

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA



TRABAJO DE GRADUACIÓN

CARACTERIZACIÓN DE FIBRAS Y ELEMENTOS DE LOS VASOS DEL XILEMA DE LA
MADERA DE *Swietenia macrophylla* King., DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS
EN EL LABORATORIO FORENSE DE ANATOMÍA DE MADERA, CIUDAD
UNIVERSITARIA, GUATEMALA, C.A.

MILVIA ALEJANDRA LIQUEZ CASTILLO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

CARACTERIZACIÓN DE FIBRAS Y ELEMENTOS DE LOS VASOS DEL XILEMA DE LA
MADERA DE *Swietenia macrophylla* King., DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN EL
LABORATORIO FORENSE DE MADERA, CIUDAD UNIVERSITARIA, GUATEMALA, C.A.

PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

MILVIA ALEJANDRA LIQUEZ CASTILLO

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERA AGRÓNOMA

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADA

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Ing. M. Sc. Murphy Olympo Paiz Recinos

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
VOCAL PRIMERO	Dr. Tomás Antonio Padilla Cámara
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. M. A. César Linneo García Contreras
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. M. A. Jorge Mario Cabrera Madrid
VOCAL CUARTO	P. Agr. Carlos Waldemar De León Samayoa
VOCAL QUINTO	P. Agr. Marvin Manolo Sicajaú Pec
SECRETARIO	Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón

Guatemala, noviembre de 2018

Guatemala noviembre de 2018

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de Graduación: **CARACTERIZACIÓN DE FIBRAS Y ELEMENTOS DE LOS VASOS DEL XILEMA DE LA MADERA DE *Swietenia macrophylla* King., DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN EL LABORATORIO FORENSE DE ANATOMÍA DE MADERA, CIUDAD UNIVERSITARIA, GUATEMALA, C.A.**, como requisito previo a optar al título de Ingeniera Agrónoma en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciada.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Milvia Alejandra Liquez Castillo

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

Ser supremo fuera de tiempo y espacio que nos concedió la capacidad de conocer, figura elemental en el desarrollo personal; fuente de fortaleza, esperanza, amor y discernimiento en mi formación personal y académica “Pedid y se os dará”. Porque solo en ti existo. Mi carrera está a tu servicio.

A MIS PADRES

Arminda Castillo de la Cruz y Leonardo Liquez García, no me alcanzará la vida para agradecerles el esfuerzo y la dedicación que tuvieron todos estos años; porque siempre querrán lo mejor para nosotros. Éste triunfo es también suyo; infinitas gracias.

A MIS HERMANOS

Amigos y confidentes con quienes las horas pasan volando, personas valiosas y parte elemental de mi desarrollo.

A MI FAMILIA

Es el motor y núcleo de formación y en donde tomé la motivación y valor para seguir los sueños. Familiares cercanos que siempre estuvieron pendientes de los avances de esta vida académica. Gracias por la confianza, cariño y comprensión.

A MIS AMIG@S

Ustedes son la familia que se escoge, personas que incondicionalmente me brindaron su compañía, comprensión, palabras de aliento y apoyo mutuo en momentos de tensión, muchas gracias por estar presentes y en especial a Gloria, Liss, Wilman y Soto; son ustedes irrepetibles.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A:

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ESCUELA NACIONAL CENTRAL DE AGRICULTURA – ENCA –

AGRADECIMIENTOS

A:

Mi asesora, Ing. Agr. M Sc. Myrna Herrera por su apoyo en la elaboración de este documento.

Mi supervisor de EPS, Dr. Ezequiel López Bautista por su valioso apoyo en la revisión de este documento.

Mis padres Leonardo Liquez García y Arminda Castillo de la Cruz, familia, amigos y las personas que directa e indirectamente me han apoyado durante estos largos años.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
CAPÍTULO I	1
1.1 PRESENTACIÓN	3
1.2 MARCO REFERENCIAL	5
1.2.1 Ubicación del laboratorio	5
1.2.2 Antecedentes.....	5
1.2.3 Actividades del laboratorio.....	6
1.3 OBJETIVOS	8
1.3.1 Objetivo General.....	8
1.3.2 Objetivos Específicos	8
1.4 METODOLOGÍA.....	9
1.4.1 Definición de los procesos de laboratorio	9
1.4.2 Comprensión de la organización y su contexto	9
1.4.3 Análisis de las ventajas y desventajas comparativas y competitivas del laboratorio.....	9
1.5 RESULTADOS	10
1.5.1 Definición de los procesos de laboratorio	10
1.5.2 Comprensión de la organización y su contexto.	14
1.5.3 Análisis de las ventajas y desventajas comparativas y competitivas del laboratorio.....	24
1.6 Conclusiones.....	26
1.7 RECOMENDACIONES	27
1.8 BIBLIOGRAFÍA	28
1.9 ANEXOS	29
1.9.1 Guía de la entrevista.....	29

	PÁGINA
1.9.2	Definiciones..... 29
1.9.3	Partes interesadas 29
1.9.4	Sistema de gestión..... 29
1.9.5	Contexto de la organización..... 29
1.9.6	Cliente 30
1.9.7	Servicio..... 30
1.9.8	Salida 30
1.9.9	Datos..... 30
1.9.10	Objeto. Entidad..... 30
1.9.11	Enfoque orientado a procesos..... 30
1.9.12	Proceso 31
1.9.13	Clasificación de los procesos 31
CAPÍTULO II 33
2.1	INTRODUCCIÓN 35
2.2	MARCO TEÓRICO 37
2.2.1	Marco Conceptual 37
2.2.2	Marco Referencial 50
2.3	OBJETIVOS..... 58
2.3.1	Objetivo General 58
2.3.2	Objetivos Específicos 58
2.4	METODOLOGÍA 59
2.4.1	Selección del material vegetal..... 59
2.4.2	Manejo del material experimental..... 59
2.4.3	Preparación del material para el estudio por microscopía..... 61

PÁGINA

2.4.4	Medición y análisis de los elementos constitutivos (variables).....	62
a)	Fibras	62
b)	Vasos	62
c)	Pared (fibras y elementos de los vasos).....	63
2.4.5	Tamaño de la muestra.....	63
2.4.6	Análisis de los datos	63
2.4.7	Diseño experimental	63
2.4.8	Unidad experimental.....	64
2.4.9	Modelo estadístico.....	64
2.5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	66
2.5.1	Fibras.....	66
2.5.2	Elementos del vaso	73
2.6	CONCLUSIONES.....	81
2.7	RECOMENDACIONES	82
2.8	BIBLIOGRAFÍA	83
2.9	ANEXOS	87
2.9.1	Fotografías tomadas durante el desarrollo de la investigación.....	87
2.9.2	Datos de las mediciones de las fibras de <i>S. macrophylla</i> King.....	88
2.9.3	Mediciones de los elementos de los vasos de <i>S. macrophylla</i> King.	92
CAPÍTULO III	99
3.1	PRESENTACIÓN	101
3.2	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE MONTAJES ANATÓMICOS DE ESPECIES BAJO ESTUDIO EN EL LABORATORIO FORENSE DE MADERAS.	102
3.2.1	Objetivos.....	102

3.2.2	Metodología para la elaboración de montajes anatómicos permanentes.....	102
3.2.3	Resultados	103
3.2.4	Evaluación.....	106
3.3	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE MACERADOS DE MADERA DE ALGUNAS ESPECIES BAJO ESTUDIO EN EL LABORATORIO FORENSE DE MADERAS.	106
3.3.1	Objetivos	106
3.3.2	Metodología para la elaboración de macerados permanentes.....	107
3.3.3	Resultados	107
3.3.4	Evaluación.....	111
3.4	ELABORACIÓN DE UN TRIFOLIAR INFORMATIVO PARA LA DIVULGACIÓN DEL LABORATORIO FORENSE DE MADERAS.....	112
3.4.1	Objetivos	112
3.4.2	Metodología.....	112
3.4.3	Resultados	113
3.4.4	Evaluación.....	113
3.5	BIBLIOGRAFÍA.....	116

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
Figura 1. Mapa del campus de la Universidad de San Carlos de Guatemala.	5
Figura 2. Fotografía de la elaboración de la elaboración de cortes anatómicos	6
Figura 3. Fotografía de la exploración y colecta de material vegetal para herborización.....	7
Figura 4. Flujograma del proceso de elaboración de cortes histológicos.....	12
Figura 5. Flujograma del proceso de elaboración de macerados de especies maderables.	13
Figura 6. Organigrama del proyecto del laboratorio forense de maderas.	16
Figura 7. Representación gráfica del árbol, hoja, flores, fruto y semilla de <i>S.</i> <i>macrophylla</i>	40
Figura 8. Mapa de la distribución potencial de <i>Swietenia macrophylla</i> King en América Central.	41
Figura 9. Fotografía de una rodela de madera de <i>S. macrophylla</i>	42
Figura 10. Cubo de madera de latifoliadas con las tres secciones de estudio y los elementos anatómicos.	46
Figura 11. Diferentes formas de diversos elementos traqueales del xilema presentes en Magnoliopsida.	47
Figura 12. Mapa de la ubicación geográfica del departamento de Petén en la república de Guatemala.....	52
Figura 13. Esquema de la toma de muestras a diferentes alturas dentro del fuste. Base, medio y apical.	59
Figura 14. Trazo de la cruz en la rodela para la elaboración de las cruces.	60
Figura 15. Fotografía de las zonas de muestreo dentro de la rodela	60
Figura 16. Elaboración de probetas anatómicas con sierra de banco.	61
Figura 17. Fibra de la base de <i>S. macrophylla</i> King, vista 10X.....	67
Figura 18. Fibras de Caoba <i>S. macrophylla</i> King.	67
Figura 19. Variación de la longitud de fibras a diferentes niveles de altura en el árbol.	68

	PÁGINA
Figura 20. Variación del diámetro de fibras a diferentes niveles de altura en el árbol.	70
Figura 21. Variación del ancho de lumen de fibras a diferentes niveles de altura en el árbol.....	71
Figura 22. Variación del grosor de pared de fibras a diferentes niveles de altura en el árbol.....	72
Figura 23. Vaso sección apical, vista 20X.....	74
Figura 24. Elementos de los vasos del xilema de <i>S. macrophylla</i> King.....	74
Figura 25. Variación de la longitud de elementos del vaso a diferentes niveles de altura en el árbol.....	75
Figura 26. Variación del diámetro total de elementos del vaso a diferentes niveles de altura en el árbol.....	77
Figura 27. Variación del ancho lumen de elementos del vaso a diferentes niveles de altura en el árbol.....	78
Figura 28. Variación del grosor de pared de elementos del vaso a diferentes niveles de altura en el árbol.....	79
Figura 29A. Elaboración de las rodelas para el estudio.	87
Figura 30A. Identificación de las diferentes secciones y árbol al que pertenecen	87
Figura 31. Elaboración de probetas anatómicas con sierra de banco.....	103
Figura 32. Flujograma del proceso de elaboración de cortes anatómicos y montajes permanentes.....	104
Figura 33. Fotografía de un corte transversal <i>Dalbergia calycina</i> . Vista 10X	105
Figura 34. Fotografía de un corte transversal <i>Dalbergia tucurensis</i> . Vista 10X.....	105
Figura 35. Fotografía de un corte transversal <i>Dalbergia retusa</i> . Vista 10X	105
Figura 36. Fotografía de un corte transversal <i>Guaiacum sanctum</i> . Vista 4X.....	106
Figura 37. Flujograma del proceso de elaboración de macerados.....	108
Figura 38. Fotografía del ablandamiento del tejido (cortes a 120 μ m) durante 15 min.....	109

