y gruesos, fácilmente visibles a simple vista. Cuenta con depósitos rojizos o negros comunes.

CENIZAS TOTALES. MGA – FH 0060. No más de 18.7 %. Determinar en 3.0 g de corteza molida.

CENIZAS INSOLUBLES EN ÁCIDO MGA – FH 0060. No más de 1.5 %. Determinar en 3.0 g de corteza molida.

CENIZAS SOLUBLES EN AGUA. MGA – FH 0060. No más de 0.15 %. Determinar en 3.0 g de corteza molida

MATERIA EXTRAÑA. MGA – FH 0030. No más de 2.0 por ciento.

% HUMEDAD. No más de 10.1 % $\pm$ 0.5 % (corteza).

MATERIAL EXTRAÍBLE MGA – FH 0070. MÉTODO 2. MACERACIÓN EN FRÍO. Etanol: entre 5.7 % y 5.9 %.

CONSERVACIÓN. A temperatura ambiente, en envases cerrados, sacos o costales protegidos de la luz y la humedad.

EXAMEN VISUAL E INSPECCIÓN

MATERIAL VEGETAL. Corteza.

COLOR. Rojizo en parte interna, tornándose oscura en la parte externa

APARIENCIA. Presenta una superficie rugosa, áspera, leñosa, con nudos.

FUERZA DEL OLOR. Contiene un olor evidente

TIPO DE OLOR. Olor dulce y aromático (sui generis)

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS PRELIMINARES
Material Vegetal (CORTEZA)

Tabla 6.1.1 Identificación de Alcaloides

METABOLITO	ENSAYOS	REACCIÓN	COLORACIÓN
Alcaloides	Dragendorff	-	
	Mayer's	-	
	Wagner	-	

Tabla 6.1.2 Identificación de Triterpenos y Esteroides

METABOLITO	ENSAYOS	REACCIÓN	COLORACIÓN
Triterpenos y Esteroides	Solkowski	-	
	Lieberman – Burchard	++	pp. púrpura
	Rosemhein	-	
	c/ ácido tricloroacético		

Tabla 6.1.3 Identificación de Quinonas

METABOLITO	ENSAYOS	REACCIÓN	COLORACIÓN
Quinonas	Borntrager (NaOH)	-	
	Borntrager (KOH)	-	
	Variante con Benceno	-	

Tabla 6.1.4 Identificación de Coumarinas

METABOLITO	ENSAYOS	REACCIÓN	COLORACIÓN
Coumarinas	Baljet	++++	pp rojo
	Legal	++++	Rojo intenso

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS PRELIMINARES
Material Vegetal (CORTEZA)

Tabla 6.1.5 Identificación de Saponinas

METABOLITO	ENSAYO	REACCIÓN	COLORACIÓN
Saponinas	Espuma	++	Espuma
	Rosenthaler	++	rojo violeta

Tabla 6.1.6 Identificación de Fenoles y Taninos

METABOLITO	ENSAYO	REACCIÓN	COLORACIÓN
Fenoles y Taninos	Cloruro Férrico	++++	pp. verde oscuro
	Gelatina	+	pp. blanco

Tabla 6.1.7 Identificación de Glicósidos Cardiotónicos

METABOLITO	ENSAYO	REACCIÓN	COLORACIÓN
Glicósidos cardiotónicos	Kedde	+	Violeta
	Raymond	+	Violeta

Tabla 6.1.8 Identificación de Flavonoides

METABOLITO	ENSAYO	REACCIÓN	COLORACIÓN
Flavonoides	Shinoda	++	Rojo
	Álcalis	++	Rojiza
	Rosemhein	+++	rojo marrón
	Catequinas	++++	carmelita (UV)

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS PRELIMINARES
Material Vegetal (HOJA)

Tabla 6.2.1 Identificación de Alcaloides

METABOLITO	ENSAYOS	REACCIÓN	COLORACIÓN
Alcaloides	Dragendorff	-	
	Mayer's	-	
	Wagner	-	

Tabla 6.2.2 Identificación de Triterpenos y Esteroides

METABOLITO	ENSAYOS	REACCIÓN	COLORACIÓN
Triterpenos y Esteroides	Solkowski	-	
	Lieberman – Burchard	++++	Verde oscuro – negro
	Rosemhein	-	
	c/ ácido tricloroacético		

Tabla 6.2.3 Identificación de quinonas

METABOLITO	ENSAYOS	REACCIÓN	COLORACIÓN
Quinonas	Borntrager (NaOH)	-	
	Borntrager (KOH)	-	
	Variante con Benceno	-	

Tabla 6.2.4 Identificación de Coumarinas

METABOLITO	ENSAYOS	REACCIÓN	COLORACIÓN
Coumarinas	Baljet	+	pp rojo
	Legal	+	rojo intenso

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS PRELIMINARES
Material Vegetal (HOJA)

Tabla 6.2.5 Identificación de Saponinas

METABOLITO	ENSAYO	REACCIÓN	COLORACIÓN
Saponinas	Espuma	++	Espuma
	Rosenthaler	-	

Tabla 6.2.6 Identificación de Fenoles y Taninos

METABOLITO	ENSAYO	REACCIÓN	COLORACIÓN
Fenoles y Taninos	Cloruro Férrico	+	verde oscuro
	Gelatina	+	pp. blanco

Tabla 6.2.7 Identificación de Glicósidos Cardiotónicos

METABOLITO	ENSAYO	REACCIÓN	COLORACIÓN
Glicósidos cardiotónicos	Kedde	-	
	Raymond	-	

Tabla 6.2.8 Identificación de Flavonoides

METABOLITO	ENSAYO	REACCIÓN	COLORACIÓN
Flavonoides	Shinoda	++	Rojo
	Álcalis	++	Amarilla
	Rosemhein	+	amarilla – anaranjado
	Catequinas	++++	carmelita (UV)

ANÁLISIS CROMATOGRÁFICO

Alcaloides



Muestra:

Extracto alcohólico de corteza de la especie *Swietenia humilis* Zucc.

