



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN TECNOLOGÍA DE LA MADERA**



DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LA MADERA

**TESIS**

**ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS COMPUESTOS EXTRAÍBLES DE  
*Tabebuia donnell-smithii* Rose y *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC Y SU  
EFECTO DISUASIVO ANTITERMITA**

PARA OBTENER EL GRADO DE:  
MAESTRA EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LA MADERA

**PRESENTA:**

**Q.F.B. SILVIA HORTENSIA ARELLANO GARCÍA**

**DIRECTOR DE TESIS:**  
D.C. DAVID RAYA GONZÁLEZ

**CO-ASESORES:**  
D.C. MAURO MANUEL MARTÍNEZ PACHECO  
D.C. ROSA ELVA NORMA DEL RÍO TORRES

Morelia, Michoacán Octubre 2012

“Cuando la sabiduría entrare en tu corazón, y la ciencia fuere grata a tu alma, la discreción te guardará; te preservará la inteligencia”

*(Proverbios 2: 10-12)*

El presente trabajo se realizó en un esquema de vinculación académica y de investigación entre los laboratorios de Química de Productos Naturales y Fisiología Celular y Metabólica ambos del Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas con el laboratorio de Preservación de la Madera de la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera, ambas dependencias pertenecen a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Los responsables son los Doctores: Rosa Elva Norma del Río Torres, Mauro Manuel Martínez Pacheco y David Raya González, respectivamente. Para su realización se contó con el apoyo de la Coordinación de la Investigación Científica de la UMSNH y CONACyT.

---

## *Dedicatoria:*

El libro que tienen en sus manos es el resultado de dos años de trabajo, realizado con mucha alegría y motivación por ello se lo quiero dedicar:

### **A Dios:**

Por concederme el privilegio de la vida, acompañarme a cada segundo, iluminarme en los momentos más difíciles y darme la sabiduría para culminar éste proyecto

### **A mi compañero, amigo y esposo:**

Jeovanny por su gran apoyo, paciencia, amor incondicional y sobre todo por enseñarme a sonreír... ¡Te amo!

### **A mi hija:**

Susana Hatzin, eres mi gran motivación y razón de vivir, con tu inocencia cada día me convierto en niña, gracias por venir a la vida y dejarme ser tu mamá.

### **A mis padres:**

Jorge Arellano y Silvia García por su amor, enseñarme a luchar, a creer y por hacer de mí la mujer que soy ahora.  
¡Ustedes son la riqueza más grande que tengo!

### **A mis herman@s:**

Jorge, Clara, Nena, Ana y en especial con mucho orgullo, cariño y admiración a Sarita quien siempre ha sido incondicional a los pedidos de su hermana mayor ¡Te quiero mucho!

### **A mis abuelos:**

A la memoria de mis inolvidables abuelos paternos: Magdalena<sup>†</sup> y Arnulfo<sup>†</sup> por todos los consejos y por haberme entregado su amor sincero cuando estuvimos juntos.

A mis abuelos maternos: Cleotilde y Samuel<sup>†</sup> por todo su cariño y la motivación que siempre he recibido de ustedes.

¡Todos forman parte de mi gran familia, todos tienen un pedacito de mi corazón!



---

## *Agradecimientos*

### Instituciones:

A la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, por contribuir en mi formación como estudiante en el Bachillerato, la Licenciatura y el Posgrado, gracias por dejarme caminar en tus pasillos.

A la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera por darme la oportunidad de pertenecer a su programa de Maestría y escalar otro peldaño en mi vida profesional.

Al Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas, por permitirme usar sus laboratorios de Fisiología Celular y Metabólica así como el de Química de Productos Naturales en la etapa experimental.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca de Maestría 249537.

### Personales:

Al D.C. David Raya González, por su asesoría, comprensión y apoyo para que este trabajo se llevara a cabo.

Al D.C. Mauro Manuel Martínez Pacheco por ser una persona comprometida y darme la valiosa oportunidad de formar parte de su equipo de trabajo, su gran paciencia y todo el tiempo que dedicó en mi formación. ¡Gracias por el “chamuco” que lleva dentro!

A la D.C. Rosa Elva Norma del Río Torres, por su amistad, el tiempo que robé de su apretada agenda y sobre todo por la ayuda invaluable en la identificación de compuestos detectados por Resonancia Magnética Nuclear.

A mis sinodales, por sus observaciones y las sugerencias para enriquecer este trabajo:

D.C. José Guadalupe Rutiaga Quiñones

D.C. Lada Domratcheva Lvova

Al Jefe de Posgrado D.C. Pablo López Albarrán, por el apoyo, la motivación y el espíritu de investigador que sembró en mi persona. El destino siempre tiene planes para nosotros y estoy segura de que todo lo que sucede, es por una buena razón ¡Muchas gracias!

A mis profesores de Maestría por su apoyo, calidad docente y su tiempo ¡Gracias por compartirme sus conocimientos!

D.C. Javier Ramón Sotomayor



---

D.C. José Cruz de León

D.C. Nelly Flores

D.C. Consuelo Cortés

Ing. Teresa García

A mis compañeros de la Maestría Cristina, Marisol, Mari Jo, Edgar y Ana por los momentos agradables durante este periodo. Y recuerden que: ¡Mi grupo es mayoría!

Al Ing. Sergio Escobedo y el M.C. Héctor Sosa por su ayuda para manipular los equipos del aserradero y por todos los favores donde me dedicaron su valioso tiempo.

Al M.C Alberto Flores García por su amistad, paciencia, ayuda en la parte estadística y por los “n” favores ( $n = \infty$ ), que para mí siempre fueron estadísticamente significativos ¡Muchas gracias!

A la M.C María Eugenia por las palabras motivadoras que compartió conmigo durante la Maestría.

A Iroel y David estudiantes de Q.F.B. por su disposición para aprender y el tiempo que me dedicaron ¡Gracias por su ayuda!

A mis compañeros de laboratorio Anita, Mariela, Nadia, Jorge, Yanin, Clemencia, Angélica, Alejandra, Hugo, Roberto, Evelin, Daniel y el M.C. Edgar ¡Gracias por su compañía!

A mis amigas la M.C. Mariana, Nataly, Fátima y Mónica chicas: nunca olvidaré las horas que hemos pasado juntas y lo fácil que es disfrutar del trabajo en un ambiente como el que hemos compartido fueron un incondicional apoyo para mí, siempre dispuestas a tenderme una mano y a hacerme reír ¡Fighting unnies!

Y por supuesto a mi suegra Olga Rodríguez, mi cuñada Nayely Rosas por el apoyo, motivación y cariño que siempre he recibido de ellas.

A mis tí@s por el granito de arena que aportaron a este gran proyecto, gracias por ser parte de mi gran familia.

Por último, quiero expresar mi gratitud a todas aquellas personas que de una u otra manera me han ayudado y acompañado en el desarrollo de este trabajo:

¡A TODOS, MUCHAS GRACIAS!



---

## RESUMEN

**T***abebuia donnell-smithii* Rose y *Tabebuia rosea* (Bertol) DC son dos especies arbóreas caducifolias de 20 a 30 m de altura distribuidas en el sur de México. En el ámbito rural se usan como; árboles de ornato, para delimitar superficies y como cerco vivo para ahuyentar insectos y otros animales competidores con el hombre. Su madera es catalogada como madera preciosa y resistente al ataque de hongos e insectos xilófagos como las termitas. En Michoacán plagas forestales como las termitas de madera seca (*Incisitermes marginipennis* y *Cryptotermes brevis*) son una amenaza creciente para los bosques, las comunidades que dependen de la industria forestal, el comercio de productos forestales y para la madera en servicio. El uso de madera tratada con preservadores formulados con cobre, cromo, arsénico, boro y creosota han sido usados por varios años, sin embargo algunos de los productos han sido descontinuados por su acción tóxica para el humano, los animales y al medio ambiente. El propósito del presente trabajo fue evaluar la eficacia de los extractos obtenidos por maceración con solventes de polaridad creciente (hexano, cloruro de metileno y metanol) así como de los aceites esenciales obtenidos por arrastre de vapor de hoja, flor, tallo, semilla, corteza y madera de dos especies de *Tabebuia* (*T. donnell-smithii* y *T. rosea*) en la búsqueda de extractos y componentes con efecto disuasivo y no letal contra termitas de madera seca. Mediante el análisis de los aceites esenciales por técnicas de cromatografía de gases-espectrometría de masas se identificaron los compuestos mayoritarios la herniarina, psi-cumeno,  $\beta$ -mirceno, asarona, transgeranil acetona, coumarán y linalool como posibles responsables del efecto repelente en las termitas, de quienes se ha reportado efecto insecticida. El efecto anti-alimentario de los extractos obtenidos por maceración fue mayor en los extractos hexánicos, de los cuales se aislaron, purificaron e identificaron por técnicas de resonancia magnética nuclear tres compuestos principales: Lupeol, Sitosterol y Dehidro  $\alpha$ -Lapachona. Todos ellos con efecto anti-alimentario contra termitas de madera seca. Por primera vez se reporta que la Dehidro  $\alpha$ -Lapachona posee actividad antitermita de madera seca. Con los resultados obtenidos se concluye que las especies *T. donnell-smithii* y *T. rosea* son árboles con durabilidad natural debida a compuestos extraíbles que poseen y ejercen un efecto disuasivo de repelencia y anti-alimentario contra termitas de madera seca.

Palabras claves: *Tabebuia donnell-smithii*, *Tabebuia rosea*, *Incisitermes marginipennis*, *Cryptotermes brevis*, extractos, repelencia, anti-alimentario.