PÁGINA

Figura 39. Fotografía del lavado de los cortes después del ablandamiento en KOH.....	109
Figura 40. Fotografía de cortes en cloro dentro de los tubos de cultivo.	110
Figura 41. Fotografía baño maría de los cortes en cloro.	110
Figura 42. Fotografía de fibras de la especie <i>Swietenia humilis</i> . Vista 10X.....	111
Figura 43. Exterior del trifoliar informativo.	114
Figura 44. Interior del trifoliar informativo.....	115

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
Cuadro 1. Análisis FODA del laboratorio forense de maderas.....	25
Cuadro 2. Condiciones edafoclimáticas en las que se desarrolla.....	40
Cuadro 3. Tabla de clasificación de características anatómicas microscópicas de fibras de la madera.	49
Cuadro 4. Tabla de clasificación de características anatómicas microscópicas de los elementos del vaso.....	50
Cuadro 5. Parámetros climáticos en el departamento de Petén.	54
Cuadro 6. Niveles de los factores estudiados, sus combinaciones y códigos.....	64
Cuadro 7. Cuadro resumen de la media, desviación estándar, mínimo y máximo de las características anatómicas de las fibras de <i>S.</i> <i>macrophylla</i> . Valores en micras.....	66
Cuadro 8. Resultados del análisis de varianza para la variable longitud de fibras.....	67
Cuadro 9. Resultados del análisis de varianza para la variable diámetro total de fibras.	69
Cuadro 10. Resultados del análisis de varianza para la variable lumen de fibras.....	70
Cuadro 11. Resumen del análisis de varianza de pared de fibras de <i>S.</i> <i>macrophylla</i> King.....	72
Cuadro 12. Cuadro resumen de la media, desviación estándar, mínimo y máximo. Medidas en micras.....	73
Cuadro 13. Resumen del análisis de varianza para longitud de elemento del vaso.....	75
Cuadro 14. Resumen del análisis de varianza para ancho del elemento del vaso.....	76
Cuadro 15. Resumen del análisis de varianza para el diámetro de lumen de los elementos de los vasos.....	78

PÁGINA

Cuadro 16. Resumen del Análisis de Varianza para grosor de pared del elemento del vaso.....	79
Cuadro 17A. Datos obtenidos de las mediciones de fibras.	88
Cuadro 18A. Datos obtenidos de las mediciones de fibras.	92

CARACTERIZACIÓN DE FIBRAS Y ELEMENTOS DE LOS VASOS DEL XILEMA DE LA MADERA DE *Swietenia macrophylla* King., DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN EL LABORATORIO FORENSE DE ANATOMÍA DE MADERA, CIUDAD UNIVERSITARIA, GUATEMALA, C.A.

RESUMEN

El presente trabajo es el resultado del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), ejecutado en el período comprendido de agosto 2014 a mayo 2015, en el proyecto de investigación “Establecimiento de un laboratorio forense para la identificación y descripción de maderas para la aplicación de los procesos legales y de los sistemas de trazabilidad de los productos incluidos en la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES)” contiene un diagnóstico, investigación y servicios desarrollados en el laboratorio.

En el diagnóstico se definen los procesos realizados para el estudio anatómico de la madera, el contexto interno y externo del laboratorio y un análisis FODA que sirve para plantear estrategias a implementar con el fin del buen funcionamiento del laboratorio. Esta información se documentó de acuerdo al capítulo cuatro de la Norma ISO 9001:2015 y es una base para la información documentada requerida para la acreditación del laboratorio bajo la Norma Técnica ISO/IEC 17025:2017.

La investigación realizada describe el comportamiento de las fibras de la madera de la especie *Swietenia macrophylla* King. donde se encontró que no existe una diferencia significativa entre las fibras en sentido axial y radial, es decir que las fibras son homogéneas dentro del fuste en cualquier punto de altura y/o dentro de una sección transversal cualquiera que se desee examinar. Esta información generada constituye un aporte de carácter técnico-científico dentro del campo de la identificación de especies maderables en Guatemala e inicia un banco de información histológica del laboratorio.

Los servicios realizados describen la metodología de los procesos anatómicos e histológicos para el estudio de la madera y un trifoliar con información relativa a las actividades de investigación del laboratorio de anatomía de la madera.



CAPÍTULO I

DIAGNÓSTICO DEL LABORATORIO FORENSE DE ANATOMÍA DE MADERAS DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, GUATEMALA C.A

1.1 PRESENTACIÓN

El Laboratorio Forense de Anatomía de Maderas, está ubicado en el salón S-2 del edificio de la Unidad de Vinculación y Gestión de Recursos (UVIGER), de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala. La implementación y equipamiento del laboratorio es parte de un proyecto de investigación financiado por la “Organización Internacional de Maderas Tropicales” (OIMT) en convenio con la “Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres” (CITES); los fondos fueron administrados por la organización no gubernamental Fundación Naturaleza para la Vida (FNPV).

Las investigaciones realizadas tuvieron como objetivo el estudio anatómico y fenológico de las siguientes especies amenazadas: *Swietenia macrophylla* King. *S. humilis* Zucc., *Guaicum sanctum* L., *Dalbergia stevensonii* Standl., *D. retusa* Helms., procurando hacer énfasis en otras especies del género *Dalbergia*. Las maderas de estas especies poseen un alto valor comercial en el mercado mundial al ser consideradas como maderas preciosas.

El laboratorio se dedica a labores de identificación, investigación y extensión en el campo del conocimiento de la estructura anatómica y tecnología de la madera con el fin de generar información científica que pueda ser utilizada como referencia por las instituciones gubernamentales encargadas de ejecutar los controles del tráfico de dichas especies por el territorio nacional.

Dentro del contexto científico del laboratorio también se incluye el enfoque por procesos; que propicia un desarrollo más eficaz y eficiente de las labores de investigación, debido a que constituye una de las principales bases de las prácticas de gestión que caracterizan a exitosas organizaciones (Pérez Rave *et al*, 20017).

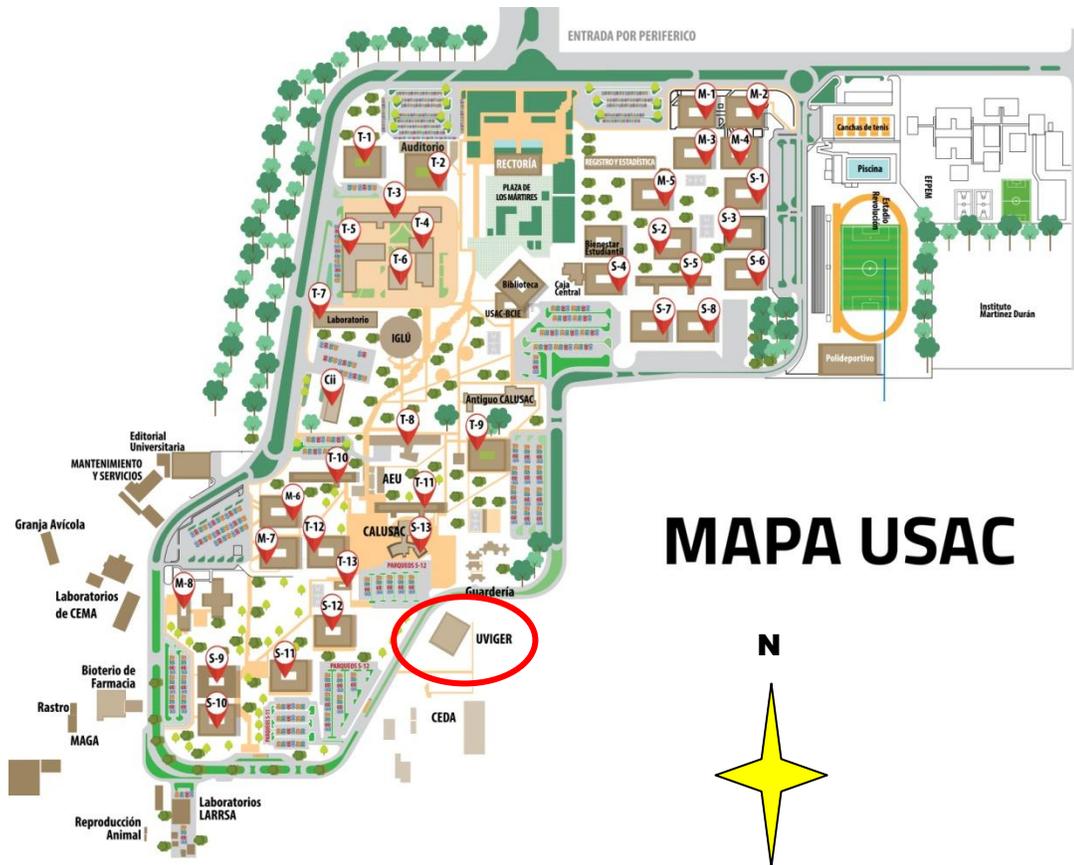
El enfoque a procesos consiste en identificar los procesos y sus interrelaciones para girar el ciclo PHVA y sobre ellos mejorar su efectividad, a fin de satisfacer las necesidades de todas las partes interesadas Pérez Rave *et al* (2007).

El presente trabajo se enfoca únicamente en los procesos del laboratorio, lugar de ejecución del EPS dentro del laboratorio forense de anatomía de maderas de la facultad de agronomía en la USAC y pretende iniciar el trabajo de la información documentada requerida en el capítulo 4 de la norma ISO 9001:2015 “Sistemas de Gestión de la Calidad – Requisitos”, que servirá de base a la norma ISO/IEC 17025:2017 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración” que es la norma a implementar como modelo del sistema de Gestión dentro del laboratorio.

1.2 MARCO REFERENCIAL

1.2.1 Ubicación del laboratorio

El Laboratorio Forense de Anatomía de Maderas, está ubicado dentro del campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC). En el edificio de la Unidad de Vinculación y Gestión de Recursos (UVIGER), de la Facultad de Agronomía, salón S-2.



Fuente: USAC, DGF-Depto. de Procesamiento de Datos (2018)

Figura 1. Mapa del campus de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

1.2.2 Antecedentes

El laboratorio inició actividades en el año 2014 como parte del proyecto de investigación “Establecimiento de un laboratorio forense para la identificación y descripción de maderas para la aplicación de los procesos legales y de los sistemas de trazabilidad de los productos incluidos en cites” financiado por la OIMT en convenio con CITES. Surge de la

necesidad de capacitación del personal encargado de inspeccionar el tráfico de las especies dentro del territorio nacional.

1.2.3 Actividades del laboratorio

El laboratorio se dedica a actividades de identificación, investigación y extensión del conocimiento en el campo de la anatomía de la madera.

Otras actividades del laboratorio son el monitoreo de la fenología de las especies, colecta de material vegetal para el estudio y toma de muestras para el análisis anatómico.

En la figura 2 se observan las instalaciones del laboratorio y el inicio del proceso de elaboración de cortes anatómicos.