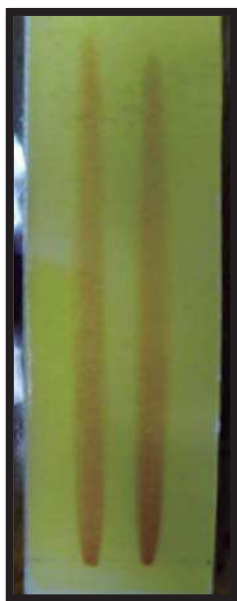
Soporte:

Sílice Gel G₆₀

Sistema de solvente:

Hidróxido de amonio : Metanol (1.5:100)

Figura 6.2 Cromatografía Alcaloides



Muestra:

Extracto alcohólico de corteza de la especie *Swietenia humilis* Zucc.

Soporte:

Sílice gel G₆₀

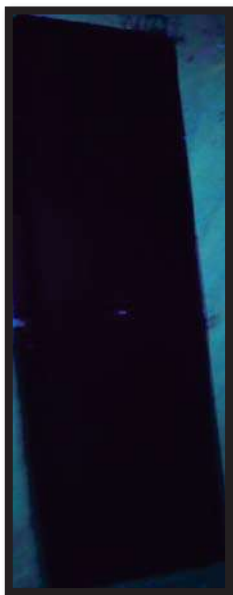
Sistema de solvente:

Hidróxido de amonio : Metanol (1.5:100)

Revelador:

Dragendorff

Figura 6.2.1 Cromatografía Alcaloides + Dragendorff



Muestra:

Extracto alcohólico de corteza de *Swietenia humilis* Zucc.

Soporte:

Sílice gel G₆₀

Sistema de solvente:

Hidróxido de amonio : Metanol (1.5:100)

Revelador:

Dragendorff + Luz UV.

Figura 6.2.2 Cromatografía Alcaloides + Revelador + Luz UV

Flavonoides



Muestra:

Extracto alcohólico de corteza (C) y hoja (H) de la especie *Swietenia humilis* Zucc.

Soporte:

Sílice gel G₆₀

Sistema de solvente:

Acetato de etilo : Ácido fórmico : Ácido acético glacial : Agua
(100:11:11:27)

Figura 6.3 Cromatografía Flavonoides



Muestra:

Extracto alcohólico de corteza (C) y hoja (H) de la especie de *Swietenia humilis* Zucc.

Soporte:

Sílice gel G₆₀

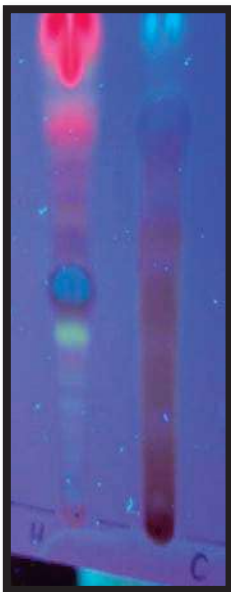
Sistema de solvente:

Acetato de etilo : Ácido fórmico : Ácido acético glacial : Agua
(100:11:11:27)

Revelador:

(Vainillina – Ácido sulfúrico) + (Luz UV)

Figura 6.3.1 Cromatografía Flavonoides + Revelador



Muestra:

Extracto alcohólico de corteza (C) y hoja (H) de la especie de *Swietenia humilis* Zucc.

Soporte:

Sílice gel G₆₀

Sistema de solvente:

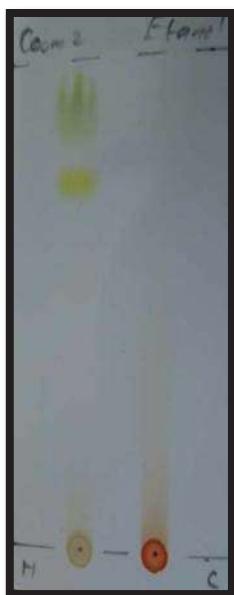
Acetato de etilo : Ácido fórmico : Ácido acético glacial : Agua
(100:11:11:27)

Revelador:

(Vainillina – Ácido Sulfúrico) + Luz (UV)

Figura 6.3.2 Cromatografía Flavonoides + Revelador + Luz UV

Coumarinas



Muestra:

Extracto alcohólico de corteza (C) y hoja (H) de la especie de *Swietenia humilis* Zucc.

Soporte:

Sílice gel G₆₀

Sistema de solvente:

Acetato de etilo

Figura 6.4 Cromatografía Coumarinas



Muestra:

Extracto alcohólico de corteza (C) y hoja (H) de la especie de *Swietenia humilis* Zucc.

Soporte:

Sílice gel G₆₀

Sistema de solvente:

Acetato de etilo

Revelador:

Hidróxido de potasio en etanol al 5 – 10 %

Figura 6.4.1 Cromatografía Coumarinas + Revelador



Muestra:

Extracto alcohólico de corteza (C) y hoja (H) de la especie de *Swietenia humilis* Zucc.