## INDICE GENERAL

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2. JUSTIFICACIÓN</b>	<b>3</b>
<b>3. HIPÓTESIS</b>	<b>4</b>
<b>4. OBJETIVO GENERAL</b>	<b>5</b>
4.1. Objetivos particulares	5
<b>5. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>6</b>
5.1. Estrategia experimental	6
5.2. Material biológico	7
5.2.1. Colecta de los árboles de <i>T. donnell-smithii</i> y <i>T. rosea</i>	7
5.2.2. Preparación del material	7
5.2.3. Colecta de termitas <i>I. marginipennis</i> (Latreille) y <i>C. brevis</i> (Walker)	9
5.3. Obtención de los extractos de <i>T. donnell-smithii</i> y <i>T. rosea</i>	10
5.3.1. Maceración sucesiva con disolventes de polaridad ascendente	10
5.3.2. Obtención de los aceites esenciales de <i>T. donnell-smithii</i> y <i>T. rosea</i>	11
5.4. Efecto repelente de los aceites esenciales de <i>T. donnell</i> y <i>T. rosea</i> contra termitas de madera seca <i>I. marginipennis</i> y <i>C. brevis</i>	13
5.5. Ensayo del efecto disuasivo anti-alimentario de los extractos de <i>T. donnell</i> y <i>T. rosea</i> contra termitas de <i>I. marginipennis</i>	14
5.5.1. Alimentación Forzada	14
5.5.2. Selección de Alimento	15
5.5.3. Coeficiente Anti-alimentario Total (T)	16
5.6. Métodos de separación de los componentes con actividad disuasiva en termitas de madera seca <i>I. marginipennis</i>	17
5.6.1. Extracto cloruro metilénico de flor de <i>T. donnell-smithii</i>	18
5.6.2. Extracto hexánico de la corteza de <i>T. rosea</i>	19
5.7. Generalidades del análisis espectroscópico	20
5.7.1. Espectroscopía de resonancia magnética nuclear (RMN)	20
5.7.2. Análisis por cromatografía de gases y espectrometría de masas (CG-EM)	21
5.7.2.1. Identificación de los compuestos extraíbles de <i>T. donnell-smithii</i> y <i>T. rosea</i>	22
5.8. Análisis estadístico	23
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>24</b>



## 1. INTRODUCCIÓN

El género *Tabebuia*, reúne cerca de cien especies de arbustos y árboles que se encuentran de forma natural en América, creciendo en el bosque tropical caducifolio, desde México y el Caribe (donde se encuentra la mayoría de las especies) incluyendo islas como República Dominicana, Haití, Cuba, hasta el Norte de Argentina y Paraguay. En territorio mexicano podemos encontrar especies que lo componen; Guizar Nolasco y Sánchez Velez, (1991), describen dos en la zona del Alto Balsas, en el National Tropical Botanical Garden se reporta una especie en México, Pennington y Sarukhán, (2005) describen tres en las zonas tropicales del país, específicamente en la cuenca del río Balsas, que ocupa gran área del territorio nacional y es una depresión con dirección Este-Oeste en la parte centro Sur de México y que comprende porciones de los Estados de Michoacán, Guerrero, Jalisco, Estado de México, Oaxaca, Puebla, Tlaxcala y la totalidad del Estado de Morelos. Se reconocen ocho tipos de vegetación para la cuenca, entre ellos, el bosque tropical caducifolio y el bosque tropical subcaducifolio, donde habitan los árboles que son de nuestro interés.

Los árboles del género *Tabebuia*, tienen flores espectaculares y un follaje atractivo, constituyen excelentes árboles de sombra y ornato. Muchas especies son brevemente caducifolias durante la estación seca tropical, pero otras son de hoja casi perenne (Guizar Nolasco y Sánchez Velez, 1991). Algunas especies de *Tabebuia* son apreciadas por sus maderas, son sumamente resistentes al fuego, al ataque de hongos, insectos y termitas por lo que son valiosas en la carpintería. A nivel local, no se adaptan a trabajos delicados de ebanistería por la dificultad de su manejo, pero son óptimos para uso en exteriores. Algunas especies se cultivan alrededor del mundo para uso ornamental y se les puede encontrar formando parte del diseño urbano. Además del uso en la medicina tradicional de algunas especies contra diversas enfermedades.

La propagación de plagas forestales como las termitas, son una amenaza creciente para los bosques, para las comunidades que dependen de las industrias forestales, para el

---

comercio internacional de productos forestales y para la madera en servicio. Por ello se recomienda el uso de: madera naturalmente resistente al ataque por termitas en los elementos estructurales (pisos, superficies de madera, etc.), lo cual no siempre es factible y económico; así como el uso de madera tratada con preservadores, como medidas preventivas recomendadas para contrarrestar la acción dañina de la termita (Niemela y Mattison, 1996; Nogales Bautista, 2003). Sin embargo, debido a la importancia ecológica de la termita; la conservación de los bosques, los efectos adversos producidos por los preservadores de madera convencionales y el mantenimiento de la madera en servicio, obliga a reconsiderar los métodos de preservación de la madera.

El presente trabajo propone una investigación científica que proporcione información acerca de las sustancias extraíbles que componen a la madera, la corteza, las hojas, las flores y las semillas en *Tabebuia rosea* (Bertol.) A. DC. y *Tabebuia donnell-smithii* Rose. identificando a nivel estructural y molecular los compuestos existentes. De manera general, el trabajo consiste en describir la composición química de los extractos de dos especies del género *Tabebuia*, así como el efecto biológico de los extractos con termitas, para buscar una alternativa que permita el control de plagas, preservando la madera seca con un producto biológico y amigable con el medio ambiente.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Los árboles del género *Tabebuia* se caracterizan por su durabilidad natural; *T. donnell* y *T. rosea*, se encuentran en Michoacán y son árboles apreciados en la ebanistería, ya que su madera es considerada como preciosa, durable y resistente al deterioro por organismos como los hongos y los insectos xilófagos. Debido a la importancia ecológica de la termita y los efectos adversos producidos por los preservadores de madera convencionales, el presente trabajo propone una investigación científica que proporcione información acerca de las sustancias extraíbles que componen a *T. donnell-smithii* y *T. rosea* con la finalidad de buscar nuevos compuestos disuasivos de origen vegetal.

### 3. HIPÓTESIS

El género *Tabebuia* posee durabilidad natural debida a compuestos extraíbles con efecto disuasivo contra termitas de madera seca.

## 4. OBJETIVO GENERAL

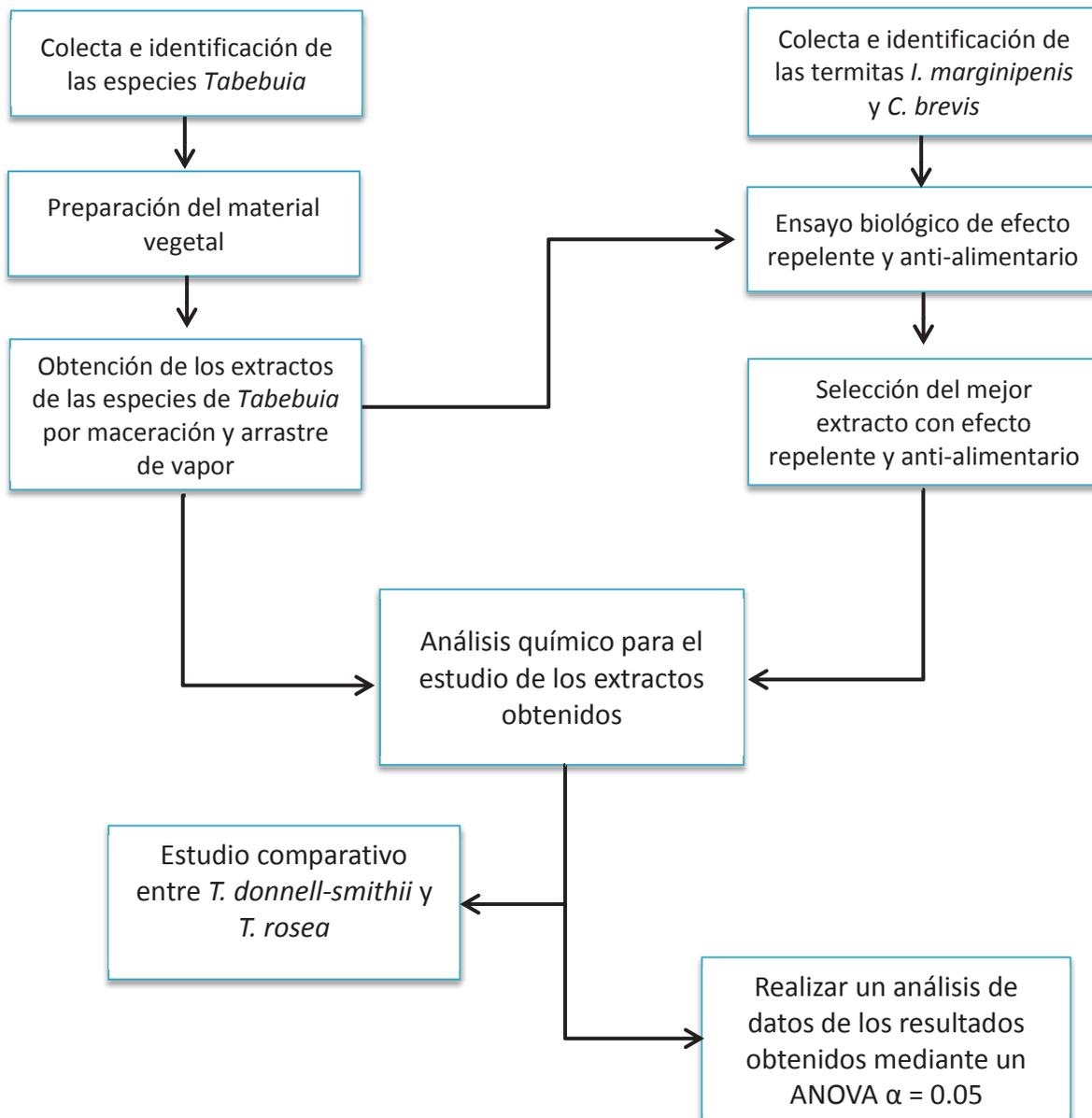
Estudiar los compuestos extraíbles presentes en *T. donnell-smithii* y *T. rosea* con actividad disuasiva en termitas.

### 4.1. Objetivos particulares

- Identificar los compuestos extraíbles de *T. donnell-smithii* y *T. rosea* por medio de Resonancia Magnética Nuclear (RMN) y Cromatografía de Gases y Espectrometría de Masas (CG-EM).
- Evaluar la actividad disuasiva de los extractos de *T. donnell-smithii* y *T. rosea* en las termitas de madera seca *I. marginipennis* y *C. brevis*.

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1. Estrategia experimental



## 5.2. Material biológico

### 5.2.1. Colecta de los árboles de *T. donnell-smithii* y *T. rosea*

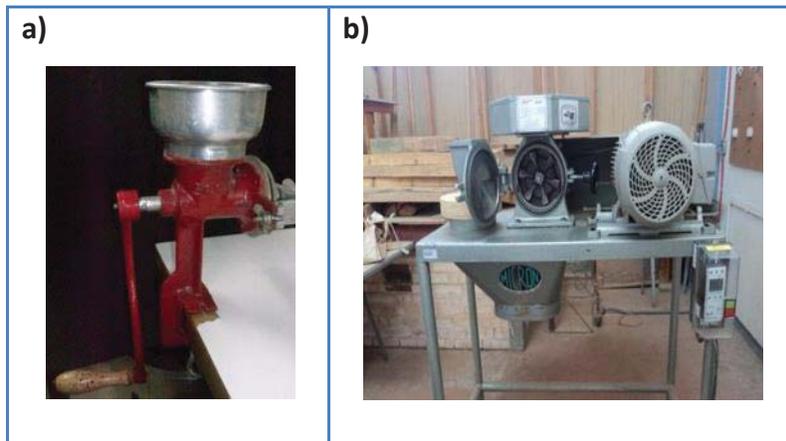
Se realizaron dos colectas durante la primavera en Michoacán; época en que las especies florecen y el color de sus flores es clave para la identificación botánica.