En la figura 3 se observa la actividad de exploración para colecta botánica de las especies estudiadas.



Fuente: elaboración propia, foto de Josué Hernández

Figura 2. Fotografía de la elaboración de la elaboración de cortes anatómicos



Fuente: elaboración propia, laboratorio forense de anatomía de la madera

Figura 3. Fotografía de la exploración y colecta de material vegetal para herborización

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Diagnosticar el estado actual del funcionamiento del laboratorio forense de anatomía de maderas.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Identificar y describir los procesos principales del laboratorio forense de anatomía de maderas; evidenciar los procesos con la elaboración del flujograma.
2. Describir el contexto interno y externo del laboratorio forense de la Facultad de Agronomía de acuerdo con puntos aplicables de la norma ISO 9001:2015 “Sistemas de Gestión –Requisitos–.
3. Realizar un análisis FODA del laboratorio forense de maderas dentro del ámbito guatemalteco, que apoye la estrategia de investigación del laboratorio forense de anatomía de maderas.

1.4 METODOLOGÍA

1.4.1 Definición de los procesos de laboratorio

- a) Descripción de los procesos, se definió el objetivo de los procesos; de acuerdo al objetivo del proyecto de investigación y el responsable de cada proceso.
- b) Documentación de los procesos, con el propósito de facilitar la comprensión del modelo de procesos del trabajo en el laboratorio. Se hizo necesario documentar los procesos, se utilizó la técnica del diagrama de flujo y el mapa nivel 1 lo que permite la representación gráfica de los procesos y a demás constituye un requisito de la norma ISO 9001:2015.
- c) Por último, se definieron las partes interesadas, las necesidades de las partes interesadas y los requisitos de la información generada en el laboratorio. La información para documentar se realizó a través de entrevistas a los ingenieros Wagner Alonzo y José Mario Saravia, quienes participaron en la elaboración del proyecto y ejecución de los procesos mismos durante el período de EPS.

1.4.2 Comprensión de la organización y su contexto

- a) Se utilizó como base el capítulo 4 de la norma ISO 9001:2015 referente al contexto de la organización (Contexto interno y externo).
- b) Se buscó la cláusula aplicable según los procesos y tipo de organización fue: 4.1 comprensión de la organización y su contexto.
- c) La recopilación de la información se realizó a través de entrevistas y observación durante el periodo de EPS en el laboratorio forense de anatomía de maderas.

1.4.3 Análisis de las ventajas y desventajas comparativas y competitivas del laboratorio.

Análisis del laboratorio con la metodología de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas. Este análisis permitirá la elaboración de una estrategia de gestión y planteamiento de futuros proyectos de investigación.

1.5 RESULTADOS

1.5.1 Definición de los procesos de laboratorio

Dentro de un proceso se encuentran los pertenecientes a la categoría de “procesos clave” estos son los que aportan valor a la organización de acuerdo al objetivo del proceso mismo. Para el laboratorio se encontraron dos procesos principales de acuerdo al objetivo del proyecto de investigación:

El objetivo de los procesos es la elaboración de los montajes de cortes anatómicos para la descripción anatómica de las especies y toma de fotografías.

A. Descripción de la elaboración de montajes anatómicos.

- 1) Elaboración de probetas anatómicas: Se elaboran en la carpintería de la facultad de agronomía ubicada en el centro experimental docente (CEDA). Se elaboran con una sierra de banco, el proceso tiene una duración de 30 - 45 min, las probetas miden 1 cm *1 cm *1.5 cm.
- 2) Ablandamiento de las probetas: El tiempo de ablandamiento de las probetas es variable, contempladas dentro de un rango de 30 min a una hora, este tiempo depende directamente de la especie que se esté trabajando.
- 3) Calibración del micrótopo: Consiste únicamente en la colocación de la cuchilla y la regulación de las micras para elaborar los cortes histológicos.
- 4) Montajes temporales: se realizan para asegurar que el tejido será observable al microscopio y tendrá la calidad para apreciar las características anatómicas de la especie.
- 5) Tinción y deshidratación de los cortes: Coloración con safranina y deshidratación con alcoholes graduales, proceso que dura 1.5 horas.

6) Montajes permanentes: Luego del proceso de tinción y deshidratación se procede al montaje del tejido sobre un portaobjetos con una resina sintética (NeoMount®).

B. Descripción de la elaboración de macerados (disociados de madera)

- 1) De las probetas elaboradas, se realizan cortes del plano tangencial, con un grosor aproximado de 20 – 30 μm .
- 2) Ablandar el tejido con hidróxido de potasio –KOH– durante 15 a 20 min, dependiendo de la especie que se esté trabajando.
- 3) Lavar los cortes, luego agregar cloro –Cl– y poner a hervir en baño maría dentro de la campana de extracción de gases. El tapón del tubo de cultivo se coloca semicerrado para permitir la salida de los gases.
- 4) Lavar tres veces con mucho cuidado para no perderlas fibras, dejar un poco de agua en el último lavado y agitar el tubo, para disociar el tejido.
- 5) Teñir con safranina 1%
- 6) Montar en gelatina glicerina.

En la figura 5 puede observarse el proceso para la elaboración de macerados que se realiza en el laboratorio el cual debe hacerse con mucho cuidado para que las fibras no se rompan y puedan ser observadas al microscopio.

C. Documentación del proceso.

En las figuras 4 y 5 pueden observarse los flujogramas con los procesos de elaboración de montajes anatómicos y macerados (disociados histológicos).

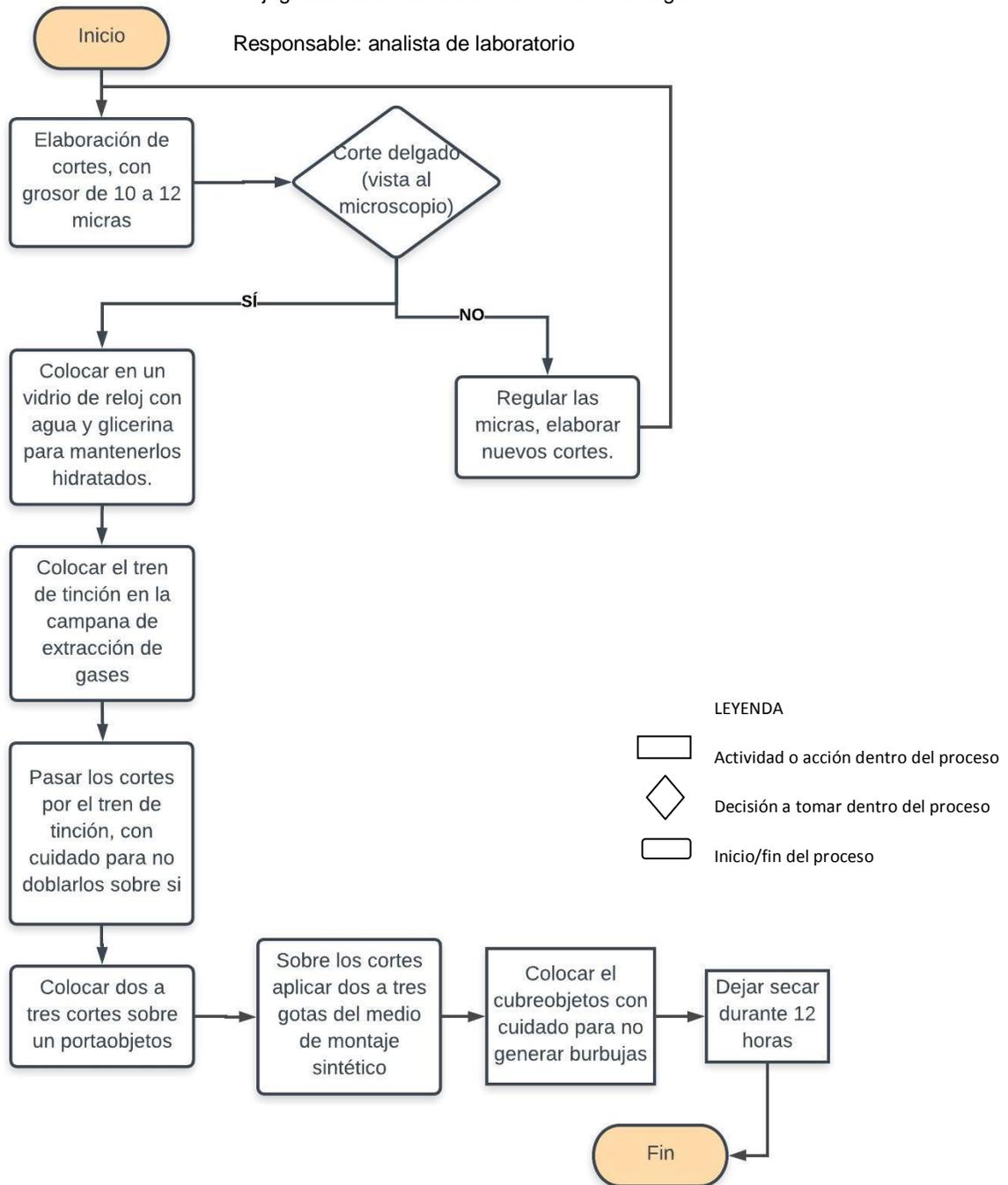


Figura 4. Flujograma del proceso de elaboración de cortes histológicos

Laboratorio forense de anatomía de la
madera
Flujograma de la elaboración de cortes
histológicos
Responsable: analista de laboratorio