Soporte:

Sílice gel G₆₀

Sistema de solvente:

Acetato de etilo

Revelador:

(Hidróxido de potasio en etanol 5 – 10 %) + (Luz UV)

Figura 6.4.2 Cromatografía Coumarinas + Revelador + Luz UV



Muestra:

Extracto alcohólico de corteza (C) y hoja (H) de la especie de *Swietenia humilis* Zucc.

Soporte:

Sílice gel G₆₀

Sistema de solvente:

Tolueno : Éter (1:1) saturado con ácido acético al 10 %

Figura 6.4.3 Cromatografía Coumarinas (S.S.)



Muestra:

Extracto alcohólico de corteza (C) y hoja (H) de la especie de *Swietenia humilis* Zucc

Soporte:

Sílice gel G₆₀

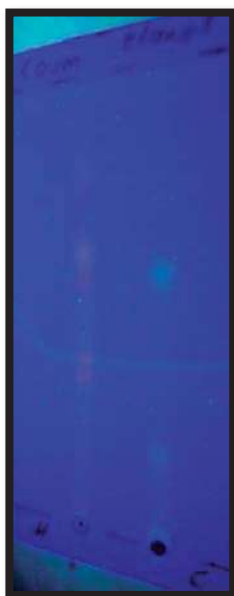
Sistema de solvente:

Tolueno : Éter (1:1) saturado con ácido acético al 10 %

Revelador:

Luz UV

Figura 6.4.4 Cromatografía Coumarinas (S.S.) + Revelador



Muestra:

Extracto alcohólico de corteza (C) y hoja (H) de la especie de *Swietenia humilis* Zucc

Soporte:

Sílice gel G₆₀

Sistema de solvente:

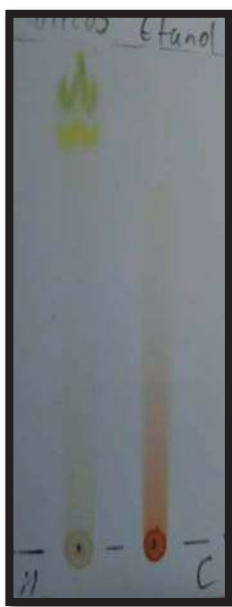
Tolueno : Éter (1:1) saturado con ácido acético al 10 %

Revelador:

(Hidróxido de potasio 5 – 10 %) + (Luz UV)

Figura 6.4.5 Cromatografía Coumarinas (S.S.) + Revelador + Luz UV.

Glicósidos Cardiotónicos



Muestra:

Extracto alcohólico de corteza (C) y hoja (H) de la especie de *Swietenia humilis* Zucc.

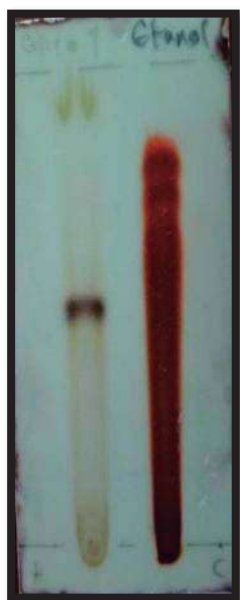
Soporte:

Sílice gel G₆₀

Sistema de solvente:

Acetato de etilo : Metanol : Etanol : Agua (81:11:4:8)

Figura 6.5 Cromatografía Glicósidos Cardiotónicos



Muestra:

Extracto alcohólico de corteza (C) y hoja (H) de la especie de *Swietenia humilis* Zucc

Soporte:

Sílice gel G₆₀

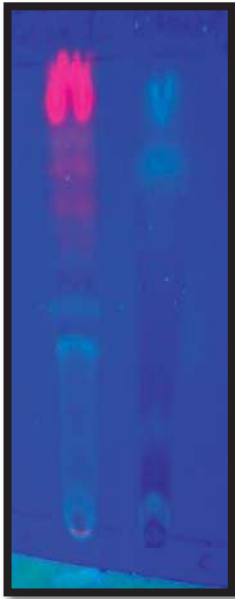
Sistema de solvente:

Acetato de etilo : Metanol : Etanol : Agua (81:11:4:8)

Revelador:

Reactivo Kedde

Figura 6.5.1 Cromatografía Glicósidos Cardiacos + Revelador



Muestra:

Extracto alcohólico de corteza (C) y hoja (H) de la especie de *Swietenia humilis* Zucc.

Soporte:

Sílice gel G₆₀

Sistema de solvente:

Acetato de etilo : Metanol : Etanol : Agua (81:11:4:8)

Revelador:

(Reactivo Kedde) + (Luz UV)

Figura 6.5.2 Cromatografía Glicósidos Cardiotónicos

Principios amargos (Extractos amargos)



Muestra:

Extracto alcohólico de corteza (C) y hoja (H) de la especie de *Swietenia humilis* Zucc.

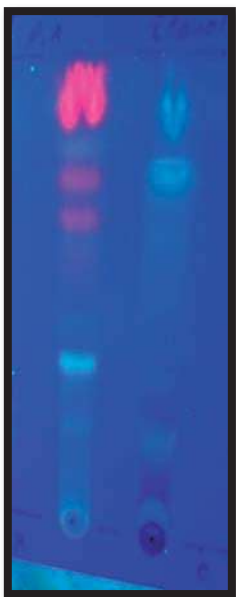
Soporte:

Sílice gel G₆₀

Sistema de solvente:

Acetato de etilo : Metanol : Agua (77:15:8)

Figura 6.6 Cromatografía Principios amargos



Muestra:

Extracto alcohólico de corteza (C) y hoja (H) de la especie de *Swietenia humilis* Zucc.