- *T. donnell-smithii* primera colecta el 04 de abril del 2011 en Arteaga, (altitud 820 msnm, latitud 18° 21' N, 102° 17' O). La segunda colecta el día 08 de mayo de 2011 en Uruapan, (latitud 19° 23' 48" N, 102° 3' 6" O).
- *T. rosea* primera colecta el 26 de marzo de 2011 en Uruapan, (altitud de 1600 msnm, latitud 19° 23' 42" N, 102° 3' 29" O). La segunda colecta el 04 de abril del 2011 en Ziracuaretiro (altitud 1380 msnm, latitud 19° 23' 59.9994" N, 101° 55' 1.2" O).

La determinación de las especies fue realizada por el M.C. Xavier Madrigal, conservándose un ejemplar en el Herbario de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

### 5.2.2. Preparación del material

Una vez colectadas las especies, se separaron en sus diferentes órganos; hoja, flor, tallo, semilla, corteza y madera. Las muestras fueron extendidas sobre una superficie de papel, bajo la sombra en un lugar ventilado durante cinco días para secarlas a temperatura ambiente. Se separaron las partes blandas (hoja, flor, tallo y semilla) de partes duras (corteza y madera) para triturar y reducir el tamaño de partícula con la finalidad de aumentar la superficie de contacto entre el disolvente y la muestra, de ésta manera optimizar el proceso de extracción (ver figura 11). Las partes blandas fueron trituradas con un molino manual (ver figura 10a) y las partes duras con el molino de martillos marca Micron Mod. K 20F (ver figura 10b), después fueron pesadas y almacenadas en bolsas de papel.



**Figura 10.** Preparación de las muestras. a) Molino manual para triturar flores, hojas tallos y semillas. b) Molino de martillos Micron Modelo K 20F para triturar partes duras corteza y madera.

Hoja	Flor	Tallo	Semilla	Corteza	Madera
<i>T. donnell-smithii</i>					
<i>T. rosea</i>					

**Figura 11.** Muestras de órganos deshidratados y habilitados para la obtención de extractos.

### 5.2.3. Colecta de termitas *I. marginipennis* (Latreille) y *C. brevis* (Walker)

Las termitas fueron extraídas de maderas plagadas (ver figura 12), que fueron colectadas en los siguientes municipios de Michoacán:

- |   |   |
|---|---|
| • <b>Huandacareo:</b><br>Latitud 19° 59' Norte<br>Longitud 101° 16' Oeste | • <b>Pátzcuaro:</b><br>Latitud 19° 25' Norte<br>Longitud 101° 25' Oeste |
| • <b>Uruapan</b><br>Latitud 19°25' Norte<br>Longitud 102°03' Oeste        | • <b>Morelia</b><br>Latitud 19°42' Norte<br>Longitud 101°11' Oeste      |

Para la identificación taxonómica se usaron las claves modificadas de Krishna (1970); y de Nickle y Collins (1988). Una muestra de los insectos se envió a la Investigadora Amelia Ojeda Aguilera del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en el 2012 que corroboró la observación y Raya Gonzáles en el 2012. La identificación de las termitas se hizo mediante la morfología del soldado y las alas de los reproductores.

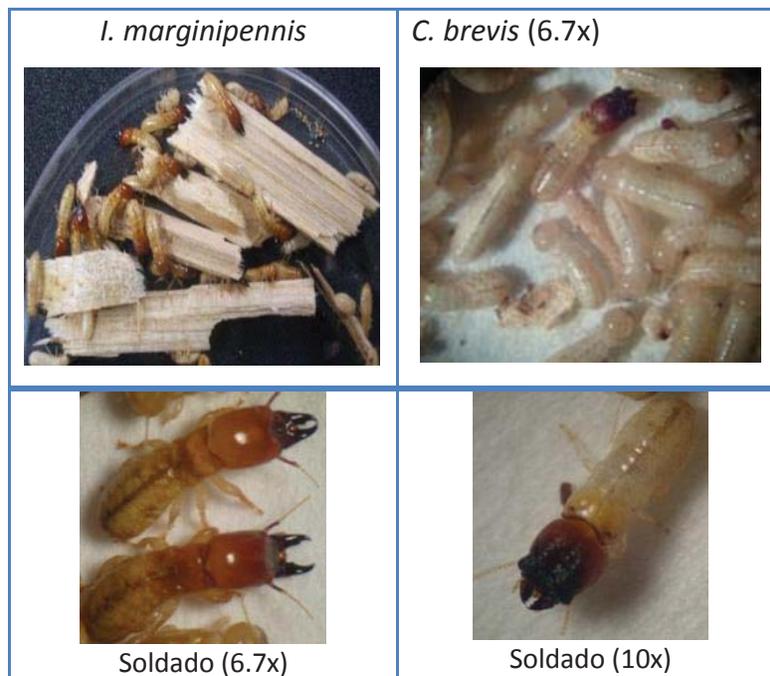


Figura 12. Termitas extraídas de madera seca de coníferas.

### 5.3. Obtención de los extractos de *T. donnell-smithii* y *T. rosea*

#### 5.3.1. Maceración sucesiva con disolventes de polaridad ascendente

La maceración es un proceso de extracción sólido-líquido. El producto sólido (materia prima) posee una serie de compuestos solubles en el líquido extractante que son los que se pretende extraer. Las muestras de hoja, flor, tallo, semilla, corteza y madera fueron pesadas previamente y colocadas en frascos de vidrio. Los extractos fueron obtenidos por maceración sucesiva con disolventes de polaridad ascendente: hexano, cloruro de metileno y metanol a temperatura ambiente hasta agotar componentes. En la primera etapa de extracción se adicionó hexano durante tres días, posteriormente se concentró en un rotavapor a 55 °C y el disolvente obtenido (hexano) se volvió a verter en la misma muestra y se dejó macerar por tres días, repitiéndose el proceso en tres ocasiones hasta agotar componentes, en éste proceso se obtuvo un extracto no polar (extracto hexánico). Los extractos hexánicos fueron desengrasados con metanol, ya que precipita las grasas; el extracto se filtró y se colectó en un matraz para posteriormente concentrar en un rotavapor y obtener el extracto puro.

Al terminar el proceso de extracción con hexano, se continuó con la segunda etapa de extracción para ello la muestra se dejó airear durante 24 h para evaporar el disolvente, después se le agregó el disolvente de polaridad intermedia cloruro de metileno y se dejó macerar durante tres días, se concentró en un rotavapor a 35 °C y el disolvente obtenido se vertió nuevamente sobre la misma muestra y se dejó macerar por tres días, el proceso se repitió tres veces hasta agotar componentes y obtener un extracto de polaridad intermedia (cloruro metilénico).

En la tercera etapa de extracción se adicionó metanol, el extracto se concentró en el rotavapor a 65 °C y se siguió el mismo proceso que en las etapas anteriores para obtener un extracto polar (metanólico). Los extractos obtenidos por maceración fraccionada se utilizaron para los análisis químico y biológico (efecto anti-alimentario). Todos los extractos obtenidos se almacenaron en frascos de vidrio con tapa hasta su uso.

### 5.3.2. Obtención de los aceites esenciales de *T. donnell-smithii* y *T. rosea*

La extracción de los aceites esenciales de *T. donnell-smithii* y *T. rosea* se realizó por la técnica de destilación por arrastre con vapor de agua (ver figura 13), las muestras fueron previamente deshidratadas, el proceso se realizó de la siguiente manera:

- Se pesaron las muestras (hoja, flor, tallo, semilla, corteza y madera) y se colocaron en un matraz balón de 5 L.
- En un segundo matraz balón de 5L, se vertieron 3L de agua destilada y se colocaron cuerpos de ebullición, el matraz se colocó en una manta de calentamiento para después calentar hasta ebullición para generar vapor de agua.
- El vapor generado pasa al segundo matraz que contiene a la muestra y se mezcla con los aceites esenciales, posteriormente se condensa en un refrigerante y se recibe el destilado en un tercer matraz. El tiempo de la destilación es de 6 h desde el momento en que se recibe la primera gota.

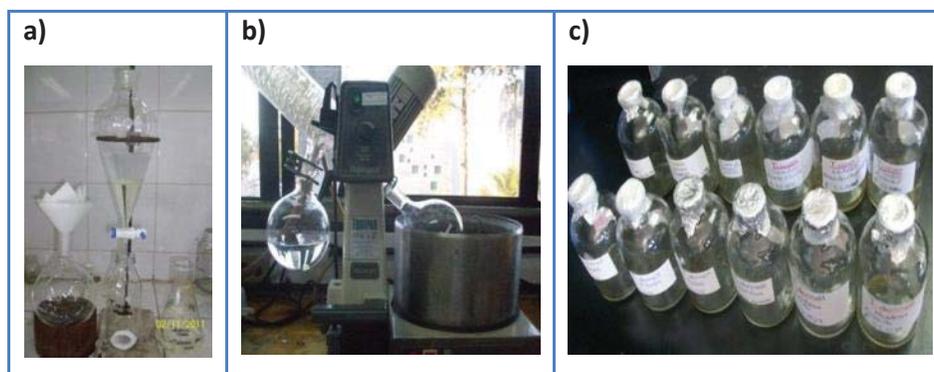


**Figura 13.** Equipo de destilación por arrastre con vapor. Se observa la obtención de los aceites esenciales de la madera de *T.donnell-smithii*.

#### Extracción Líquido-Líquido

Para obtener el aceite esencial del extracto acuoso se midió el volumen de hidrodestilado y se almacenó en un frasco para después realizar una extracción líquido-líquido:

- Una vez obtenido el hidrodestilado, éste se pasó a un embudo de separación de 500 mL y se extrajeron los aceites esenciales con un volumen igual del disolvente cloruro de metileno en una proporción 1:1 (200 mL de hidrodestilado se extrae tres veces con 200 mL de  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ) (ver figura 14a).
- Se separó la fase orgánica (inferior  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ) y se secó con sulfato de sodio anhidro para eliminar el agua remanente, se filtró y se concentró en el rotavapor a una temperatura de 35 °C (ver figura 14b).
- El aceite esencial concentrado fue almacenado en un vial de 10 mL previamente pesado y rotulado (ver figura 14c), una vez libre de disolvente se pesó para calcular el rendimiento por diferencia de peso. El aceite esencial fue sellado y se guardó en refrigeración a 4 °C para su posterior análisis químico y biológico (efecto repelente).