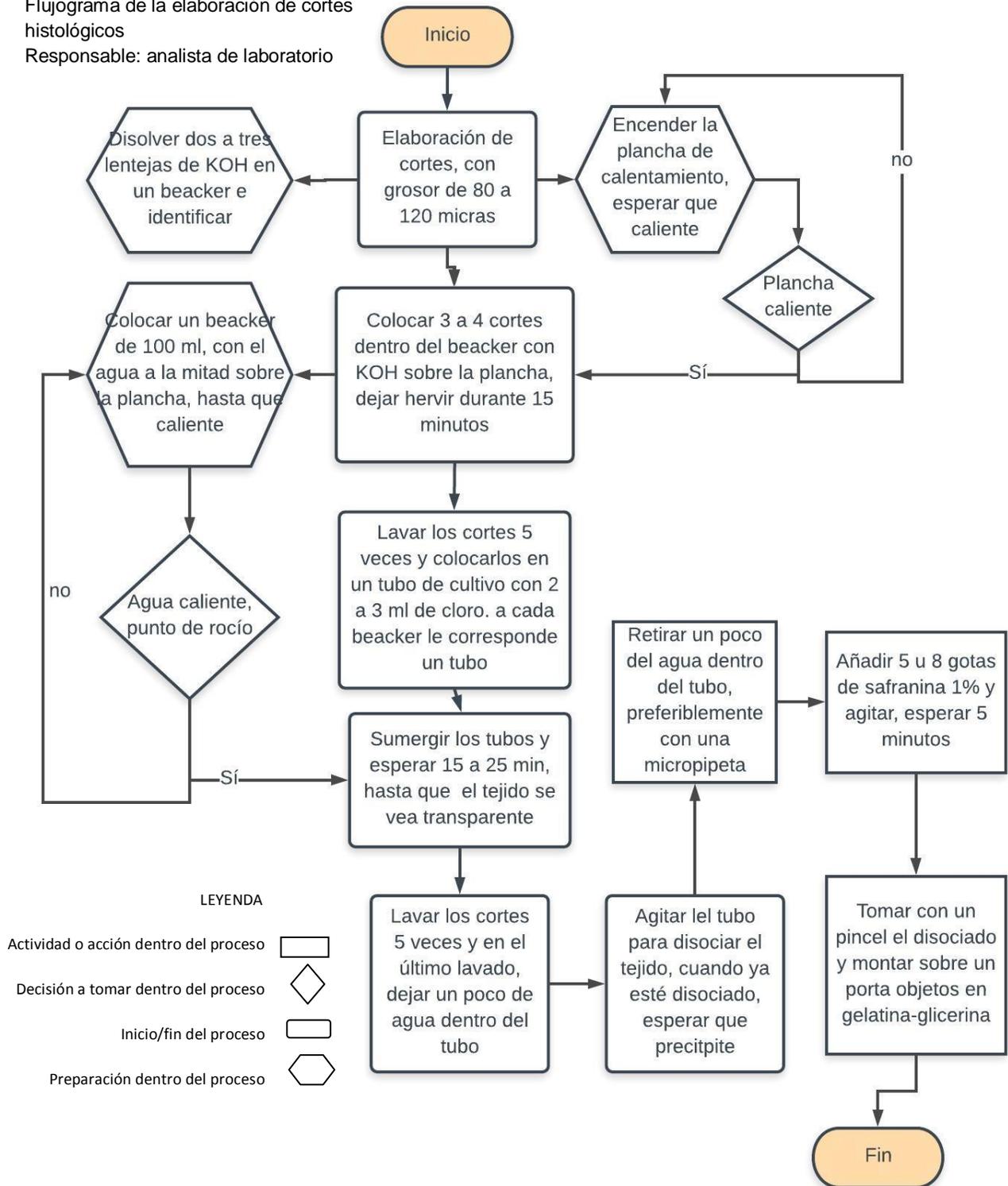


Figura 5. Flujograma del proceso de elaboración de macerados de especies maderables.

1.5.2 Comprensión de la organización y su contexto.

La cláusula 4.1 de la norma ISO 9001:2015 trata sobre la dirección estratégica en Gestión de la Calidad. Específicamente, indica que la organización debe determinar los factores internos y externos que le sean relevantes y que afecten su capacidad para obtener los objetivos propuestos para el Sistema de Gestión de la Calidad (Escuela Europea de Excelencia, 2018).

A. Contexto interno

- Servicios del laboratorio

El laboratorio se inició con fondos de la Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT) e inició su funcionamiento en marzo de 2014. El laboratorio forense de anatomía de maderas se dedica a las actividades de investigación, muestreo, identificación y enseñanza en el campo del conocimiento de la estructura de la madera, variabilidad, relación con la tecnología de la madera y fenología de las especies en función de su importancia comercial y/o ecológica (Saravia 2014).

La actividad de muestreo y monitoreo de las especies en campo permite que las muestras conserven un registro botánico y se tenga certeza en la identificación de la especie, lo que hace que el material del laboratorio sea de referencia científica.

La identificación de las especies se hace a través de la elaboración de montajes anatómicos que luego son observados al microscopio y determinados con una clave dicotómica (Alonzo De León 2014).

Otro de los servicios del laboratorio consiste en la divulgación de la información generada, esto se realiza a través de capacitaciones que se imparten a personal de entidades como el CONAP e INAB. Las capacitaciones han tenido colaboración del servicio forestal de Estados Unidos y la Universidad de Brasilia (UnB).

- Importancia relativa

El laboratorio realiza investigación y divulgación de la identificación y anatomía de la madera de especies amenazadas por el tráfico ilegal. Los estudios generaron información que permite conocer la situación de las especies en la república de Guatemala y la

tendencia en el comportamiento y distribución de las poblaciones, así como también argumenta las acciones para frenar el deterioro de las especies, planes de conservación y propagación (Saravia, 2014).

La información recopilada y generada en el laboratorio es compartida a través de actividades de divulgación y capacitación realizadas por el laboratorio o en conjunto con instituciones nacionales como; el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), Instituto Nacional de Bosques (INAB) o instituciones internacionales como; el departamento de servicios forestales de Estados Unidos y la universidad de Brasilia (UnB).

- Logística

El material que vaya a analizarse es recibido única y exclusivamente en las instalaciones del laboratorio por la persona a cargo de la recepción de muestras.

Cada muestra será identificada con un correlativo y deberá presentar los documentos que garanticen el origen legal (Alonzo De León 2014).

- Estrategia

El propósito de la estrategia ayuda a la alta dirección a enfatizar y concentrarse en las prioridades. El propósito estratégico no es otra cosa que la influencia en el potencial de recursos y las competencias básicas de la organización. Para ello se definen la misión y la visión, dos elementos principales dentro de una declaración de la estrategia en gestión de la calidad

Misión

Realizar investigación sobre tecnología de la madera que genere aportes significativos sobre nuevas alternativas para la identificación científica de maderas y su uso sostenible.

Visión

Ser el laboratorio de referencia en la anatomía e identificación de maderas; reconocido por la objetividad, confiabilidad y certeza de sus resultados, proyección social de la

investigación en el campo del conocimiento de la estructura de la madera, para que las especies registradas y catalogadas en la xyloteca conformen la mayor colección nacional de las maderas de Guatemala.

- Esquema de la organización

Las actividades del laboratorio son dirigidas por una coordinación. En la labor de administración le apoya un supervisor. En el área técnica se encuentra el analista y un agente de campo.

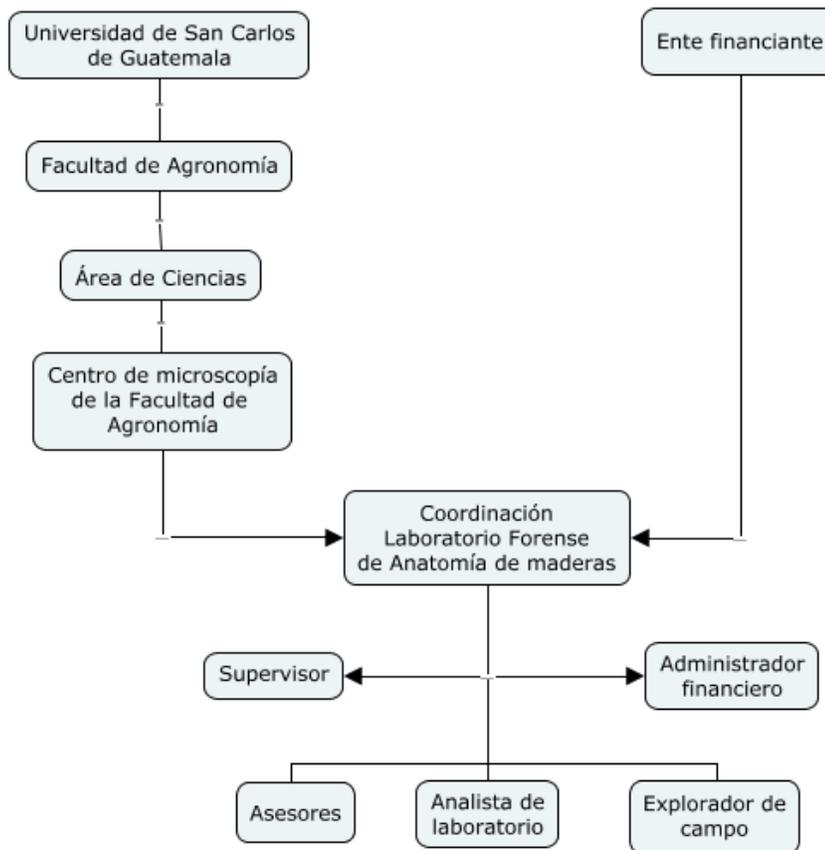


Figura 6. Organigrama del proyecto del laboratorio forense de maderas.

- Perfil de la fuerza de trabajo

Puesto:	Coordinador/a del proyecto
Funciones:	Responsable de prever, organizar, integrar, dirigir, controlar y retroalimentar, según reportes de gerentes, las operaciones de las distintas áreas del laboratorio, garantizando el cumplimiento de las metas propuestas por cada área dentro de los estándares de productividad y calidad establecidos.
Habilidades:	Liderazgo y toma de decisiones bajo presión; así como capacidad para negociar y generar acuerdos con funcionarios de nivel directivo de la empresa y funcionarios de alto nivel de otras instituciones y con los clientes; institucional, honesto y con vocación de servicio.
Escolaridad:	Licenciatura completa (Titulado), preferentemente con estudios de posgrado, o experiencia y conocimientos relacionados con el área.
Otros requisitos	Sexo: masculino o femenino Edad: 28 años en adelante Otros idiomas: ingles Experiencia laboral: puesto similar o nivel inmediato inferior en proyectos de investigación, 3 años.
Puesto:	Supervisor/a
Funciones:	Encargado de garantizar la satisfacción de las expectativas de las partes interesadas, administrar y supervisar los recursos tecnológicos del laboratorio, mantiene monitoreo de los resultados del proyecto, de acuerdo a los objetivos.
Habilidades:	Trabajar con otros y en equipo, analizar y solucionar problemas, tomar decisiones sustentadas, comunicar ideas e información, participar en los procesos de mejora continua, aplicar y fomentar la cultura organizacional, atender al cliente externo con prontitud y eficiencia, mantener la confidencialidad de la información tener visión estratégica, manejar conflictos, manejar el estrés, responsabilidad, discreción, respeto, ética en el trabajo y honestidad.

Escolaridad: Licenciatura completa (Titulado), de preferencia en administración de empresas.

Otros requisitos: **Sexo:** masculino o femenino
Edad: 25 años en adelante
Otros idiomas: inglés, leer y escribir
Experiencia laboral: puesto similar o nivel inmediato inferior en otro organismo de la administración pública o sector privado, 3 años
Herramientas informáticas: deseable, manejo paquetería Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint)

Puesto: **Administrador financiero**

Funciones: Tendrá como función principal liderar, planificar, dirigir y establecer controles contables que permitan dar cumplimiento tanto a las normativas legales vigentes como los requisitos del ente financiante. Debe determinar la situación económico-financiera del proyecto en ejecución a través del control de los registros, la clasificación y resumen de las transacciones de la empresa, a fin de garantizar la dirección.

Habilidades: Visión estratégica, capacidad de gestión y logro, liderazgo, flexibilidad e innovación, capacidad de manejo de crisis.

Escolaridad: Profesional del área de administración de empresas o contaduría.

Otros requisitos: **Sexo:** masculino o femenino
Edad: 25 años en adelante
Otros idiomas: ingles nivel medio
Experiencia laboral: puesto similar o nivel inmediato inferior con experiencia en ejecución de proyectos.
Herramientas informáticas: deseable, manejo paquetería Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint)

Puesto: **Analista de laboratorio**

Funciones: Colaborar con el Jefe del Laboratorio en la recepción, análisis, informes de las muestras recibidas en el laboratorio. Como así también llevar las estadísticas de la producción de exámenes realizados en el laboratorio. Recepción, análisis e informes
 Crear registro estadístico de las actividades realizadas

Habilidades: Capacidad para resolver conflictos personales e internos
 Trabajo en equipo
 Conocimiento de su trabajo e iniciativa .
 Autonomía e iniciativa
 Acostumbrado a trabajar bajo presión

Escolaridad: Profesional licenciatura o pensum cerrado en el área de agronomía o ciencias afines.