Soporte:

Sílice gel G₆₀

Sistema de solvente:

Acetato de etilo : Metanol : Agua (77:15:8)

Revelador:

Luz UV

Figura 6.6.1 Cromatografía Principios amargos + Luz UV



Muestra:

Extracto alcohólico de corteza (C) y hoja (H) de la especie de *Swietenia humilis* Zucc.

Soporte:

Sílice gel G₆₀

Sistema de solvente:

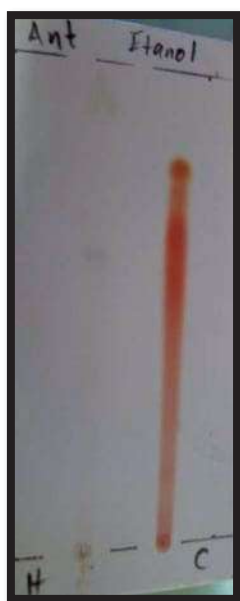
Acetato de etilo : Metanol : Agua (77:15:8)

Revelador:

(Vainillina – Ácido sulfúrico) + (Luz UV)

Figura 6.6.2 Cromatografía Principios amargos + (Vainillina:Ácido sulfúrico)

Derivados Antracénicos



Muestra:

Extracto alcohólico de corteza (C) y hoja (H) de la especie de *Swietenia humilis* Zucc

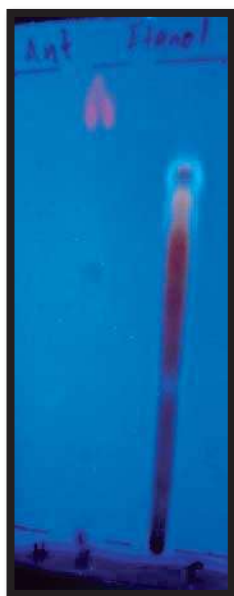
Soporte:

Sílice gel G₆₀

Sistema de solvente:

Acetato de etilo : Metanol : Agua

Figura 6.7 Cromatografía Derivados Antracénicos



Muestra:

Extracto alcohólico de corteza (C) y hoja (H) de la especie de *Swietenia humilis* Zucc.

Soporte:

Sílice gel G₆₀

Sistema de solvente:

Acetato de etilo : Metanol : Agua

Revelador:

Hidróxido de potasio en etanol al 5 %

Figura 6.7.1 Cromatografía Derivados Antracénicos + KOH 5% en etanol + Luz UV

Cromatografía en columna

Extracto alcohólico de corteza de la especie *Swietenia humilis* Zucc.

Soporte:

Alumina

Sistema de solvente:

Acetato de etilo : Metanol

Cloroformo : Metanol



Figura 6.8 Columna cromatografica

Se realizó una cromatografía en columna, en la que se obtuvieron 35 fracciones de 8 – 10 ml aprox., en la que se obtuvieron cristales en 2 fracciones (fracción 16 y fracción 24) a los cuales se les obtuvo el espectro IR para poder elucidar su estructura

7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se realizó un análisis para determinar la presencia de 10 familias de metabolitos secundarios en la corteza y hojas de la especie *Swietenia humilis* Zucc., crecida en zonas de la selva baja caducifolia y pastizales, en la localidad de Nuevo Coróndiro, Municipio de Múgica, Estado de Michoacán; la colecta se realizó en su hábitat; el grupo de metabolitos secundarios monitoreados son: alcaloides, triterpenos, esteroides, quinonas, coumarinas, saponinas, fenoles y taninos, glicósidos cardiotónicos, flavonoides, principios amargos y derivados antracénicos con el método cromatografía en capa fina (TLC) y Tamizaje Fitoquímico.

**Tabla 7.1 Resultados de las pruebas preliminares
Material Vegetal (CORTEZA)**

METABOLITO	ENSAYOS	REACCIÓN	COLORACIÓN
Alcaloides	Dragendorff	-	
	Mayer's	-	
	Wagner	-	
Triterpenos y Esteroides	Solkowski	-	
	Lieberman – Burchard	++	pp. púrpura
	Rosemhein	-	
	c/ ácido tricloroacético		
Quinonas	Borntrager (NaOH)	-	
	Borntrager (KOH)	-	
	Variante con Benceno	-	
Coumarinas	Baljet	++++	pp rojo
	Legal	++++	Rojo intenso
Saponinas	Espuma	++	Espuma
	Rosenthaler	++	rojo violeta
Fenoles y Taninos	Cloruro Férrico	++++	pp. verde oscuro
	Gelatina	+	pp. blanco
Glicósidos cardiotónicos	Kedde	+	Violeta
	Raymond	+	Violeta
	Shinoda	++	Rojo
Flavonoides	Álcalis	++	Rojiza
	Rosemhein	+++	rojo marrón
	Catequinas	++++	carmelita (UV)