**Figura 14.** Extracción Líquido-Líquido de los aceites esenciales. a) Separación de la fase acuosa con  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  y secado con  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . b) Concentrado en rotavapor de los aceites esenciales. c) Aceites esenciales de *T.donnell-smithii* y *T. rosea*.

### **Preparación de los extractos y aceites esenciales de *T. donnell-smithii* y *T. rosea***

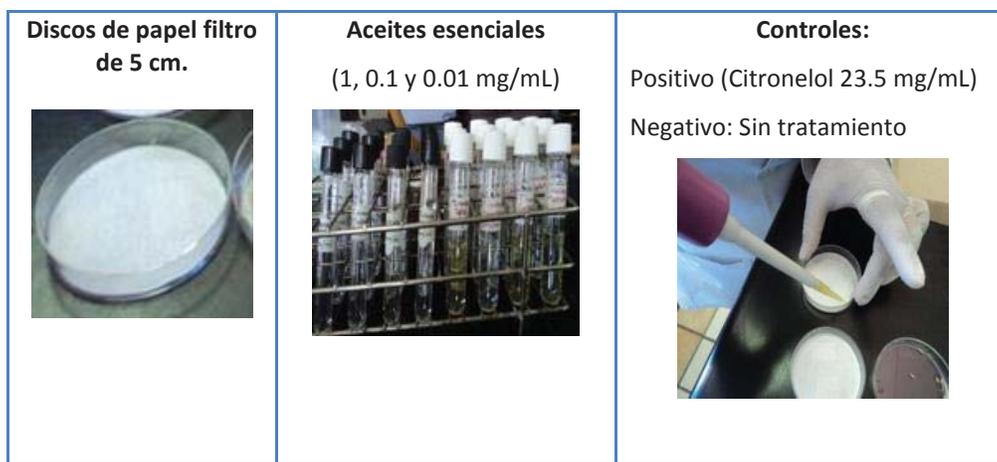
Se realizó una prueba de solubilidad de los extractos vegetales, utilizando disolventes volátiles, no tóxicos para las termitas *I. marginipennis* y que disolvieran totalmente a cada uno de los extractos. En este caso los extractos hexánicos y cloruro metilénicos fueron disueltos en cloruro de metileno y los extractos metanólicos fueron disueltos en etanol al 96°. Todos fueron preparados a una concentración de 1 mg/mL.

- Los aceites esenciales fueron disueltos en etanol al 96°, se preparó primero una disolución “stock” a una concentración de 1 mg/mL de la cual se prepararon dos diluciones: 0.1 mg/mL y 0.01 mg/mL

#### 5.4. Efecto repelente de los aceites esenciales de *T. donnell* y *T. rosea* contra termitas de madera seca *I. marginipennis* y *C. brevis*

Se determinó el efecto repelente de los aceites esenciales obtenidos de cada uno de los órganos de *Tabebuia* spp (hoja, flor, tallo, semilla, corteza y madera). Se siguió el siguiente procedimiento:

- Se cortaron discos de papel filtro del número 3 de 5 cm de diámetro.
- Se prepararon los aceites esenciales a la concentración de 1, 0.1, 0.01 mg/mL en etanol de 96° y se adicionaron 100 µL del aceite esencial en la periferia del papel.
- Control positivo citronelol; repelente de uso comercial (23.5 mg/mL).
- Control negativo el papel filtro sin impregnar (ver figura 15).



**Figura 15.** Aplicación de los aceites esenciales a 1, 0.1 y 0.01 mg/mL en la periferia de los discos de papel.

- Se colocaron 10 termitas ninfas en cada caja por tratamiento y se almacenaron en oscuridad. Se contaron las termitas en el centro y en la periferia cada 10 minutos durante diez tiempos.
- Cada tratamiento fue repetido tres veces.

- Fueron seleccionados los aceites con mejor efecto repelente, aquellos que a la concentración mínima de 0.01 mg/mL el efecto repelente sobrepasó el 50 %.

## 5.5. Ensayo del efecto disuasivo anti-alimentario de los extractos de *T. donnell* y *T. rosea* contra termitas de *I. marginipennis*

### 5.5.1. Alimentación Forzada

- Para este ensayo se cortaron y se pesaron discos de papel filtro del número 3 de 5 cm de diámetro como se muestra en la figura 16.
- Cada disco fue impregnado por inmersión como se muestra a continuación:

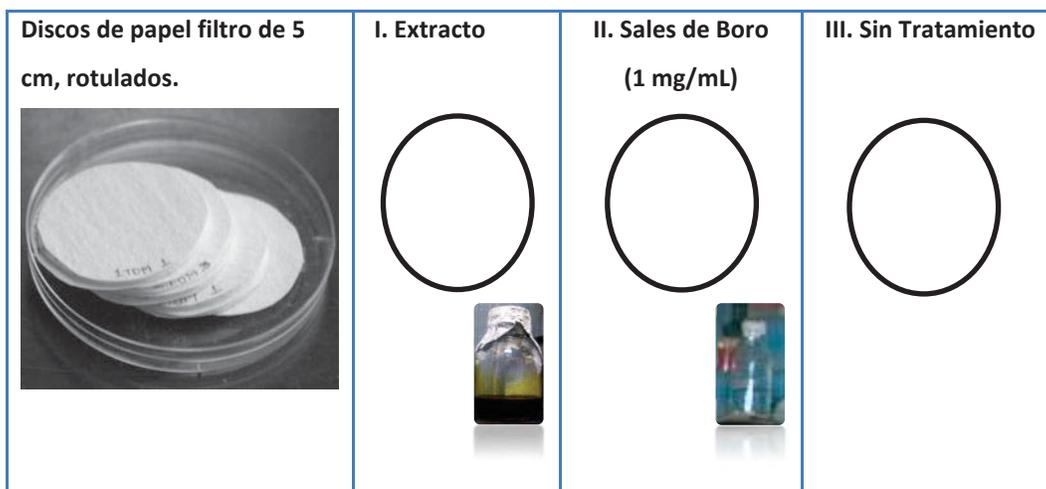


Figura 16. Impregnación de los discos de papel en el tratamiento de Alimentación Forzada.

- Después se colocaron los discos en una caja de Petri y encima se liberaron 6 termitas ninfas por tratamiento.
- Como control positivo se usaron sales de Boro [7 kg de Bórax (tetraborato disódico) y 5 kg de ácido bórico/100L]; son sales hidrosolubles que se usan como preservador de madera.
- Control negativo el papel filtro sin impregnar.
- Cada tratamiento fue repetido tres veces. Se almacenaron en la obscuridad y se revisaron cada siete días. El experimento duró cinco semanas al final se pesó nuevamente el disco de papel para determinar la pérdida de peso por alimentación.

### 5.5.2. Selección de Alimento

- Para este ensayo se usaron discos de papel filtro de 5 cm de diámetro, los cuales fueron cortados en tres partes y cada parte fue pesada ver figura 17.
- Cada una parte fue impregnada por inmersión. Como se muestra a continuación:

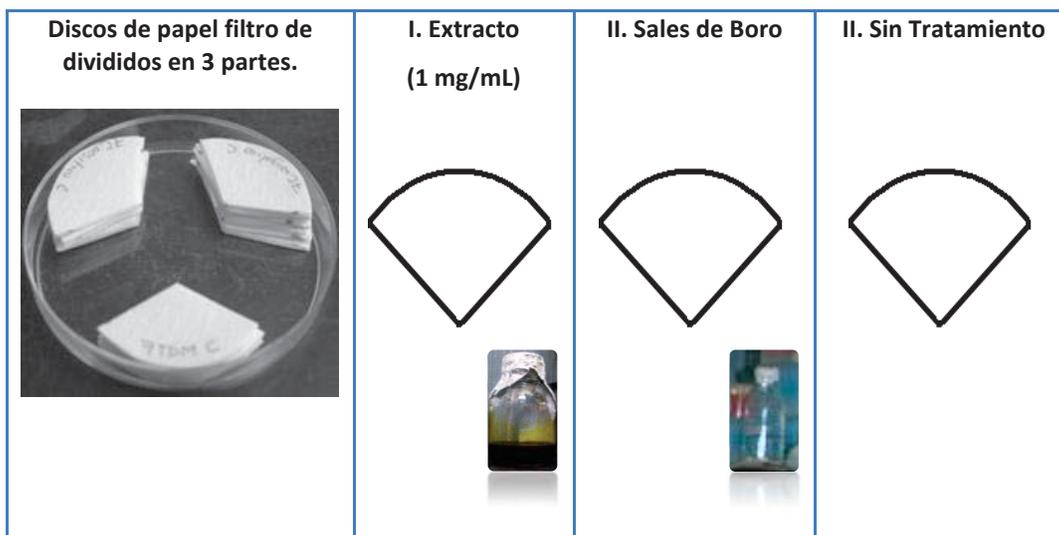


Figura 17. Impregnación de los discos de papel en el tratamiento de Selección de Alimento.

- Posteriormente se colocaron en cajas Petri y se liberaron sobre el papel impregnado 6 termitas ninfas por tratamiento y se almacenaron en la oscuridad. Se realizaron tres repeticiones por cada tratamiento. La finalidad de éste experimento fue darle opción a las termitas de elegir alimento.

Se realizó el experimento de alimentación en dos lotes de extractos, con la finalidad de observar si existe efecto de variabilidad biológica por el contenido de metabolitos secundarios en los extractos de cada órgano de la planta obtenidos de dos individuos diferentes.

**Preparación de las sales de Boro.** Para el experimento se prepararon 200 mL de sales de Boro de la siguiente manera:

- Se midieron 200 mL de agua destilada estéril en un matraz, se pesaron 14 g de Borax y 10 g de ácido bórico estos sólidos fueron adicionados en el agua y para

disolver se colocó el matraz en agitación constante a temperatura ambiente. El líquido se vertió en un frasco de vidrio con tapón previamente rotulado el cual fue almacenado hasta su uso.