Otros requisitos: **Sexo:** masculino o femenino
Edad: 20 años en adelante
Otros idiomas: inglés nivel medio
Experiencia laboral: puesto similar o nivel inmediato inferior en otro organismo de la administración pública o sector privado, 3 años
Herramientas informáticas: deseable, manejo paquetería Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint).

Puesto: **Asesores**

Funciones: Definir e implementar la mejor estrategia para el desarrollo de los objetivos del proyecto. Definir indicadores que permitan medir el avance del proyecto y dar seguimiento al cumplimiento de los mismos. Apoyar en el posicionamiento y visibilidad de los proyectos. Presentar informes requeridos por la coordinación. Apoyar en otras funciones designadas por la coordinación para el cumplimiento de los objetivos de proyecto.

Habilidades: Trabajo en equipo

Conocimiento de su trabajo e iniciativa .

Autonomía e iniciativa

Acostumbrado a trabajar bajo presión

Escolaridad: Especialista en el área a contratar, preferiblemente con estudios de maestría

Otros requisitos: **Sexo:** masculino o femenino

Edad: 30 años en adelante

Otros idiomas: inglés nivel medio

Experiencia laboral: puesto similar o nivel inmediato inferior en otro organismo de la administración pública o sector privado, 3 años

Herramientas informáticas: deseable, manejo paquetería Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint)

Puesto: **Explorador botánico**

Funciones: Colaborar con la coordinación en la colecta de material botánico, herborización de las muestras, y registro de las mismas. Elaboración de informes. Crear registro estadístico de las actividades realizadas

Habilidades: Capacidad para manejar conflictos.

Trabajo en equipo

Conocimiento de su trabajo e iniciativa .

Autonomía e iniciativa

Acostumbrado a trabajar bajo presión

Escolaridad: Profesional licenciatura o pensum cerrado en el área de agronomía o ciencias afines.

Otros requisitos: **Sexo:** masculino o femenino

Edad: 20 años en adelante

Otros idiomas: inglés nivel medio

Experiencia laboral: puesto similar o nivel inmediato inferior en otro organismo de la administración pública o sector privado, 3 años

Herramientas informáticas: deseable, manejo paquetería Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint)

- Infraestructura física y tecnológica

El laboratorio se ubica el salón S-2 de la unidad de vinculación y gestión de los recursos (UVIGER) de la facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos. El laboratorio cuenta equipo especializado para la elaboración de montajes anatómicos e histológicos, realizar análisis anatómico para la identificación de especies maderables con un soporte científico.

Equipo

1. Mircrótomo de deslizamiento horizontal.
2. Cuchillas perfil C para micrótomo dentro de su estuche.
3. Afilador de cuchillas.
4. Campanas de extracción de gases.
5. Planchas de calentamiento eléctricas.
6. Estereomicroscopio electrónico con equipo de computación para medición y toma de fotografías.
7. Microscopio eléctrico con equipo de computación para medición y toma de fotografías.

Reactivos

1. Safranina preparada.
2. Safranina en polvo.
3. Cloro comercial.
4. Lentejas de hidróxido de potasio.
5. Alcoholes en concentraciones 90 y 100 % v/v.
6. Neo Clear ®
7. Neo Mount ®

8. Jabón neutro para limpieza de cristalería

Cristalería

1. Tubos de cultivo
2. Vidrios de reloj
3. Cajas Petri
4. Gradilla para tubos de ensayo
5. Pinceles
6. Pinzas para tubo de ensayo
7. Beacker de 50 mL, 100 mL

B. Contexto externo

- Campo participación

El laboratorio participa en el campo académico – científico y tecnológico en anatomía de la madera y alternativas para la identificación científica de maderas.

Los resultados del laboratorio aportan la base científica a temas legales sobre protección y tráfico (legal o ilegal) de especies amenazadas (Saravia 2014).

- Clientes / usuarios de la información

Los clientes pueden ser personas particulares o instituciones interesadas en la identificación de maderas por razones legales y/o económicas.

- Grupos de interés

Dentro de los grupos interesados en el laboratorio, actividades, promoción y fomento de la investigación están las instituciones gubernamentales como el CONAP, INAB, MP.

Instituciones internacionales como CITES, el servicio forestal de Estados Unidos que ha promovido actividades de capacitación para el personal y profesionales interesados en la identificación de maderas. Profesionales del laboratorio de maderas de la universidad de Wisconsin en Estados Unidos ha participado en estas capacitaciones

También se tiene contacto con la Universidad de Brasilia (UnB) quienes intercambian información y nuevas tecnologías para la identificación científica de maderas con el laboratorio forense de anatomía de maderas de la facultad de Agronomía en Guatemala.

B. Usuarios de la información (partes interesadas).

Instituciones gubernamentales encargadas de la protección y salvaguarda de los recursos naturales en Guatemala como: Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), Instituto Nacional de Bosques (INAB), en la parte legal el Ministerio Público (MP) (Alonzo De León 2014).

El sector académico es una parte importante en las actividades de investigación del laboratorio. Esto genera una red de intercambio de conocimientos con instituciones nacionales e internacionales que permiten la capacitación de personal y la mejora continua (Saravia 2014).

Otras entidades interesadas en las actividades que realiza el laboratorio son: la OIMT, que es el ente financiante, y necesita transparencia en la ejecución del presupuesto asignado y el Servicio Forestal de Estados Unidos con quien se intercambia información y han proporcionado reemplazo de equipo del laboratorio.

C. Las necesidades de las partes interesadas.

Divulgación de la información generada por medio de talleres de capacitación para personal de las instituciones gubernamentales interesadas.

Realizar diagnósticos de identificación de especies de árboles a partir de una muestra de madera (aserrada o no).

D. Requisitos de la información generada.

Las instituciones deben utilizar información con respaldo científico en la toma de decisiones, en especial resultados con implicaciones legales.

El laboratorio debe garantizar para los resultados; confidencialidad, imparcialidad y uso de los métodos más adecuados para la realización del ensayo, necesario según la norma ISO/IEC 17025:2017 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración”.

1.5.3 Análisis de las ventajas y desventajas comparativas y competitivas del laboratorio.

Con la información obtenida del análisis del contexto (interno y externo) del laboratorio, se ha elaborado una matriz FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas). Esto para generar información a una futura planificación estratégica (requerida en la norma ISO 9001:2015). En el cuadro 1 se observa la matriz FODA.

Cuadro 1. Análisis FODA del laboratorio forense de maderas

Fortalezas (internas)	Debilidades (internas)
Se cuenta con personal competente para realizar los diferentes análisis del laboratorio.	El laboratorio es financiado por instituciones internacionales a través de proyectos de investigación propuestos por medio de la coordinación.
El laboratorio posee equipo necesario para la ejecución de los diferentes procesos definidos (montajes anatómicos e histológicos).	
Se cuenta con software necesario para el análisis del tejido y posterior emisión de un resultado.	
El laboratorio de maderas de Guatemala es el único en la región centro americana. Cuenta con apoyo de instituciones nacionales como CONAP, INAB, MP	No existe un presupuesto asignado al funcionamiento del laboratorio.
Oportunidades (externas)	Amenazas (externas)
Intercambio de información con instituciones académicas internacionales de Estados Unidos y Brasil, con proyección a establecer más contactos.	Que la institución donante no apruebe más proyectos de investigación al laboratorio.
Las instituciones internacionales han aportado donaciones en equipo y están anuentes a realizar capacitaciones al personal.	Deterioro de las poblaciones de especies forestales, por tala ilegal.
Divulgación de la información generada y de las actividades del laboratorio para generar consciencia de la importancia del uso sostenible del recurso madera.	

1.6 Conclusiones

- 1) Los principales procesos del laboratorio según el objetivo del proyecto de investigación, son la elaboración de cortes anatómicos y macerados (disociados de madera). La identificación de estos procesos agiliza la gestión de los recursos para apoyar a estos procesos principales.
- 2) La comprensión del contexto (interno y externo) del laboratorio forense de anatomía de maderas, orienta los objetivos de investigación dentro del contexto científico guatemalteco para que siga cumpliendo con los objetivos de la organización financiante. También identifica los requisitos de la información, esto apoya en el proceso de extensión (capacitaciones) de la información hacia los usuarios.
- 3) El análisis FODA permite visualizar las ventajas y desventajas comparativas y competitivas del laboratorio forense de anatomía de maderas, el laboratorio está equipado y cuenta con personal capacitado para realizar los procesos y análisis correspondientes, también es un laboratorio que es único en Centro América, esto facilita la captación de fondos por medio de la aprobación de proyectos de investigación que permiten generar información, capacitación del personal, mantener, mejorar y aumentar el equipo utilizado. Con la mejora del laboratorio también se contribuye a un mejor servicio hacia las entidades interesadas.

1.7 RECOMENDACIONES

1. Comunicar la visión y la misión del laboratorio, colocarla en un lugar visible, siguiendo cláusula 5.2.2 de la norma ISO 9001:2015 comunicación de la política de calidad.
2. Promover las actividades de investigación del laboratorio en ferias científicas, cursos cortos en la facultad de agronomía y la importancia de la investigación. La difusión y divulgación de información al público en general para fomentar la conservación de las especies vegetales a través del conocimiento también es importante, pueden realizarse espacios de aprendizaje y actividades con enfoque lúdico.
3. Se hace necesario que el laboratorio promueva y colabore en programas de propagación de las especies estudiadas debido al tipo de información que genera y como parte de su proyección social, para la conservación y un aumento futuro de poblaciones de estas especies.

1.8 BIBLIOGRAFÍA

1. Alonzo De León, W. G. 2014. Antecedentes e historia de la creación del Laboratorio Forense de Maderas de la Facultad de Agronomía, USAC (entrevista). Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, Laboratorio Forense de Maderas.
2. Escuela Europea de Excelencia. 2018. Dirección estratégica en Gestión de la calidad: cómo definir la estrategia, misión, visión y objetivos. Obtenido de Dirección estratégica en Gestión de la Calidad: <https://www.esuelaeuropeaexcelencia.com/2017/10/direccion-estrategica-en-gestion-de-la-calidad/>
3. ISO 17025. 2017. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.
4. ISO 9001. 2015. Sistemas de gestión de la calidad -Requisitos-. Obtenido de Requisitos.
5. Pérez Rave, J. I., Ruiz Córdoba, J. A., Parra Mesa, C. M. 2007. Uso del enfoque por procesos en la actividad investigativa. Obtenido de Revista chilena de ingeniería: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ingeniare/v15n3/art06.pdf>
6. Saravia, J. M. 2014. Antecedentes e historia de la creación del Laboratorio Forense de Maderas de la Facultad de Agronomía, USAC (entrevista). Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, Laboratorio Forense de Maderas.
7. USAC,DGF-Depto. de Procesamiento de Datos. 2018. USAC. Obtenido de Mapa de edificios del campus central: <https://www.usac.edu.gt/mapausac.php>

1.9 ANEXOS

1.9.1 Guía de la entrevista

Se pretende recoger información de profesionales relacionados con el ámbito forestal en Guatemala y su opinión acerca del laboratorio forense de maderas.