**Tabla 7.2 Resultados de las pruebas preliminares
Material Vegetal (HOJA)**

METABOLITO	ENSAYOS	REACCIÓN	COLORACIÓN
Alcaloides	Dragendorff	-	
	Mayer's	-	
	Wagner	-	
Triterpenos y Esteroides	Solkowski	-	
	Lieberman – Burchard	++++	Verde obsc.- negro
	Rosemhein	-	
	c/ ácido tricloroacético		
Quinonas	Borntrager (NaOH)	-	
	Borntrager (KOH)	-	
	Variante con Benceno	-	
Coumarinas	Baljet	+	pp rojo
	Legal	+	rojo intenso
Saponinas	Espuma	++	Espuma
	Rosenthaler	-	
Fenoles y Taninos	Cloruro Férrico	+	verde obscuro
	Gelatina	+	pp. blanco
Glicósidos cardiotónicos	Kedde	-	
	Raymond	-	
Flavonoides	Shinoda	++	rojo
	Álcalis	++	amarilla
	Rosemhein	+	amarillo– anaranjado
	Catequinas	++++	carmelita (UV)

8. CONCLUSIONES

El extracto que se eligió para determinar los parámetros que solicita la Farmacopea Herbolaria de los Estados Unidos Mexicanos fue el de la corteza de *Swietenia humilis Zucc.*, los resultados obtenidos fueron los siguientes: 18.7 % de cenizas totales, no más de 1.5 % de cenizas insolubles en ácido, 0.15 % cenizas solubles en agua, no más del 2.0 % de materia extraña, de entre 5.7% y 5.9 % de material extraíble, se debe conservar a temperatura ambiente, en envases cerrados, sacos o costales protegidos de la luz y la humedad. Presentar una coloración rojiza en la parte interna de la corteza, tornándose obscura en la parte externa, en apariencia rugosa, leñosa y con nudos, con un olor sui generis.

Se comprobó la presencia de los siguientes metabolitos secundarios: Flavonoides, Glicósidos cardiotónicos, Fenoles, Taninos, Saponinas, Coumarinas y Triterpenos presentes en la corteza; Flavonoides, Glicósidos cardiotónicos, Fenoles, Taninos, Saponinas, Coumarinas, Triterpenos presentes en las hojas.

Los resultados de la cromatografía en columna fueron: obtuvimos los espectros de IR de los compuestos cristalizados y podemos concluir que el espectro de la fracción 16 (ver Anexo 5, Figura 8.1) tiene señales características de Grupo alquilo (202), presencia de un grupo amino o grupo hidroxilo (402), posible compuesto alifático, éster de ácido carboxílico (1401, 1402), ácido carboxílico sustituido con hidroxilo (1416) Compuesto carbonilo (4905) Posible éster o cetona (4925) y el espectro de la fracción 24 (ver Anexo 5, Figura 8.2) presenta señales características de grupo alquilo (201), compuesto aromático - posiblemente 1,2-sustituidos (265), compuesto aromático - posiblemente hidroxilo o amino sustituido (270), compuesto carboxílico - posiblemente éster o cetona (4925) generando posiblemente la estructura de una coumarina.

9. PERSPECTIVAS

De acuerdo a las características del extracto alcohólico de *Swietenia humilis* Zucc., encontramos que contiene coumarinas, flavonoides, saponinas, fenoles y taninos y glicósidos cardiotónicos sustancias que generalmente tienen efectos farmacológicos. Por el prestigio empírico como insecticidas de ésta familia, sugerimos que se realicen investigaciones tendientes a probar su efectividad como insecticida y/ fungicida.

10. ANEXOS

10.1. Anexo 1

Tabla 5.2.2

MATERIAL VEGETAL	TAMAÑO DE LA MUESTRA
Raíces, rizomas y corteza	500 g
Hojas, flores, semillas y fruto	250 g
Plantas medicinales en trozos (peso promedio para cada fragmento: menos de 0.5 g)	50 g

10.2. Anexo 2



Figura 6.9.1 Colecta de la especie botánica a analizar, en la localidad de Nuevo Coróndiro, Municipio de Múgica ubicado en el Estado de Michoacán.



Figura 6.9.2 Identificación de la especie *Swietenia humilis* Zucc.
 Retoño de flor de *Swietenia humilis* Zucc., a 10x para identificación microscópica de la especie.



Figura 6.9.3 Ejemplar de la especie *Swietenia humilis* Zucc.
 En la imagen se muestran hojas, corteza, flor y fruto de la especie para su Identificación, colectadas en la localidad de Nuevo Coróndiro, Municipio de Múgica ubicado en el Estado de Michoacán.

10.3. Anexo 3

HERBARIO DE LA FACULTAD DE BIOLOGÍA	
UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO	
MORELIA, MICHOACÁN, MÉXICO	
PLANTAS MICHOACANAS	
<i>Swietenia humilis</i> Zucc.	
Fam.	M E L I A C E A E N. V.
Loc.	Se encuentra ubicado en Nuevo Coróndiro, perteneciente al Municipio de Múgica en el Estado de Michoacán de Ocampo. Longitud: 190 03' 08'', Latitud: -102° 07' 29'' Fecha. 26 / febrero / 2011
Hab.	La recolección del espécimen se llevo a cabo junto a un terreno llano, entre pastizales y terrenos de cultivo, casi al pie de cerro, sobre una vereda, cerca de un poblado. Altura. 460 msnm.
Col.	pqFB Santana Hernández Leonel No.
Obs.	Árbol de 8 metros aprox., con fruto seco, con pocas hojas en retoño, flores pequeñas, en la parte de la corteza presenta grietas en algunas partes del tronco. Det. Bióloga Rosa Isabel Fuentes Chávez

Figura 10.3.1 Ficha técnica de Identificación de Especimen botánico

10.4. Anexo 4

PREPARACIÓN DE SOLUCIONES REACTIVAS

Solución reactiva de Dragendorff:

Solución A: mezclar 2 g. de Subnitrato de Bismuto con 25 ml. de Ácido Acético y 100 ml de H₂O

Solución B: disolver 40 g. de KI

Spray Dragendorff: mezclar 10 ml. de Solución A, 10 ml. de Solución B, 20 ml de Ácido Acético y 100 ml de H₂O.