### 5.5.3. Coeficiente Anti-alimentario Total (T)

Una vez terminados los dos experimentos anteriores, se calculó el Coeficiente Anti-alimentario Total reportado por Ohmura *et al.*, (2000) y por Raya González (2007). Con la finalidad de identificar el extracto más efectivo de acuerdo a las clases reportadas por Ohmura. Se aplicaron las siguientes fórmulas:

$$[(KK - EE) / (KK + EE)] 100 = A \% \text{ (Alimentación Forzada)}$$

Donde: A = Coeficiente Anti-alimentario, KK = Pérdida de peso en el control y EE = Pérdida de peso en el tratado.

$$[(K - E) / (K + E)] 100 = R \% \text{ (Selección de Alimento)}$$

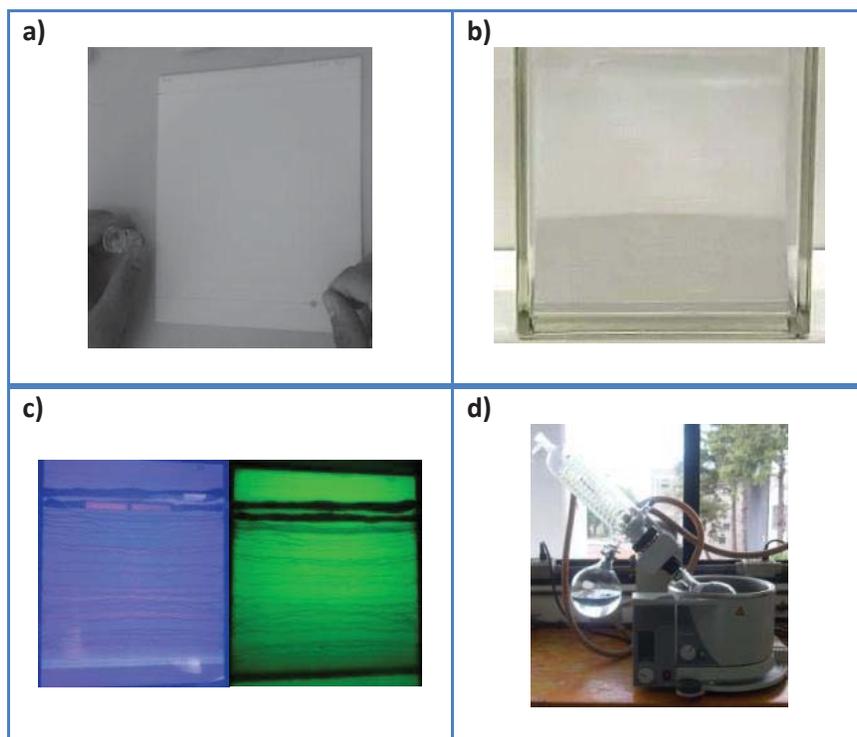
Donde: R = Coeficiente Anti-alimentario, K= Pérdida de peso en el control y E= Pérdida de peso en el tratado.

$$A+R = T \% \text{ (Coeficiente Anti-alimentario Total)}$$

Donde: A = Coeficiente Anti-alimentario de Alimentación Forzada y R = Coeficiente Anti-alimentario de Selección de Alimento.

## 5.6. Métodos de separación de los componentes con actividad disuasiva en termitas de madera seca *I. marginipennis*

El análisis fitoquímico de los extractos hexánicos de *T. donnell-smithii*, se realizó por cromatografía en columna y en placa fina. La cromatografía en placa fina se realizó usando una placa de vidrio (SIGMA-ALDRICH) de 20 X 20 cm, como fase fija gel de sílice y como fase móvil una mezcla de hexano/acetato de etilo (ver figura 18). El revelado se realizó mediante un detector de radiación ultravioleta. De ésta forma se determinó el número de bandas presentes en el extracto, las cuales fueron raspadas y extraídas nuevamente en cloruro de metileno, después se filtraron y se concentraron en rotavapor a una temperatura de 40°C (ver cuadro 6). La identificación de compuestos realizó por RMN.



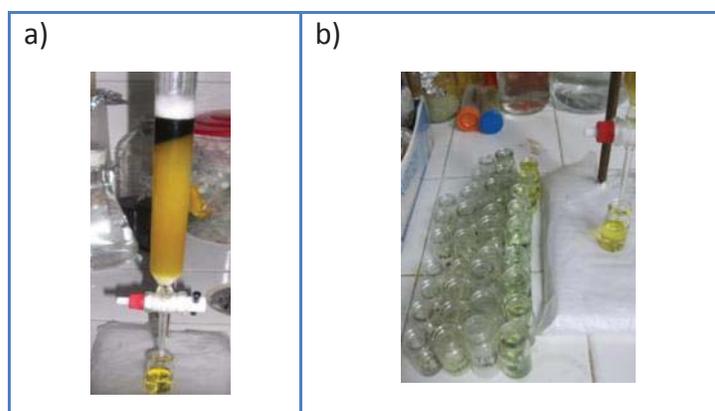
**Figura 18.** Cromatografía en capa fina. a) Aplicación del extracto. b) Separación con mezclas de solventes (Hexano-Acetato de etilo). c) Revelado con luz UV, raspado y filtrado. d) Concentración en rotavapor y obtención de las fracciones.

**Cuadro 6.** Número de bandas obtenidas de los extractos hexánicos de *T. donnell-smithii* en Cromatografía en Capa Fina.

Peso (mg)	Órganos	Mezcla de disolventes		Número de bandas obtenidas
		Hexano	Acetato de etilo	
50.04	Hoja	70	30	10
52.02	Flor	70	30	11
50.05	Tallo	70	30	11
50.03	Semilla	75	25	8
50.12	Corteza	65	35	10
53.06	Madera	70	30	14

### 5.6.1. Extracto cloruro metilénico de flor de *T. donnell-smithii*

Se pesaron 100 mg de muestra del extracto y se adicionaron a una columna se usó como fase estacionaria gel de sílice malla 230-400 y como fase móvil una mezcla de hexano/acetato de etilo en polaridad ascendente cuadro 7. Se obtuvieron 114 fracciones de 10 mL aproximadamente las cuales fueron analizadas mediante resonancia magnética nuclear (RMN), para la identificación de los compuestos.



**Figura 19.** Cromatografía en columna de los extractos de *T. donnell-smithii*. a) Corrimiento de la cromatografía de los extractos seleccionados con efecto anti-alimentario. b) Obtención de las fracciones en cada uno de los viales de la cromatografía del extracto cloruro metilénico de flor e *T. donnell-smithii*.

**Cuadro 7.** Fracciones obtenidas del extracto cloruro metilénico de flor.

Fracciones	Mezcla de disolventes		Volumen (mL)
	Hexano	Acetato de Etilo	
1-10	100	0	100
11-20	90	10	100
21-31	80	10	100
32-38	70	30	100
39-50	60	40	100
51-63	50	50	100
64-70	40	60	100
71-82	30	70	100
83-91	20	80	100
92-114	10	90	100

### 5.6.2. Extracto hexánico de la corteza de *T. rosea*

La separación de compuestos se realizó por cromatografía en columna ver figura 20; se adicionaron 34.7 mg de muestra del extracto, disuelto en una mínima cantidad de hexano. Usando como fase estacionaria gel de sílice malla 230-400 y como fase móvil una mezcla de hexano y acetato de etilo en polaridad ascendente ver cuadro 8. Se obtuvieron 40 fracciones de 10 mL aproximadamente, analizadas mediante resonancia magnética nuclear (RMN), para llevar a cabo la identificación de los compuestos purificados.



**Figura 20.** Cromatografía en columna del extracto hexánico de la corteza de *T. rosea*. Se observa el corrimiento de la cromatografía y la obtención de las fracciones en cada uno de los viales a la derecha de la imagen.

**Cuadro 8.** Esquema de la formación del gradiente de disolventes utilizados en la cromatografía en columna del extracto hexánico de corteza de *T. rosea*.

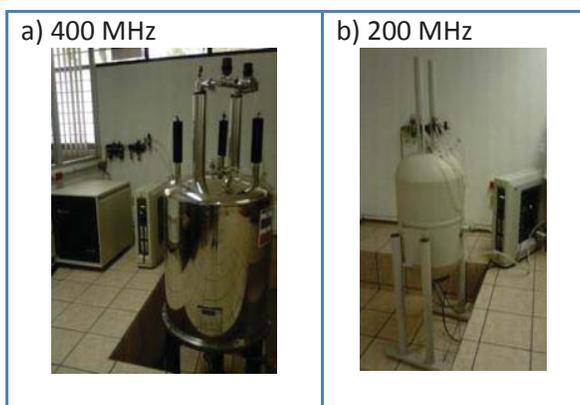
Fracciones	Mezcla de disolventes		Volumen (mL)
	Hexano	Acetato de Etilo	
<b>1-10</b>	100	0	100
<b>11-20</b>	90	10	100
<b>21-30</b>	80	10	100
<b>31-40</b>	70	30	100

En la fracción 17,18 y 19 obtenidas en polaridad 9:1 se observó la presencia de cristales en forma de agujas color naranja, por medio del análisis de RMN se determinó la estructura, la cual se muestra en los resultados.

## 5.7. Generalidades del análisis espectroscópico

### 5.7.1. Espectroscopía de resonancia magnética nuclear (RMN)

Los espectros de resonancia magnética nuclear de  $^1\text{H}$  y  $^{13}\text{C}$  fueron obtenidos en un equipo Varian Mercury plus 400 (ver figura 21), los espectros de  $^1\text{H}$  se obtuvieron a 400 MHz en ocho repeticiones, la ventana espectral fue de 6,000 Hz, el disolvente utilizado fue cloroformo deuterado ( $\text{CDCl}_3$ ) y el disolvente de referencia interna fue tetrametilsilano (TMS), para el espectro de carbono ( $^{13}\text{C}$ ) se obtuvieron a 100 MHz en 2,000 repeticiones, la ventana espectral fue de 25,000 Hz, el disolvente utilizado fue cloroformo deuterado ( $\text{CDCl}_3$ ), todos los espectros fueron obtenidos a temperatura ambiente.



**Figura 21.** Equipos de Resonancia Magnética Nuclear con los que se obtuvieron los espectros de  $^1\text{H}$  y  $^{13}\text{C}$ .

### 5.7.2. Análisis por cromatografía de gases y espectrometría de masas (CG-EM)

Los aceites esenciales obtenidos por arrastre de vapor de *T. donnell-smithii* y *T. rosea* se analizaron por técnicas de CG-EM para ello se usó un cromatógrafo de gases (CG) marca Agilent modelo 6890 acoplado a un espectrómetro de masas (EM) marca Agilent 5973 N el método y las condiciones de identificación fue el reportado por Adams, 2007.

Para los extractos hexánicos y clorometilénicos obtenidos por maceración se usó el CG marca Hewlett-Packard modelo 5890 series II plus y un EM marca Hewlett-Packard modelo 5989-B que se observa en la figura 22.