1. ¿Cómo surge la idea de iniciar el laboratorio forense de maderas?
2. ¿Qué información se espera que se genere?
3. ¿Quiénes serán los usuarios finales de la información generada por el proyecto?
4. ¿Cuáles son los alcances planteados del proyecto?
5. ¿Cuál cree que será la incidencia a nivel nacional del proyecto?
6. ¿Cuáles cree que son las principales amenazas o dificultades del proyecto?

1.9.2 Definiciones

Se han utilizado términos pertinentes a un sistema de gestión bajo la norma ISO 9001:2015 Sistemas de gestión de la calidad – Requisitos.

Las definiciones de estos términos se encuentran en la norma ISO 9000:2015 Sistemas de gestión de la calidad – Fundamentos y vocabulario.

1.9.3 Partes interesadas

Persona u organización que puede afectar, verse afectada, o percibirse como afectada por una decisión o actividad.

1.9.4 Sistema de gestión

Conjunto de elementos de una organización interrelacionados o que interactúan para establecer políticas, objetivos y procesos para lograr estos objetivos.

1.9.5 Contexto de la organización

Combinación de cuestiones internas y externas que pueden tener un efecto en un enfoque de la organización para el desarrollo y logro de sus objetivos.

1.9.6 Cliente

Persona u organización que podría recibir o que recibe un producto o un servicio, destinado a esa persona u organización o requerido por ella.

1.9.7 Servicio

Salida de una organización con al menos una actividad necesariamente llevada a cabo entre la organización y el cliente.

1.9.8 Salida

Resultado de un proceso.

1.9.9 Datos

Hechos sobre un objeto

1.9.10 Objeto. Entidad

Cualquier cosa que puede percibirse y concebirse. EJEMPLOS Producto, servicio, proceso, persona, organización, sistema, recurso.

Definición de los siguientes conceptos del enfoque orientado a procesos del ciclo PHVA, para ayudar en el proceso de adopción de los términos y contexto.

1.9.11 Enfoque orientado a procesos

El enfoque por procesos conlleva a concebir la organización, en este caso el trabajo de laboratorio de una investigación, como un sistema compuesto por un conjunto de procesos, interrelacionados que buscan un objetivo global que cumplir. Parte de un principio de que los resultados anhelados se logran con mayor eficiencia cuando las actividades y los recursos se gestionan como procesos. Entre los beneficios trae consigo este esquema de gestión se encuentran: la lateralización de la organización, la orientación al cliente, el trabajo en equipo y la mejora continua (Pérez Rave, *et al* 2007).

1.9.12 Proceso

Como proceso puede entenderse un conglomerado de actividades interrelacionadas, mediante las cuales se agrega valor a unas entradas (materiales o inmateriales), suministrando luego productos, servicios e información a un cliente externo o interno (Pérez Rave, *et al* 2007).

1.9.13 Clasificación de los procesos

Según (Pérez Rave, *et al* 2007) existen diversas categorías de procesos, pero generalmente se clasifican en: estratégicos, clave y de apoyo.

- Los procesos clave, también conocidos como procesos primarios, críticos o misionales, son aquellos que inciden directamente en la satisfacción de los clientes y están estrechamente asociados a la razón de ser de la organización. En el ámbito del laboratorio estos procesos pueden interpretarse como aquellos directamente relacionados con la actividad investigativa.
- Los procesos de apoyo son los encargados de apoyar y respaldar a los procesos clave, de modo que éstos puedan cumplir con la misión que los caracteriza. Haciendo énfasis en el trabajo de laboratorio y/o campo, la gestión de recursos, de contratos y de viajes, corresponden a procesos de apoyo, pues no aportan valor, sino que son necesarios para el buen funcionamiento de los procesos clave.
- La categoría de procesos estratégicos hace referencia a aquellos encargados del pilotaje de la organización, éstos permiten definir la estrategia, los objetivos y las políticas, y desplegarlas a los diferentes niveles de la organización. En el contexto del laboratorio, el investigador principal puede verse como el encargado del pilotaje de la investigación y, por tanto, llevará consigo el compromiso de la alta dirección. Además, le corresponderá ejercer un liderazgo activo que posibilite el trabajo en equipo y el establecimiento y despliegue de las directrices a seguir.



CAPÍTULO II
CARACTERIZACIÓN AXIAL Y RADIAL DE FIBRAS Y ELEMENTOS DE LOS VASOS DEL
XILEMA DE LA MADERA DE CAOBA (*Swietenia macrophylla* King.) DEL
DEPARTAMENTO DE PETÉN, GUATEMALA, C.A.

2.1 INTRODUCCIÓN

La madera es un material duro y fibroso que se desarrolla hacia la parte interna del cambium vascular, tanto en el tallo como en las ramas y raíces (León H., y Espinoza de P., 2001), utilizado desde usos como la construcción hasta la elaboración de muebles e instrumentos musicales y todo tipo de ebanistería de maderas denominadas finas.

Dentro de las maderas finas resalta la especie *Swietenia macrophylla* King; que está considerada con alto valor comercial debido a las propiedades. Se encuentra distribuida en América según León H. (2010) desde Puebla y Veracruz en México, Centroamérica, Panamá, Colombia, Venezuela, Perú y Ecuador hasta Brasil y Bolivia. En Guatemala según Standley y Steyermark (1946) en su obra “La Flora de Guatemala” la reportan en los departamentos de El Petén, Izabal y Alta Verapaz. Según el Consejo Nacional de Áreas Protegidas –CONAP– CONAP (2006), en Guatemala existen tres especies del género *Swietenia*: *S. humillis*, *S. mahagoni* y *S. macrophylla*.

El estudio de las características anatómicas de la madera genera importante información relacionada con la identificación de especies, particularmente debido a que cada especie posee características anatómicas que la diferencian del resto. Otro aspecto importante es el que relaciona el efecto que tienen estas características sobre las propiedades físico-mecánicas, procesamiento y utilización de la madera en la industria, variables que están condicionadas por los patrones de variación dentro de un árbol. Según Zobel y van Buijtenen (1989) citados por León H y Espinoza de P (1999), las características anatómicas de la madera presentan tres patrones de variación. El primero; dentro de un mismo anillo de crecimiento, segundo; son los cambios que ocurren a medida que se avanza desde la médula a la corteza y un tercero asociado a las diferencias que se presentan a diferentes niveles de altura.

Para conocer este comportamiento se han realizado estudios; como la investigación de León H. (2010), que determinó el patrón de variación de diámetro de poros, longitud de elementos de los vasos, diámetro de punteaduras, longitud de fibras, frecuencia, ancho y altura de radios a través de la sección transversal y en dos niveles de altura en plantaciones establecidas en Venezuela. Por otra parte, Ruiz *et al* (2006) estudiaron las características anatómicas, las propiedades físicas y mecánicas de las maderas de caoba de diez años de

edad proveniente de plantaciones forestales comerciales establecidas en México.

Este tipo de investigaciones es escaso, y para el caso de Guatemala es importante el estudio del comportamiento de esta madera principalmente porque es un país que exporta madera de *S. macrophylla* con permisos CITES. Dado lo anterior, como parte del trabajo realizado durante el Ejercicio Profesional Supervisado en el Laboratorio Forense de Maderas de la Facultad de Agronomía, fue realizado el presente estudio, que se centró en la descripción de la variabilidad en sentido axial (longitudinal) y radial (transversal) de las fibras y elementos de los vasos de *S. macrophylla* con el fin de determinar el patrón de variación en la longitud, ancho total, ancho del lumen y grosor de pared de estos dos elementos constitutivos; de tal manera que conformen una base de datos propia de Guatemala para la especie *S. macrophylla*. El laboratorio fue establecido en el 2015 como parte de un proyecto de investigación financiado por la Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT), en el marco del Programa OIMT-CITES para la protección de especies maderables.

En esta investigación se utilizaron tres árboles provenientes de la Unidad de Manejo Forestal La Gloria, el Petén, ubicada en la Zona de Uso Múltiple (ZUM) de la Reserva de la Biósfera Maya. Los árboles de diámetros similares, entre 45 cm - 50 cm; de los que se cortaron rodela a tres alturas (base, medio y apical), de cada rodela se obtuvieron probetas anatómicas para realizar los disociados de madera. El número de mediciones se realizó de acuerdo con las normas de la Lista Estándar de Anatomistas de Madera (IAWA, por sus siglas en inglés), los elementos constitutivos medidos fueron Fibras y Elementos de los vasos; de cada uno se tomaron datos de longitud, diámetro total, diámetro de lumen y grosor de la pared. Para el análisis estadístico de los datos, se realizó un análisis de varianza, con un nivel de 5 % de significancia, de acuerdo con un diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas. Los factores evaluados fueron Altura (sentido axial), Zona (sentido radial) y la interacción Altura*Zona.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Marco Conceptual

A. ¿Qué es Caracterización?

Desde una perspectiva investigativa la caracterización es una fase descriptiva con fines de identificación, entre otros aspectos, de los componentes, acontecimientos (cronología e hitos), actores, procesos y contexto de una experiencia, un hecho o un proceso.

Para cualificar la investigación, previamente se deben identificar y organizar los datos; y a partir de ellos, describir (caracterizar) de una forma estructurada; y posteriormente, establecer su significado.

B. Factores que inciden en la clasificación de una madera como comercialmente importante

Según León H. y Espinoza de Pernia 200, existen factores para que una planta leñosa sea considerada como importante desde el punto de vista comercial. Listados a continuación:

- a) Dimensiones: Un elemento de gran importancia para considerar una madera como comercialmente valiosa son las dimensiones que alcancen los árboles que la producen. Para la producción de madera aserrada y chapas por debobinado se requiere madera que desarrolle considerables diámetros. En la producción de pulpa o tableros de partículas se pueden utilizar maderas con diámetros menores.
- b) Forma. La producción de chapas por debobinado requiere de la utilización de trozas aproximadamente cilíndricas. Mientras más se aleje la troza de la forma cilíndrica, mayor será la cantidad de desperdicios que se genera durante el proceso de manufactura.
- c) Calidad. El aspecto de calidad de la madera va a estar en función del uso final, es decir, una madera puede ser de buena calidad como material estructural, pero de baja calidad para carpintería. La madera de *Anacardium excelsum* (Anacardiaceae) es una de las mejores para encofrados, pero su calidad como madera de carpintería es baja.
- d) Tecnología de procesamiento. En función de las características de la madera se

deben utilizar técnicas de transformación que permitan obtener el producto deseado al menor costo posible. Por ejemplo, maderas como *Pouteria reticulata* (Sapotaceae) no pueden ser aprovechadas, de manera rentable, utilizando las técnicas convencionales de aserrado ya que se trata de una especie con altos contenidos de sílice y esto hace que la madera produzca un desgaste acelerado de los filos cortantes.

e) Cantidad y accesibilidad de la madera disponible. En los costos de extracción de madera se debe tomar en consideración la cantidad de la materia prima disponible en el bosque. Debe existir suficiente cantidad como para subsanar los costos de extracción y procesamiento y obtener un margen de ganancias.