Solución reactiva de Mayer's:

Se pesan 1.35 g. de Cloruro Mercúrico y se disuelven en 60 ml. de agua. Por otro lado se disuelven 5 g. de Yoduro de Potasio en 20 ml. de Agua, se mezclan ambas soluciones y se afora a 100 ml.

Solución reactiva de Wagner:

Se disuelven 20 g. de Yodo y 2 g. de Yoduro de Potasio en 20 ml. de agua y se aforan a 100 ml. con agua. La mayoría de las soluciones aciduladas de alcaloides forman precipitados floculentos de color marrón.

Solución Salina Fisiológica:

Cloruro de Sodio al 0.9 % en Agua.

Reactivo de Gelatina:

Se mezcla 1 g. de Gelatina pura con 100 ml. de Agua hasta hidratar.

Solución reactiva de Kedde:

Solución 1: Ácido 3,5 – Dinitrobenzoico al 2 % en Metanol

Solución 2: Hidróxido de potasio al 5 % en agua.

Se mezclan igual volumen de ambas soluciones en el momento de realizar el ensayo y dicha mezcla es la que se adiciona a la alícuota a evaluar.

Solución reactiva de Baljet:

Solución A: 1 g. de Ácido Pícrico (2,4,5 – Trinitrofenol) en 100 ml de Etanol.

Solución B: 10 g. de Hidróxido de Sodio en 100 ml de Agua.

Las soluciones se preparan de forma independiente y se mezclan en igual cantidad de volumen de cada una de ellas en el momento de realizar el ensayo. Dicha mezcla es la que se adiciona a la alícuota a evaluar.