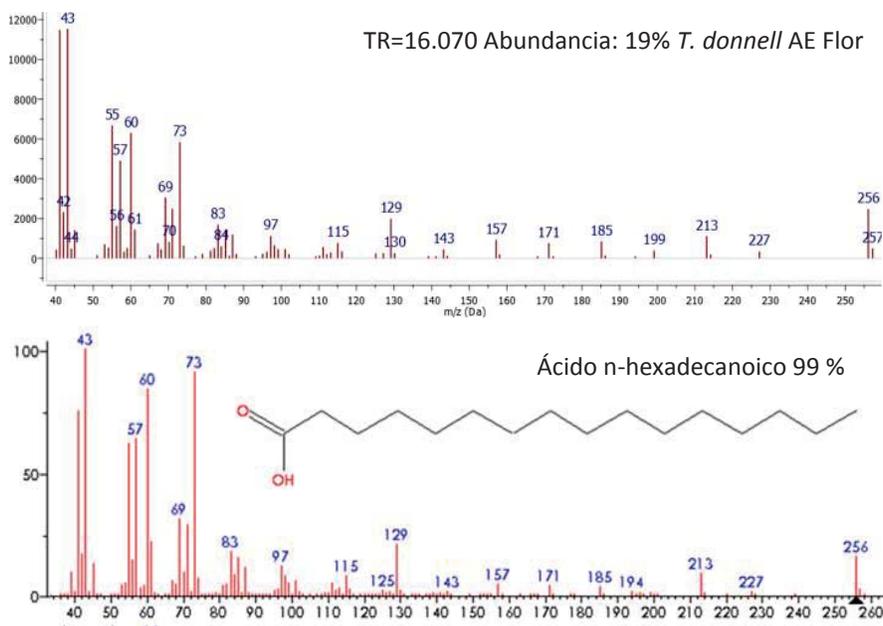


**Figura 22.** Cromatógrafo de Gases acoplado a un Espectrómetro de Masas.

Las condiciones del cromatógrafo de gases fueron las siguientes: se usó una columna cromatográfica capilar de alta resolución HP-5MS marca J & W Scientific (19091S-433), de 30 m de largo, 0.25 mm de diámetro interno y la fase estacionaria con 0.25  $\mu\text{m}$  de espesor de difenildimetilpolisiloxano [(5%-fenil)-metilpolisiloxano]. Es una columna no polar, con límites de temperatura de  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $350\text{ }^{\circ}\text{C}$ . La temperatura del inyector y de la interfase (dispositivo o línea de transferencia que une al CG con el EM) fueron  $240\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $260\text{ }^{\circ}\text{C}$ , respectivamente. Las condiciones de operación del horno cromatográfico se iniciaron en  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 5 min, después se aumentó la temperatura hasta  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$  a una velocidad de  $20\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ , la temperatura se mantuvo 5 min y por último se aumentó a la misma velocidad de  $20\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$  hasta  $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ , donde se mantuvo isotérmicamente por un tiempo de 10-20 minutos. Condiciones del espectrómetro de masas. La temperatura de la fuente de iones fue de  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$  y la de filtro de masas cuadrupolar de  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . La energía de ionización utilizada fue la estándar, 70 eV.

#### **5.7.2.1. Identificación de los compuestos extraíbles de *T. donnell-smithii* y *T. rosea***

Los compuestos fueron identificados por comparación con la base de datos NIST-MS-02 (National Institute of Standards and Technology Mass Spectral database). El porcentaje mínimo de comparación para que un componente sea identificado fue del 90 %. En la siguiente figura 23 se muestra un ejemplo de la comparación realizada entre el espectro de masas experimental de una señal cromatográfica del aceite esencial de flor de *T. donnell* y el espectro de masas de la base de datos NIST.



**Figura 23.** Comparación entre el espectro de masas del ácido n-hexadecanoico obtenido del aceite esencial de flor de *T. donnell-smithii* y el espectro de masas de la base de datos NIST-2000.

## 5.8. Análisis estadístico

Cada experimento se realizó por triplicado de manera independiente. Los datos obtenidos fueron analizados con el programa Statistica 7.0, para realizar el análisis de varianza y calcular el valor de significancia experimental. Para la comparación de medias estadísticas se realizó una prueba de Tukey con  $\alpha = 0.05$ . El criterio de selección del mejor órgano de *T. donnell-smithii* y *T. rosea* contra termitas *I. marginipennis* y *C. brevis* será aquel extracto con mayor efecto disuasivo anti-alimentario. Para la selección del mejor aceite esencial el criterio será, aquel que presente mayor efecto repelente a menor concentración.

## BIBLIOGRAFÍA

- Adams, R. P. (2007). Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. 4th ed. Allured Publishing Corporation, Carol Stream. IL, USA. Viii 804 pp, 2007.
- Aguilar Cumes, J.M. (1980). Código oficial para las especies arbóreas de Guatemala. Instituto Técnico de Capacitación y Productividad. *Instituto Nacional Forestal (INTECAP-INAFOR)* Guatemala. 105 p.
- Almedia, E.R, da Silvia Filho A.A, dos Santos E.R., and Lopes C.A.C. (1990). Antiinflammatory action of lapachol, *Journal of Ethnopharmacol.* **29**, 239-241.
- Alonso J.R. (2000). El lapacho. *Revista de Fitoterapia.* **1** (2): 107-117
- Arellano García S.H., Raya González D., Del Río T. R.E., Flores García A., Martínez Pacheco M.M. (2011). Uso Tradicional del Género *Tabebuia*. *Revista Latinoamericana de Química.* 38:142
- Askari Mahdi, Sahebkar Amirhossein, Iranshahi Mehrdad. (2009). Synthesis and Purification of 7-Prenyloxycoumarins and Herniarin as Bioactive Natural Coumarins. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences.* 12 (2): 63-69
- Barajas-Morales J., Echenique M.R., Carmona V.T. (1979). La madera y su uso en la construcción. *Instituto Nacional de Investigaciones Sobre Recursos Bióticos.* Xalapa, Veracruz, México 3: 70 p
- Barbosa-Filho, J.M., Sampaio C.A.L., Amorim E.L., FR Sena K.X., GS Almeida J. R., Vasconcelos L da Cunha E., S Silva M., Agra M. de F., Braz-Filho R. (2004). Botanical study, phytochemistry and antimicrobial activity of *Tabebuia aurea*. *PHYTON Revista Internacional de Botánica Experimental.* 221-228
- Bárcenas-Pazos G. (1995). Caracterización tecnológica de veinte especies maderables de la selva Lacandona. *Madera y Bosques.* **1**: 9-38.
- Batis, A. I., M.I. Alcocer, M. Gual, C. Sánchez y C. Vázquez-Yanes. (1999). Árboles y Arbustos Nativos Potencialmente Valiosos para la Restauración Ecológica y la Reforestación. Instituto de Ecología, UNAM. México, D.F.
- Bobadilla E.A., Pereyra O., Silva F., Stehr A.M. (2005). Durabilidad natural de la madera de dos especies aptas para la industria de la construcción. *Floresta, Curitiba, PR,* **35** (3): 419-428.
- Burnett A., Thomson R. (1967). Naturally occurring quinones. Part X. *Journal Chemical Society.* © 21: 2100

- Burnett A., Thomson R. (1968). Naturally occurring quinones. Part XII. *Journal Chemical Society* ©: *Organic*. 850- 853
- Burt S. (2004). Essential oils. Their antibacterial properties and potencial aplicaciones in foods-- a review. *International Journal Food Microbiology*. 1; 94 (3): 223-53.
- Byeoung S.P., Kwang G.L., Takayuki S., Sung E.L., and Gary R.T. (2003). Antioxidant Activity and Characterization of Volatile Constituents of Taheebo (*Tabebuia impetiginosa* Martius ex DC). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 51: 295-300
- Calle Álvarez Jairo, Espinoza Ana María, Núñez Claudia Patricia, Bautista Edgar y Pinzón Roberto. (2004). Actividad insecticida del aceite esencial de *Mintostachys mollis* (HBK) Griseb y sus componentes. *Revista Colombiana de Ciencia Química Farmacéutica*. 33 (2): 137-144
- Canello E.M y Myles T.G. (2000). Isóptera. Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento. J. Llorente Bousquets, E. González and Papavero (Eds). Volumen II. Facultad de Ciencias, UNAM, México, D.F. Pág. 295-315.
- Canessa, E. (1988). Resistencia a la pudrición en seis especies maderables de plantación. Informe final de proyecto. *Taller Publicaciones*. ITCR, Cartago, Costa Rica. 64 p.
- Castillo Díaz F., Gómez Estrada H.A., Rodríguez Cavallo E., Torrenegra D.R. y Domingo Medina J. (1996). Estudio químico preliminar del extracto con diclorometano de la corteza del tallo de *Tabebuia billbergii*. *Revista Colombiana de Química*. Bogota, Colombia. 25. 35-39
- Cibrián T.D., Méndez M.J.T., Cámos B.R., Yates III H.O. y Flores L.J. (1995). Insectos forestales de México/Forest Insects of México. Universidad Autónoma Chapingo, SARH Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre, USDA Forest Service, Natural Resources, Canadá, Comisión Forestal de América del Norte/North American Forestry Comission, Publ. Esp. No. 6. 453 p.
- Coats, JR. (1994). Risks from natural versus synthetic insecticides. *Annual Reviews Entomology*. 39:489-515.
- COFAN. (1994). Manual de Construcción para Estructuras Ligeras de Madera. *Comisión Forestal de América del Norte*. Ed. Consejo Nacional de la Madera en Construcción A.C. México, D.F. 472 p
- Cowan M. (1999). Plants products as antimicrobial agents. *Clinical Microbiological Reviews*. 10: 554-582
- Cragg G.M and Newman D.J. (2005). Plants as source of anticancer agents. *Journal Ethnopharmacology*. 100, 72-79.