Un elemento de gran importancia para la consideración de una especie como valiosa desde el punto de vista comercial es el conocimiento de su estructura anatómica y sus propiedades físico-mecánicas. Muchas especies pueden reunir las condiciones mencionadas anteriormente, pero el desconocimiento de su estructura y propiedades trae como consecuencia que no se tenga claro el aspecto relacionado con la calidad y trabajabilidad de la madera. Adicionalmente, la calidad de la madera está íntimamente relacionada con el uso al cual se va a destinar.

C. El género Swietenia.

El género *Swietenia* está formado por tres especies que se encuentran distribuidas en América, siendo estas: *S. mahagoni* Jacq., *S. macrophylla* King y *S. humilis* Zucc, además, existen dos híbridos naturales, uno producto de la cruce de *S. macrophylla* x *S. humilis* que se originó en áreas donde la distribución de ambas especies coincide; el otro obtenido por la cruce de *S. macrophylla* x *S. mahagoni* originado en áreas de proximidad a plantaciones de ambas especies, y se ha denominado *S. x aubrevilleana*; según Pennington (1981), citado por Adolfo Basil (2007).

Según (CONAP 2006) en Guatemala se reportan las tres especies: *S. humillis*, *S. mahagoni* y *S. macrophylla*. Sin embargo *S. macrophylla* es la única que puede ser comercializada debido a que se cuentan con planes de manejo aprobados. En el caso de *S. humilis*, esta puede ser comercializada siempre que se cumplan con los requisitos del listado II de CITES.

a) Descripción botánica de *S. macrophylla* King.

La caoba es un árbol de gran tamaño, a menudo de 35 m - 45 m de altura con el fuste limpio hasta los 18 m - 20 m de altura, los árboles adultos miden entre 75 cm - 150 cm a la altura del pecho (DAP). La copa tiene un diámetro medio de 14 m. Presenta ramas gruesas de color castaño con numerosas lenticelas. La corteza externa es color café rojizo oscuro con muchas fisuras profundas a lo largo del fuste, la corteza interna es de un color rosado rojizo hasta café (Standley y Steyermark 1946).

Presenta hojas alternas grandes, paripinnadas de 20 cm - 40 cm de largo; pecioladas, portando de 6 a 12 folíolos delgados oblicuamente lanceolados por lo regular de 8 cm - 15 cm de largo y 2.5 cm - 7 cm de ancho, acuminados en el ápice, agudos o muy oblicuos en la base. Haz verde oscuro brillante, envés verde pálido (Standley y Steyermark 1946).

Las flores colocadas sobre panículas de 10 cm - 20 cm de largo o más, glabras; cáliz 2 mm - 2.5 mm de largo, lóbulos cortos, redondeados; 5 pétalos ovados de color blanco, 5mm - 6 mm de largo; 10 estambres formando un tubo cilíndrico con dientes agudos o acuminados (Standley y Steyermark 1946).

El fruto es una cápsula ovoide dehiscente, comúnmente de 12 cm - 15 cm de largo y 7 cm de diámetro, reducido hacia el ápice en punta, color pardo grisáceo, lisa o diminutamente verrugosa. Semillas, aladas, livianas, de 7.5 cm - 10.0 cm de largo por 2 cm a 3 cm de ancho (Standley y Steyermark 1946). En la figura 7 se puede observar una representación del árbol, hojas, flores, fruto y semilla de *S. macrophylla*.

b) Hábitat

De acuerdo con lo reportado en “La Flora de Guatemala” (Standley & Steyermark 1946), la especie se distribuye en los departamentos de El Petén, El Quiché, Alta Verapaz e Izabal. Según Herrera Sosa, *et al* (2016) para el departamento de Petén, se encuentra en la zona de vida de Bosque húmedo subtropical cálido bh-S(c), en altitudes que oscilan entre 217 m hasta 379 m s.n.m. La topografía es generalmente plana con pendientes irregulares, no mayores a 10 % suelos poco profundos de material calcáreo (kárstico) (SEGEPLAN, 2013). En el cuadro 2 se presentan las condiciones edafoclimáticas en las que se desarrolla *S. macrophylla* King.



Fuente: Guardabosques USB, 2010

Figura 7. Representación gráfica del árbol, hoja, flores, fruto y semilla de *S. macrophylla*.

a) *Árbol de caoba (Swietenia macrophylla)*. b) *Hojas*. c) *Flores*. d) *Fruto y semilla*.

Cuadro 2. Condiciones edafoclimáticas en las que se desarrolla.

Clima y suelo en condiciones naturales			
Pluviometría	1,500 mm – 4,200 mm	Suelos	Variado
Estación seca	0 - 4 meses	Textura	Media o pesada
Altitud	0 m - 600 m s.n.m. ocasionalmente hasta 1,500	pH	ácido, neutro; ligeramente alcalino
Temp. máx media (mes más cálido)	24 °C - 32 °C	Drenaje	Libre; encharcado estacionalmente
Temp. min. Media (mes más frío)	11 °C - 22 °C	Pendiente	Desde planas hasta fuertes e inestables
T media anual	22 °C - 28 °C		

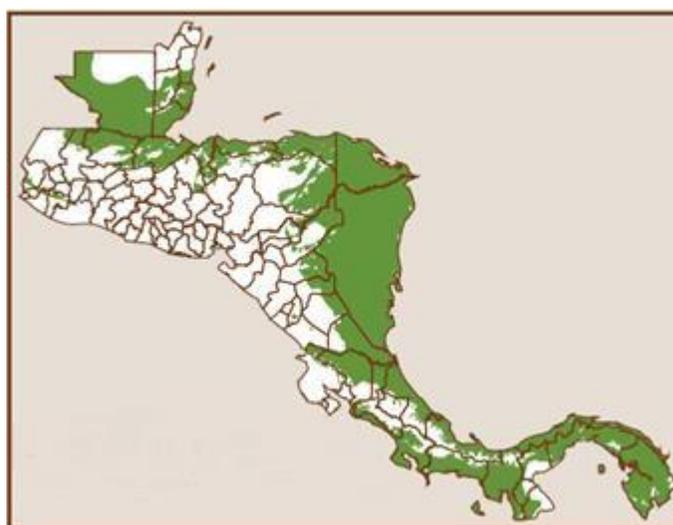
Fuente: OFI/CATIE 2003

c) Distribución

En el territorio de Guatemala se le reporta dispersa en tierras húmedas, tierras bajas o laderas, en bosques mixtos aproximadamente en 400 metros o menos; Petén; Alta Verapaz e Izabal. Para el resto del territorio americano en: Oaxaca y Veracruz a Chiapas y Tabasco en México; Belice, a lo largo de la costa atlántica hasta Panamá, y probablemente hacia el sur de Brasil a la localidad del valle del Amazonas y Perú (Standley y Steyermark 1946).

Una distribución más actual muestra una disminución en el área de distribución, reportándolas desde el norte de Puebla y Veracruz, en México, Centroamérica, Panamá, Colombia, Venezuela, Perú y Ecuador hasta Brasil y Bolivia (León H. 2010).

La figura 8 muestra el área de distribución de la especie en Centro América.



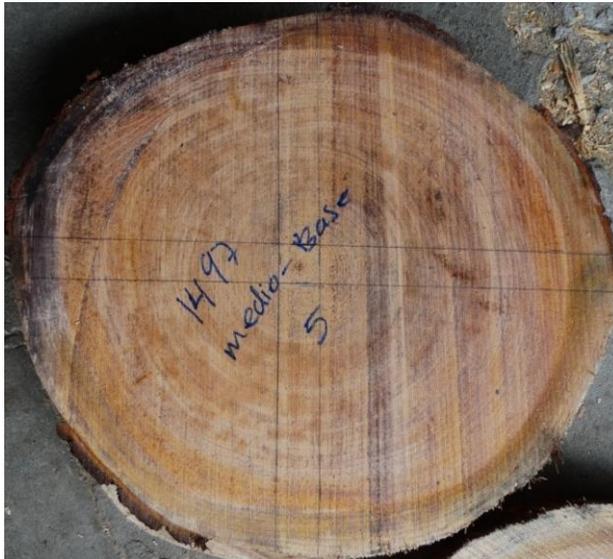
Fuente: OFI/CATIE, 2003.

Figura 8. Mapa de la distribución potencial de *Swietenia macrophylla* King en América Central.

d) La madera de *S. macrophylla* King.

La madera de caoba es considerada como una de las mejores del mundo; el duramen es rosado rojizo cuando joven, oscureciéndose con la edad hasta un marrón rojizo profundo. Es fuerte y resistente a la podredumbre y a los insectos. Es utilizada en ebanistería, construcción pesada, se puede secar al aire y en hornos fácilmente, sin defectos apreciables. Es fácil de trabajar, y se obtienen excelentes acabados. El duramen es

resistente a la pudrición marrón y blanca y tiene resistencia moderada a termitas (OFI/CATIE 2003). En la figura 9 puede observarse una rodela de *S. macrophylla*.



Fuente: Elaboración propia, Laboratorio Forense de Maderas FAUSAC.

Figura 9. Fotografía de una rodela de madera de *S. macrophylla*.

D. Anatomía de la madera de latifoliadas

La Anatomía de Madera es la rama de la Biología que estudia el xilema, leño o madera con el fin de:

- ✓ Conocerlo y darle un uso correcto.
- ✓ Determinar especies.
- ✓ Predecir usos adecuados.
- ✓ Prever el comportamiento del leño en procesos industriales.
- ✓ Evaluar la aptitud tecnológica de la madera.

La madera se puede definir como el conjunto de tejidos que se encuentran hacia la parte interna de la corteza. Específicamente es la zona comprendida entre la médula y el

cambium vascular y en la misma se cumplen diversas funciones: conducción de agua y sales minerales absorbidas por la raíz, soporte o resistencia mecánica y almacenamiento de sustancias alimenticias. Corresponde a lo que técnicamente se conoce con el nombre de xilema secundario (León H. y Espinoza de Pernia 2001).

En la madera se distinguen dos grupos de elementos estructurales: elementos macroscópicos y elementos microscópicos (León H. y Espinoza de Pernia 2001). Las células que constituyen la madera muestran cierta variabilidad en cuanto a su ordenación, disposición y abundancia, siendo característica de cada especie (Universidad Nacional Agraria La Molina, 2014).

La ordenación de la mayoría de estas células tiene una orientación paralela al eje del tronco (sistema axial) y un número menor tiene una disposición perpendicular al eje y por lo tanto, una orientación radial al mismo (sistema radial) (Universidad Nacional Agraria La Molina, 2014).

Es un material heterogéneo y anisotrópico, con propiedades muy diferentes de acuerdo a la dirección considerada (planos transversal, longitudinal y radial). El estudio de su anatomía ha tenido gran influencia en la Tecnología y en la Industria.

De acuerdo con (León H., 2001) la madera tiene principalmente las siguientes características:

- ✓ Es un material poroso, celular, no es un sólido.
- ✓ Está compuesto por más de un tipo de células, por lo tanto, su constitución es heterogénea.
- ✓ La mayor proporción de elementos celulares es alargada con su eje longitudinal paralelo al eje del fuste.
- ✓ Las paredes celulares están constituidas fundamentalmente de celulosa, que forma largas cadenas moleculares.
- ✓ Contiene también lignina y hemicelulosa; éstas se ubican entre las cadenas de celulosa, donde además puede haber agua.
- ✓ El lumen de las células y la pared celular pueden contener diferentes materiales

De acuerdo con (León H., 2001) dadas las características estructurales las posibles fuentes de variación en el leño son:

- ✓ Tipos de células presentes y sus proporciones.
- ✓ Tamaño de los diferentes tipos de células.
- ✓ Espesor de la pared celular.
- ✓ Dirección del eje de la célula en referencia al tronco.
- ✓ Proporción de un tipo de células con respecto a otro.
- ✓ Composición de la pared celular.
- ✓ Naturaleza, presencia y distribución de materiales extraños.