10.5. Anexo 5

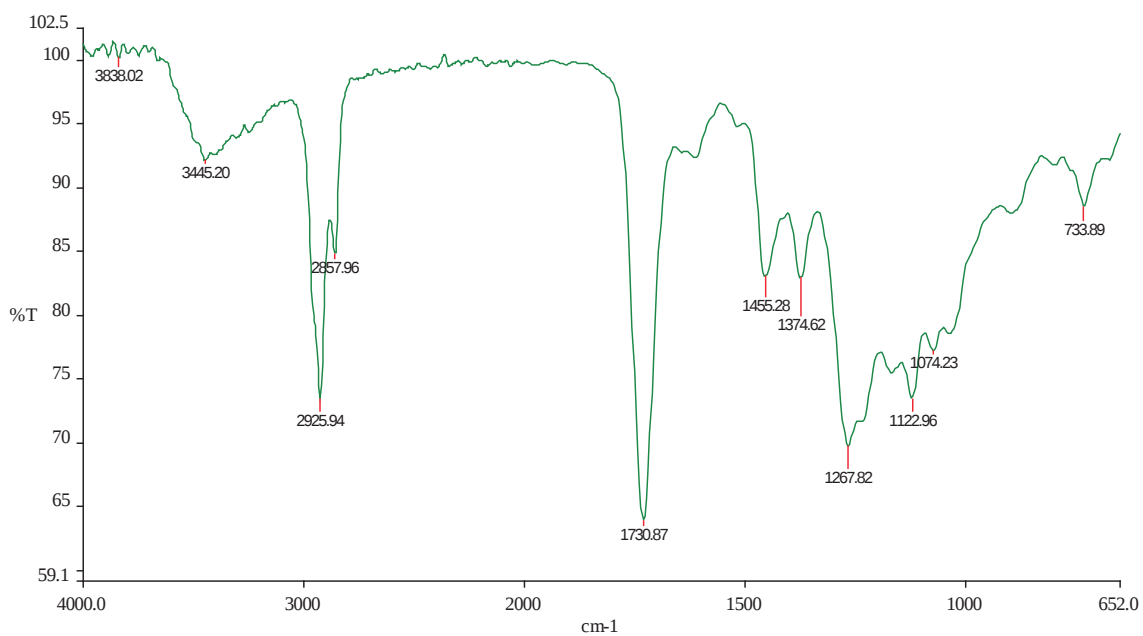


Figura 8.1 Espectro IR. Fracción 16

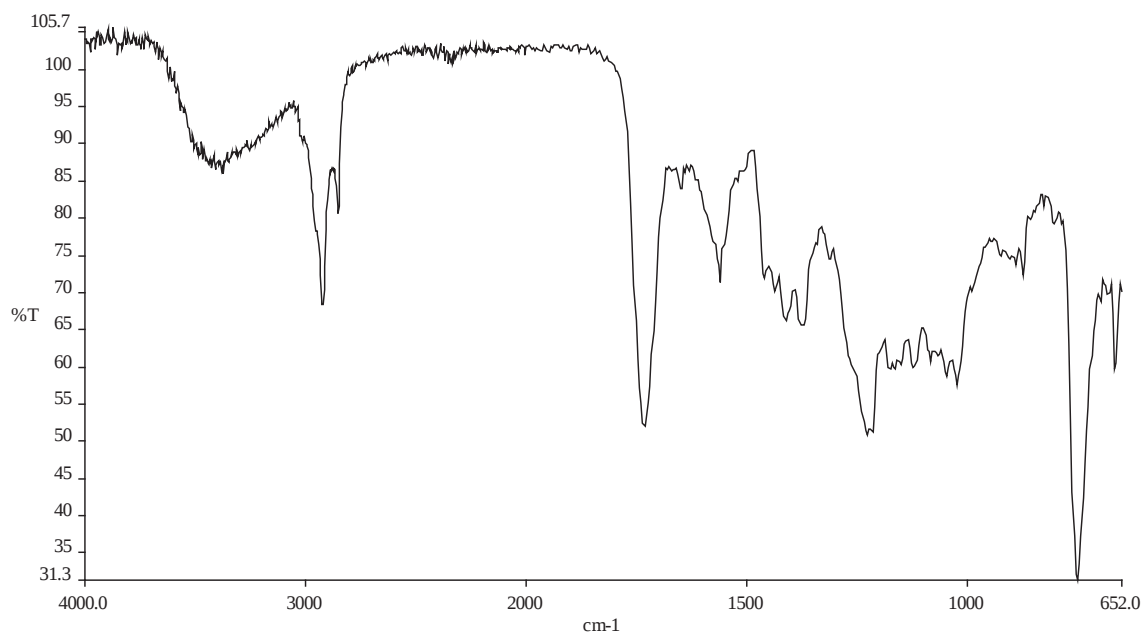


Figura 8.2 Espectro IR. Fracción 24

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1.- *Swietenia humilis* Zucc. Atlas de las Plantas de la Medicina Tradicional Mexicana, Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana.2009 [En Línea]. Disponible en: [URL:http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/monografia.php?l=3&t=&id=7041](http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/monografia.php?l=3&t=&id=7041). Consultado Febrero 21, 2011.
- 2.- Angulo–Escalante, M. A., Armenta–Reyes, E., García–Estrada, R. S., Carrillo–Fasio, J. A., Salazar–Villa, E., Valdez–Torres, J. B. 2009. Extractos de semilla de *Swietenia humilis* Zucc., con actividad antifúngica en *Rhizopus stolonifer*. Revista Mexicana de Fitopatología 27:84-92.
- 3.- Monroy–Ortiz.; Castillo–España. Plantas medicinales utilizadas en el Estado de Morelos. Centro de Investigaciones Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México. 2000. 399 p.
- 4.- Camacho R.; Phillipson J. D; Croft S. I.; Solis P. N.; Marshalls. J.; Ghazanfars. A. 2003. Screening of Plant Extracts for Antiprotozoal and Cytotoxic Activites. Journal of Ethnopharmacology 89:185-191
- 5.- Monroy R.; Colín H.; El Guamúchil, *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth.: Una especie de uso múltiple en Xochitepec, Morelos, México. *Boletín de la Sociedad Mesoamericana para la Biología y la Conservación*. 2004 Nov.; 8 (2 y 3), pág. 42-52.
- 6.- Etnobotánica Maya, Parque Arqueológico Ruinas de Copán. Paul R. House, Instituto Regional de Biodiversidad, IRBIO, Centro Zamorano de Biodiversidad CZB, Asociación Copan, Instituto Nacional de Biodiversidad INBIO, Instituto Hondureño de Antropología e Historia IHAH Consultado Septiembre 31, 2007.
- 7.- CONAFOR. *Swietenia humilis* Zucc. SIRE – Paquetes Tecnológicos. México. 2011.

- 8.- CONSEFORH. 2001. Caoba del Pacífico *Swietenia humilis* Zucc: Un Árbol Maderable de Alto Valor. CONSEFORH, Honduras. Disponible en [URL:http://www.geocities.com/RainForest/4075/Swihum.htm](http://www.geocities.com/RainForest/4075/Swihum.htm). Consultado Febrero 21, 2011.
- 9.- Stanley PC. *Trees and Shurbs in Mexico*. United States National Herbarium: Washington, dc.; 1996. p. 560.
- 10.- Segura R, Mata R, Anaya Al, Hernández B, Villena R, Soriano M, et al. *New Tretanortriterpenoids from Swietenia humilis*. *J. Nat. prod.* 1993; 56: 1567 – 74.
- 11.- Jiménez, A., Villarreal, C., Toscano, R. A., Cook, M., Arnason, J.T., Bye, R., and Mata, R. 1998. Limonoids from *Swietenia humilis* and *Guarea grandiflora* (Meliaceae). *Phytochemistry* 49:1981-1988.
- 12.- Jiménez, A., Mata, R., Pereda-Miranda, R., Calderón, J., Isman, M.B., Nicol, R., and Arnason, J.T. 1997. Insecticidal Limonoids from *Swietenia humilis* and *Cedrela Salvadorensis*. *Journal of Chemical Ecology* 23:1225-1234.
- 13.- Romero – Cerecero O., Reyes – Morales H., Aguilar-Santamaría L. Huerta – Reyes M., Tortoriello – García J., Uso de plantas Medicinales por pacientes con Diabetes Mellitus Tipo 2 en Morelos, México., *Boletín latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 8 (5), 380 – 388.
- 14.- Nicaragua. Instituto de Recursos Naturales. 1992. Caoba. *Swietenia macrophylla* King, *Swietenia humilis* Zucc. Meliaceae, Managua, Nicaragua. Nota Técnica IRENA no. 11. 6p.
- 15.- Pennington, T. D. and Styles, B. T. 1981: *Swietenia humilis* Zucc. *Flora Neotropica Monograph* No. 28, Meliaceae. New York Botanical Garden.