- Cronquist, A., (1981). An integrated system of classification of flowering plants. *Brittonia*. New York. Columbia University Press.
- Cué-Bär E.M., José Luis Villaseñor, Libertad Arredondo-Amezcuca, Guadalupe Cornejo-Tenorio y Guillermo Ibarra-Manriquez. (2006). La flora arbórea de Michoacán, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 78: 47-81
- Encinas-Osvaldo. (2004). Taller de Tratamiento de Maderas, Museo Salvador Valero, Núcleo Rafael Rangel. Grupo de Investigación en Conservación de Maderas (GICOM). Universidad de Los Andes. Trujillo Venezuela. 22p
- Findlay, W.K. (1985). The nature and durability of wood. In: Findlay W.K. (Ed.). *Preservation timber in the tropics*. Martinus Nijhoff/ Dr W. Junk Publisher. The Netherlands. pp. 1-13
- Gallardo Anabella; Picollo María Inés; Cueto Gastón Mougabure. (2012). Evaluación de las interacciones tóxicas entre los componentes del Aceite Esencial de Geranio en *Musca domestica* (mosca común). VIII Congreso Argentino de Entomología.
- Garkavtsev Igor, Chauhan Vikash P., Wong Hon Kit., Mukhopadhyay Arpita, Marcie A. Glicksmand, Peterson Randall T., and Jain Rakesh K., (2011). Dehydro- $\alpha$ -lapachone, a plant product with antivasular activity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*. 18 (28) 11596-11601.
- Gentry A.H. (1992a). A synopsis of Bignoniaceae ethnobotany and economic botany. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 79: 53-64
- Gentry, A.H. (1992b). Bignoniaceae-Part II (Tribe Tecomeae). *Flora Neotropica*. The New York Botanical Garden. 25 (II): 1-370.
- Girard M., Kindack D., Dawson B.A., Ethier J.C., Awang D.V.C. (1988). Naphthoquinone Constituents of *Tabebuia* spp. *Journal of Natural Products*, 51:1023-1024
- Gonzalez S.J. (2004). Growth, properties and uses of Western Red Cedar. Forintek Canada Corp., Western Red Cedar Lumber Association, and Western Red Cedar Export Association. Special Publication No SP-37R. Second Edition. p 42
- Grace, J.K., Yamamoto R.T. (1993). Natural resistance of Alaska- cedar, red Wood, and teak to Formosan subterranean termites. Forest Products Society. *Forest Products Journal*. 44 (3): 41-45.
- Guevara S.L. y LLuncor M.D. (1993). Durabilidad natural y adquirida de 27 maderas tropicales en condición de campo. *Folia Amazonica*. VOL. 5 (1-2)

- Guizar Nolazco E., Sánchez Vélez A. **(1991)**. Guía para el reconocimiento de los principales árboles del Alto Balsas. Universidad Autónoma de Chapingo. Primera Edición. México.
- Hamburger M.O., Cordell G.A. 1988. Furanonaphtoquinones from *Tabebuia avellanedae*. International Congress on Natural Products Research. *American Society of Pharmacognosy*. Utha.
- Herrera T.C., Landa O.R., Aguilar A.E., Sandoval M.R., **(2010)**. Contribución para la formulación del plan de acción frente al cambio climático del Estado de Michoacán. 72 p.
- Hidayat Hussain, Karsten Krohn, Viqar Uddin Ahmad, Ghulam Abbas Miana, e Ivan Robert Green. (2007). Lapachol: an overview. *Journal Arkivoc*. (ii) 145-171
- Howard L.R., Talcott S.T., Brenes C.H., Villalón B. **(2000)**. Changes in phytochemical an antioxidant activity of selected peper cultivars (*Capsicum* species) as influenced by maturity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 48: 1713-1720
- JAC (Junta del Acuerdo de Cartagena, CO). **(1988)**. Manual del Grupo Andino para la preservación de maderas. Lima, PE, Proyecto sub regional de promoción industrial de la madera para construcción (PRID-Madera) de la Junta del Acuerdo de Cartagena. 404 p.
- Jaenson TG, Palsson y Borg Karlson AK. **(2006)**. Evaluation of extracts and oils of mosquito (Diptera: Culicidae) repellent plants from Sweden and Guinea Bissau. *Journal Medical of Entomology* 43 (1): 113-119.
- Jamal, A.K., Yaacob, W.A., Din, L.B. **(2008)**. A chemical study on phyllanthus reticulatus. *Journal of Physical Science*. 2008,19(2), 45–50.
- Jaramillo Colorado Beatriz Eugenia. **(2004)**. Estudio de la actividad antioxidante in vitro de aceites esenciales de plantas tropicales y compuestos nitrogenados sintéticos. Tesis de Doctorado en Química. Universidad Industrial de Santander. Colombia.
- Joshi Krishna C., Prakash L., Shah Rama K. **(1977)**. Chemical examination of the roots of *Tabebuia rosea* and heartwood of *Oroxylum indicum*. Dep. Chem. Univ. Rajasthan, Jaipur, India. *Journal Planta Medica; Journal of Medicinal Plant and Natural Product Research*. **31**(3): 257-8
- Kuo Yueh-Hsiung, Chien Shih-Chang, y Huang Shou-Ling. **(2002)**. Four New Podocarpane-Type Trinorditerpenes from the Bark of *Taiwania cryptomerioides*. *Pharmaceutical Society of Japan*. **50** (4): 544-546
- Krishna K. y Weesner F.M. **(1970)**. Biology of termites. Vol. II. Academic Press, New York and London. 643 p.

- Lakshmana A.C. y Sunder S.S. (1989). *Garicinia pictorius* a promising avenue tree. Evergreen Trichur. **23**: 2-3.
- Lombardi-Boccia G., Lucarni M., Lanzi S., Aguzzi A., Capelloni M. (2004). Nutrients and antioxidant molecules in yellow plums (*Prunus domestica* L.) from conventional and organic productions: a comparative study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52: 90-94.
- Liu L.Z., Chu S. S y Liu R.Q. (2012). Chemical composition and insecticidal activity against *Sitophilus zeamais* of the essential oils of *Artemisia capillaries* and *Artemisia mongolica*. *Journal Molecules*. 15: 2600-2608.
- López-Hernández E. (2001). Identificación y estabilidad de pigmentos carotenoides y flavonoides extraídos de hojas de almendro (*Terminalia catappa*) procedente del Estado de Tabasco. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma Metropolitana. División de ciencias biológicas y de la salud de la unidad de Iztapalapa.
- Marinoff Mariela A., Zago Gustavo L., Pzocik Horacio J., Chifa Carlos Giménez, María C. (2005). Contribución al conocimiento de la actividad farmacológica de *Medicago sativa* L. (Fabaceae), “alfalfa”. Universidad Nacional del Nordeste Comunicaciones Científicas y Tecnológicas). Saenz Peña, Chaco, Argentina.
- Martínez A., Speranza M., Ruiz D.F.J., Ferreira P., Camarero S., Guillén F., Martínez M., Gutiérrez A., del Río C.J. (2005). Biodegradation of lignocellulosics: microbial, chemical, and enzymatic aspects of the fungal attack of lignin. *International Microbiology*, **8**, 95-204.
- Mateo J.J., Jimenez M. (2000). Monoterpenes in grape juice and wines. *Journal of Chromatography A*. 881; 557–567
- Méndez, J.M., Soihet. C. (1997). Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales. No. 8. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. (CATIE) Turrialba, Costa Rica.
- Menacho Márquez M., Murguía J.R. (2006). Beta-lapachone activates a Mre11p-Tel1p G1/S checkpoint in budding yeast. *Cell Cycle*. 1; 5(21):2509-16
- Mendoza H., Gómez S. (1982). Entomología General. Ciudad de la Habana. Pág. 35-39
- Metcalf R.L., Metcalf E.R. (1992). Plant kairomones in insect ecology and control. Chapman and Hall. New York. US. p. 169.
- Miranda, F. (1999). Fichas Técnicas de Especies Forestales Estratégicas. No. 3-7. *Gaceta de la Red Mexicana de Germoplasma Forestal – SEMARNAP-PRONARE*. México, D.F.

- Montesino V.M., López F.H., Hernández A.J. y de Zayas I.E. 2009. Insecticidas botánicos como alternativas para el manejo de plagas en sistemas agroforestales. *Agricultura Orgánica*. **1**: 24-26.
- Nickle D.A., Collins M. 1988. The termite fauna (Isoptera) in the vicinity of Chamela, State of Jalisco, Mexico. *Folia Entomológica Mexicana*. **77**:85-122.
- Niembro, A. (1986). Árboles y Arbustos Útiles de México. Editorial Limusa. México, D.F.5.
- Niemela P., Mattison W.J. (1996). Invasion of North American forests by European phytophagous insects: legacy of the European crucible. *Bioscience*, **46**(10):741-753.
- Nogales-Bautista M. (2003). Efectividad del ácido bórico para el control de la termita de madera seca *Incisitermes marginipennis* (Latreille) (Isóptera: Kalotermitidae). Tesis de Licenciatura- Universidad Autónoma de Chapingo.
- Novoa-Robles L.A. (2006). Manual de buenas prácticas de manufactura para la preservación de madera aserrada; acorde a los estándares expresados en las propuestas de normas. Programa de desarrollo de políticas de comercio exterior - Consultoría de secado y preservación de madera aserrada. Lima Perú. 41 p
- Ohmura W. Doi S., Aoyama M., Ohara S. (2000). Antifeedant activity of flavonoids and related compounds against the subterranean termite *Coptotermes formosanus*. *The Japan Wood Research Society*, **46**: 149-253.
- Oloyede G.K, Oladosu I.A., Shodia A.F, and Oloyade O.O. (2010). Cytotoxic Effects of *Tabebuia rosea* Oils (Leaf and Stem Bark). *Archives of Applied Science Research*. **2** (3):127-130
- Omolo M.O., Okinyo D., Ndiege I.O., Lwande W., Hassanali A. (2004). Repellency of essential oils of some Kenyan plants against *Anopheles gambiae*. *Phytochemistry*. **65**: 2797–802.
- Osuna-Leal E. (2005). Uso del Neem para la elaboración artesanal de bioplaguicidas. SAGARPA. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noroeste Campo Experimental Todos Santos. La Paz Baja California. Folleto Técnico (10): 28p
- Palazzo Maria C., Hilary L. Wright, Brittany R. Agius, Brenda S. Wright, Debra M. Moriarity, William A. Haber and William N. Setzer. (2009). Chemical Compositions and Biological Activities of Leaf Essential Oils of Six Species of Annonaceae from Monteverde, Costa Rica *Record of Natural Products* **3** (3): 153-160
- Pascual V., Ballestas M.A. y Soles A. (2004). Toxicidad y repelencia de aceites esenciales en plagas de almacén de arroz. *Biología Sanitaria Vegetal Plaga*. **30**: 279.