- 16.- Coronel I. J., Rubio C. W., Angulo E. M., Chaidez C. Actividad Bactericida de Extractos Acetónicos de Semillas de *Swietenia humilis* y *Azadirachta indica* A. Juss. contra *Escherichia coli* y *Salmonella typhimurium*. Rev. Mex. Cienc. Farm. 2001; 32; 47.
- 17.- López – Pantoja Y., et al. Efecto antimicrobiano de extractos crudos de Neem (*Azadirachta indica* A. Juss) y Venadillo (*Swietenia humilis* Zucc.) contra *E. coli*, *S. aureus* y el bacteriófago P22. Bioquímica, Octubre – Diciembre, 2007 / Vol. 32, número 004, Asociación Mexicana de Bioquímica Clínica, A. C., D.F. México. Pp. 117 – 125
- 18.- J.C. González – Gómez, A. Ayala – Burgos y E. Gutiérrez – Vázquez., Determinación de fenoles totales y taninos condensados en especies arbóreas con potencial forrajero de la Región de Tierra Caliente Michoacán, México., Noviembre, 2006.
- 19.- Standley, P.C. (1920-1926). Trees and Shrubs of México. United States National Herbarium. Washington, D.C., USA. 560 p.
- 20.- *Swietenia humilis* Zucc. Disponible en URL: <http://orton.catie.ac.cr/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=FLORA.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=000493>, Consultado Febrero 21, 2011.
- 21.- Joseph D. Connolly and Robert A. Hill., Triterpenoids., *Department of Chemistry, Glasgow University*, September 2, 1998. Disponible en URL: <http://pubs.rsc.org>. En línea <http://dx.doi.org/10.1039/a703937i>, Consultado Marzo 17, 2011.
- 22.- Whitmore JL. 1983. *Swietenia macrophylla* and *S. humilis* (Caoba, mahogany). In: Janzen DH (ed.) Costa Rican Natural History. Chicago, US and London, UK: University of Chicago Press. pp. 331-333.

- 23.-STANDLEY AND STEYERMARK: FLORA OF GUATEMALA 457. FIELDIANA: BOTANY, VOLUME 24. Percy Wilson, Meliaceae, N. Amer. Fl. 25: 263-296. 1924. Hermann Harms, Meliaceae, Nat. Pflanzen fam. 19bl: 1-172. 1940.
- 24.-CONSEFORH. 1999. Caoba del Pacífico *Swietenia humilis* Zucc: Un Árbol Maderable de Alto Valor. CONSEFORH, Comayagua, Honduras. 45 pp. (247).
- 24.- Marcano, D. y M. Hasegawa "Fitoquímica orgánica" Universidad Central de Venezuela, Caracas 1991
- 25.- Domínguez, X.A., *Métodos de investigación fitoquímica. Centro Regional de Ayuda Técnica*. Ed. Gráfica Panamericana, México D.F., 1973.
- 26.- Evans, W, 2002, "Pharmacognosy". Ed. W. B. Saunders, Reino Unido.
- 27.- Hostettmann K, Wolfender JL (1997). The search for biologically active secondary metabolites. *Pesticide Science*, 51, 471 – 482
- 28.- Sengbusch, P. The Secondary Metabolism of Plants: Secondary Defense Compounds [En línea] Disponible en URL: www.biologie.uni-hamburg.de/bonline/e20/20.html.
- 29.- Villar del Fresno, A, 1999, Farmacognosia general. Ed. Síntesis, S.A., España.
- 30.- Bruneton, J. 2001. Farmacognosia, Fitoterapia y Plantas Medicinales. 2ª edición. España. Editorial Acribia, S.A.
- 31.- Wagner, H., Bladt, S., Zgainski, E. M., "Plantdruganalysis", 1984. Springer – Verlag, Alemania.

- 32.- Albornoz A. (1980). Productos Naturales. Substancias y Drogas Extraídas de Plantas. Universidad Central de Venezuela. Caracas
- 33.- Oliveira, C.M., et. al. 1999. *Farmacognosia, da Planta ao Medicamento*. Editora DAUFSC, Florianapolis.
- 34.- Renteria A. Mora J. (2005). Compuestos Fenólicos. Universidad Central del Ecuador.
35. - Nelson, C. H. 1997. *Threatened Trees of Honduras*. 1 – 8.
- 36.- Wagner, H., Bladt, S., Zgainski, E.M., 1996. Plant Drug Analysis. *A Thin Layer Chromatography*. Springer-Verlag, Berlín.
- 37.-Secretaria de Salud, Farmacopea Herbolaria de los Estados Unidos Mexicanos, México. 2001.
- 38.- Wold Health Organization. Quality Control Methods for Medicinal Plant Material. Geneva. WHO. 2000. p 115.
- 39.- BAUER, G. y FRANCIS, J. 1998. *Swietenia macrophylla* King. En línea. Disponible en <http://www.fs.fed.us/global/iitf/Swieteniamacrophylla.pdf>, Consultado Octubre, 2011.
- 40.- Lock O. (1994). Investigación Fitoquímica. Métodos en el estudio de productos Naturales. Pontificia Universidad Católica del Perú. Fondo Editorial. Segunda Edición.