- Pateh U.U., Haruna A.K., Garba M., Iliya I., Sule I.M., Abubakar M.S. and Ambi A.A. (2009). Isolation of stigmasterol,  $\beta$ -sitosterol and 2-hydroxyhexadecanoic acid methyl ester from the rhizomes of *Stylochiton lancifolius* pyer and kotchy (Araceae). *Nigerian Journal of Pharmaceutical Sciences*. 7: (1); 19-25.
- Pennington T.D., Sarukán J. (1998). Árboles Tropicales de México. Segunda edición. UNAM - Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
- Pennington T.D., Sarukán J. (2005). Árboles tropicales de México. “Manual para la identificación de las principales especies”. Texto Científico Universitario. Universidad Autónoma de México. Fondo de Cultura Económica. Tercera edición. México DF.
- Peraza, F. (2002). Protección preventiva de la madera. *Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y Corcho*. Madrid, Es. 437 p
- Ramalakshmi S. and Muthuchelian K. (2011). Analysis of Bioactive constituents from the Ethanolic leaf extract of *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC by Gas Chromatography – Mass Spectrometry. *International Journal of ChemTech Research* 3 (3): 1054-1059.
- Ramírez Rosslyn N., Mora Flor D., Avila Jorge L., Rojas Luis B., Usubillaga Alfredo, Segnini Samuel, Carmona Juan. (2011). Composición química y actividad larvicida del aceite esencial de *Annona cherimola* Mill. de Los Andes venezolanos contra el mosquito *Aedes aegypti* (L.). *Revista de la Facultad de Farmacia*. Universidad Los Andes. Venezuela. 53 (2): 2-6
- Rasadah M.A., Houghton P.J., and Hoo T.S. (1998). Antifungal Activity of Some Bignoniaceae Found in Malaysia. *Phytotherapy Research*. 12: 331–334
- Raya G. D., Chávez D.J., Hernández U.S.E., Castro O.R. Martínez M.R.E., Ron Echeverría O.A. del Río T. R. E., Morales L. M. E., Cajero J.M. y Martínez P. M. M. (2008). Toxicological study of an aqueous extract from *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq) Griseb heartwood. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*. 13, 1-8. ISSN 1028-4796.
- Raya González D. (2007). Las maderas secas de encino (*Quercus* spp.) y pino (*Pinus* spp.) son protegidas del daño causado por *Lyctus* spp. e *Incisitermes marginipennis* (Latreille) con extractos vegetales acuosos. Tesis de Doctorado- Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Reccord S. and Hees R. (1940). American timbers of the family Bignoniaceae. *Tropical Woods*. 63: 9-38

- Reyes C.R., Pérez M. V., Del Ángel S.B. (1987). Influencia de los extractivos en la resistencia natural de seis maderas tropicales al hongo de pudrición morena *Lenzites trabea*. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (INIREB). Xalapa, Ver.
- Ribeiro R.C.M., de Souza P.P., L.D Letícia. Ferreira M., Pinto L.A., S. de Almeida L. e de Jesus J.G. (2008). Ciclização do Lapachol Induzida por Sais de Tálío III. *Química Nova*. 31: 759-762
- Rioja L.B., Pieltain B.C., Ceballos G.F.A., Barreiro A. (1976). Historia Natural: Vida de los animales, de las Plantas y de la Tierra. Tomo II. Zoología. (Invertebrados). 10 ed. Barcelona, ES, Instituto Gallach de Librería y Ediciones. 487 p.
- Rocha V.G., Almeida S.G., Bismara R.M., Duarte M.M., Brito J., Silva M., Silva C.S., Piedade S.M., y Domínguez M.A. (2009). Activity of essential oil and its major compound, 1,8-cineole, from *Eucalyptus globulus* Labill. Against the storage fungi *Aspergillus flavus* link and *Aspergillus parasiticus* Speare. *Journal of Stored Products Research*. 45: 108-11.
- Rojas-Herrera R.S. (2008). Determinación de la resistencia natural de la madera de Pino Triste (*Pinus Pseudostrobus* Lindl.), Palo Blanco (*Cydistax donnell-smithii* Rose.Seibert.), Lloro Sangre, (*Swartzia Cubensis-Britt-Willson*), contra el ataque de termitas subterráneas. Tesis de licenciatura. Escuela de Ingeniería. Química Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. 88 p
- Rubinstein I., Goad L.J., Clague A.D.H. (1976). The 200 MHz spectra of phytosterols. *Phytochemistry*. 15, 195-200.
- Sacchetti G., Maietti S., Muzzoli M., Scaglianti M., Mandredini S., Radice M., y Bruni R. (2005). Comparative evaluation of 11 essential oils of different origin as functional antioxidants, antiradicals and antimicrobials in food. *Food Chemistry*. 91: 621-632.
- Sadananda T.S., Nirupama R., Chaithra K., Govindappa M., Chandrappa C.P. and Vinay R.B. (2011). Antimicrobial and antioxidant activities of endophytes from *Tabebuia argentea* and identification of anticancer agent (lapachol). *Journal of Medicinal Plants Research*. 5(16), 3643-3652.
- Salvador-Hernández J.L. (2010). Estudio químico de aceites esenciales de dos especies de *Caesalpinia*. Tesis de Maestría- Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Santana S., Reina M., Fraga B.M., Sanz J., González C.A . (2012). Antifeedant activity of fatty acid esters and phytosterols from *Echium wildpretii*. *Chemistry & Biodiversity*. Verlag Helvetica Chimica Acta; Instituto de Ciencias Agrarias del CSIC, Madrid. 9(3):567-76.

- Sathiya M. and Muthuchelian K. (2008). Studies on Phytochemical Profile and Antibacterial Activity of Ethanolic Leaf Extract of *Tabebuia rosea* (Bertol) DC. *Ethnobotanical Leaflets*. **12**: 1153-57
- Scheffer T.C. (1958). Control of decay and sap stain in logs of green lumber Report N°2107. Wisconsin, US, Department of Agriculture, Forest Service. 13 p.
- Scheffer T.C. (1973). Microbiological degradation and the causal organisms. In: Wood deterioration and its prevention by preservative treatments. Vol. I. Degradation and protection of Wood. D.D. Nicholas (ed). Syracuse Wood Science Series 5. Syracuse Univ. Press. New York.
- Schmeda-Hirschmann Guillermo y Papastergiou Fani. (2003). Naphthoquinone Derivatives and Lignans from the Paraguayan Crude Drug “Tayí Pyta” (*Tabebuia heptaphylla*, Bignoniaceae). *Verlag der Zeitschrift für Naturforschung Tübingen Mainz*. **58c**, 495-501.
- Seger C., Jandl B., Brader G., Robien W., Hofer O., Greger H. (1997). Case studies of CSEARCH supported structure elucidation strategies: lupeol and a new germacrane derivative. *Fresenius Journal of Analytical Chemistry*. 359, 42- 45.
- Segura W.G., Brunhuber M.J.L. (1983). Resistencia Natural de 18 especies de maderas mexicanas contra el ataque de termitas de madera seca (Kalotermitidae, Isóptera). Universidad Autónoma Metropolitana (UAM). Reporte de servicio.
- Stashenko E.E., Jaramillo B.E., Martínez J.R. (2004). Comparison of different extraction methods for the analysis of volatile secondary metabolites of *Lippia alba* (Mill.) N.E. Brown, grown in Colombia, and evaluation of its in vitro antioxidant activity. *Journal Chromatography A*. 1025: 93-103.
- Stephane-Bruno, Ochoa M.G., Fulvio G., Equihua G.M., Márquez L.E., Espinosa C.M., Ortiz C.F. 2010. Publicación bimestral de agricultura, pecuaria y productos típicos orgánicos. No. 18.
- Stork N.E. y Eggleton P. (1992). Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. *American Journal Alternative Agriculture*, **7**, 38-47.
- Traboulsi A.F., El-Haj S., Tuene M., Taoubi K., Nader NA., y Mrad A. (2005). Repellency and toxicity of aromatic plant extracts against the mosquito *Culex pipiens molestus* (Diptera: Culicidae). *Pest Management Science*. 61: 597-4.
- Tuset R., Duran F. (1979). Manual de Maderas Comerciales, Equipos y procesos de utilización. Montevideo, UY, Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur. 688 p.

- Uppuluri V.M., Mahapatra A., Sabitha S.R., Manjula C. (2003). Antifeedant Activity of Some Pentacyclic Triterpene Acids and Their Fatty Acid Ester Analogues. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 51 (7), pp 1952-1955
- Vale T.G., Furtado E.C., Santos K.G., Viana G.S.B. (2002). Central effects of citral, myrcene and limonene, constituents of essential oil chemotypes from *Lippia alba* (Mill.) n.e. Brown. *Phytomedicine*. 9 (8): 709-14
- Velásquez J., Rojas L.B. and Usubillaga A. (2004). Antifungal activity of naphthoquinone from *Tabebuia serratifolia* (Vahl. Nicholson). *Scientific Journal from the Experimental Faculty of Sciences, at La Universidad del Zulia*. 12 (1): 64-69
- Wagner H., Kreher B., Lotter H., Hamburger M., Cordell G. (1989). Structure Determination Of New Isomeric Naphtho(2,3-B)Furan-4,9-Diones From *Tabebuia Avellanadae* By The Selective-Inept Technique. *Helvetica Chimica Acta*. 72 4: 659-667.
- Wasicky R. (1967). Fitoquímica de *Tabebuia* sp. Análise de alguns principios. *Revista da Faculdade de Farmacia e Bioquímica da Universidade de San Pablo*. 5: 383-85
- Wiseman S., Eggleton P. (1994). The Termitide Marked. Agrow report DS 88. PJB Publications, Richmond, Surrey, UK.

### Páginas web

- ASTM D2017-05. Standard Test Method of Accelerated Laboratory Test of Natural Decay Resistance of Woods. International Standards Worldwide. Disponible en internet en: <http://www.astm.org/Standards/D2017.htm> [Consultado el de 15 Mayo 2012]
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2008. Disponible en internet en: [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/cambios\\_veg/doctos/tipos.html](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/cambios_veg/doctos/tipos.html) [Consultado el 08 de Diciembre 2011]
- Gutiérrez Carvajal Liliana y Dorantes López Jesús. 2004. Especies forestales de uso tradicional del Estado de Veracruz. Potencialidades de especies con uso tradicional del Estado de Veracruz, como opción para establecer Plantaciones Forestales Comerciales. CONAFOR-CONACYT-Universidad Veracruzana. Disponible en internet en: <http://www.verarboles.com/> [Consultado el 20 de Febrero 2012]

“Estudio comparativo de los compuestos extraíbles de *Tabebuia donnell-smithii* Rose y *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC y su efecto disuasivo antitermita.”

---

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (INEGI). 2009. Disponible en internet en <http://www.inegi.org.mx/> [Consultado el 19 Octubre de 2011]

Instituto Nacional de Ecología. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2007). Disponible en Internet en: <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/2/monarca.html> [Consultado el 15 de Mayo de 2012]

National Tropical Botanical Garden. Janet L. Leopold and Matthew Goodale. Disponible en internet en: [http://www.ntbg.org/plants/plant\\_details.php?plantid=11901](http://www.ntbg.org/plants/plant_details.php?plantid=11901) [Consultado el 16 de Mayo 2012]

Food and Agriculture Organization FAO 1997. Límites máximos del codex para residuos de plaguicidas. [www.fao.org/waicent/faostat/Pest-Residue/pest-s.htm](http://www.fao.org/waicent/faostat/Pest-Residue/pest-s.htm) [Consultado el 08 de Junio de 2012]

Organización Mundial de la Salud. OMS ©, 2012. Disponible en internet en: <http://www.who.int/es/> [Consultado el 08 de Junio de 2012]

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (SEMARNAT). 2010. Disponible en internet en: <http://www.semarnat.gob.mx/Pages/Inicio.aspx> [Consultado el 15 de Mayo de 2012]

*“¿A quién tengo yo en los cielos sino a ti? Y fuera de ti nada deseo en la tierra”*

*(Salmos 73: 25)*