E. Estudio de la madera

Según Hugues (1973), el principal objetivo de la investigación anatómica es verificar la relación existente entre las características estructurales y su posterior aplicación. Estas variaciones pueden explicarse a través de variables dendrométricas físicas y anatómicas. Existe una jerarquía de variaciones de los caracteres estructurales vinculada al ambiente dentro de cada ejemplar. De este modo, la estructura de la madera es el resultado de la influencia de factores intrínsecos (genéticos) y extrínsecos (ambientales).

e) Planos anatómicos de estudio

Por tratarse de un organismo heterogéneo constituido por células dispuestas y organizadas en diferentes direcciones, el aspecto de la madera varía de acuerdo con la sección observada. Para estudios anatómicos se adoptan los siguientes planos convencionales de corte:

1. Plano Transversal: perpendicular al eje del árbol.
2. Plano Radial: paralelo a los radios o perpendicular a los anillos de crecimiento.
3. Plano Tangencial: tangencial a los anillos de crecimiento o perpendicular a los radios.

Además de la apariencia, también el comportamiento físico- mecánico de la madera difiere en cada uno de estos sentidos, fenómeno conocido como anisotropía. Por presentar esta particularidad, la madera es un material anisotrópico (León H., 2001).

f) Sistemas presentes en la madera.

Dentro del árbol mismo, existen tres fuentes de variabilidad: Radial y Longitudinal. La fuente de variabilidad radial de los elementos anatómicos del leño está determinada por la edad cambial. Esto confirma los postulados de Sanio que se refieren al patrón de variación del tamaño de los elementos del leño dentro del mismo árbol (Medina, *et al*, 2013).

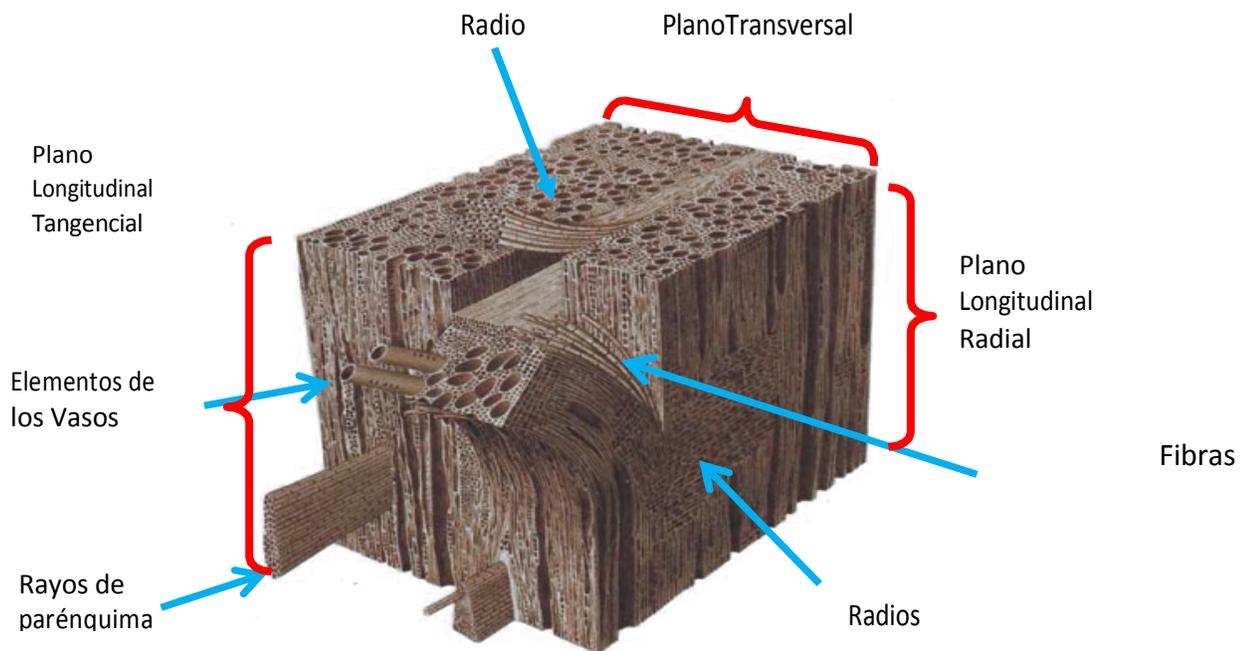
La madera se constituye de dos sistemas de células interconectados. El sistema axial y el sistema radial. Las células de los dos sistemas pueden observarse en tres tipos de planos o secciones, que son usados para interpretar la estructura de la madera (como se observa en la figura 10). En la sección transversal las células del sistema axial se cortan transversalmente, mientras que los rayos son expuestos en forma horizontal.

Cuando un tallo se corta a lo largo, pueden obtenerse secciones de dos tipos: sección longitudinal radial, a lo largo de un rayo y sección longitudinal tangencial paralela a una tangente. Ambas secciones ofrecen una vista similar del sistema axial, pero dos diferentes de los rayos vasculares. La sección radial longitudinal muestra los rayos en forma de bandas horizontales que se orientan en ángulo recto, respecto a los elementos del sistema axial, la sección tangencial longitudinal corta los rayos y revela su ancho y altura (Flores-Vindas 1999).

La figura 10 muestra un esquema de la disposición de los dos sistemas (axial y radial) de células en la madera, así como sus planos de estudio.

F. Elementos de los vasos

Los elementos de los vasos son los principales elementos de conducción en las Magnoliophytas o plantas con flores. Dichos elementos son cilíndricos y sus extremos están perforados. Se colocan una tras otra en series longitudinales, para formar tráqueas o vasos del xilema, por donde pasa el agua en forma vertical ascendente; por lo que, son más eficientes que las traqueidas en la conducción del agua y minerales (Flores-Vindas 1999). En la figura 9 se pueden observar las células que forman los vasos del xilema.



Fuente: (Universidad Nacional Agraria La Molina, 2014).

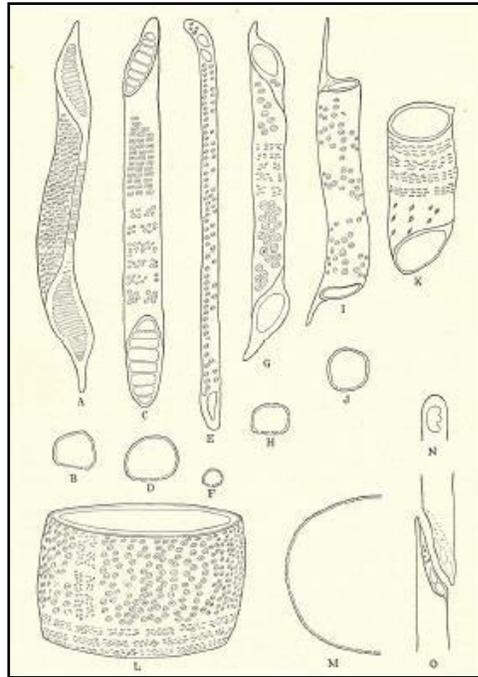
Figura 10. Cubo de madera de latifoliadas con las tres secciones de estudio y los elementos anatómicos.

G. Fibras

El término fibra es frecuentemente usado con poca exactitud para cualquier tipo de célula de madera. Específicamente este término se aplica a células largas, adelgazadas con extremos cerrados, más que traqueidas. Se reconocen dos tipos de fibras: fibrotraqueidas y fibras libriformes. Ambos tipos de fibras podrían tener paredes de moderadas a muy gruesas. La diferencia entre las dos está basada en la naturaleza de la punteadura (agujereo) (Pashin, *et al* 1980).

Las fibrotraqueidas tienen claramente agujeros bordeados, con aperturas lenticulares parecidas a una incisión. Obviamente esta terminología puede ser aplicada igualmente bien a las traqueidas de madera tardía en maderas suaves, pero el término fibrotraqueida se restringe a maderas duras por la mayoría de los autores (Pashin, *et al* 1980).

En la figura 11 se observan distintos elementos del vaso.



Fuente: Flores-Vindas 1999.

Figura 11. Diferentes formas de diversos elementos traqueales del xilema presentes en Magnoliopsida.

A, B, C) Elementos de los vasos del xilema con placas perforadas escalariformes y crecimiento intrusivo en sus extremos terminales. D) Elementos de los vasos cortos con puntuaciones alternas y placa perforada simple. E, F) Elementos de los vasos cortos con puntuaciones escalariformes y los extremos perforados. G) Fibra libriforme; H) Fibra septada, I) Fibra libriforme con extremos ramificados; J) Elemento de los vasos con crecimiento intrusivo y placa perforada simple; K, L) Elementos de los vasos con puntuaciones escalariformes y placa perforada simple. M) Elemento de los vasos con crecimientos terciarios anastomosados y doble perforación en sus extremos (Flores-Vindas 1999).

Las fibras libriformes son las células del esclerénquima xilemáticos más típicas son muy largas, estrechas y puntiagudas. El protoplasma se encuentra muy reducido. Las paredes presentan discontinuidades simples, en forma de punteaduras secundarias. Su diámetro (grosor) ronda las 10 μm , su longitud puede superar los 10 cm (Pashin, *et al* 1980).

Las fibras libriformes poseen agujeros que son simples o tienen bordes muy adelgazados para ser aparentes (Pashin, *et al* 1980).

H. Características para pulpa y papel

Según las consideraciones de Runkel puede decirse que, aunque las fibras largas de las coníferas permiten una mayor variedad de tratamientos, las fibras cortas de las latifoliadas no son obstáculo para obtener papeles firmes y resistentes.

Teniendo en cuenta el espesor de las paredes y el diámetro del lumen de las fibras, Runkel, hizo los siguientes grupos:

- Grupo I Madera liviana, fibras de paredes delgadas y lumen amplio, lo cual permite un colapso completo de la fibra en el papel y la adhesión muy buena de fibra a fibra. Excelente para papel.
- Grupo II Madera liviana, fibras de paredes delgadas y lumen relativamente amplio, lo cual permite un aplastamiento de la fibra en la elaboración de papel, hasta quedar casi completamente plana, la adhesión de fibra a fibra es buena. Muy buena para papel.
- Grupo III Madera semi-pesada, fibras de paredes medianas y lumen medianamente amplio; las fibras se aplastan poco en la elaboración de papel y la adhesión de fibra a fibra es regular. Buena para papel.
- Grupo IV Madera pesada, fibras de paredes gruesas y lumen amplio; las fibras sufren un escaso aplastamiento y tendrán una leve adhesión entre fibra y fibra. Regular para papel.
- Grupo V Madera muy pesada, fibras de paredes muy gruesas y lumen angosto; las fibras no sufrirán ningún aplastamiento y la adhesión de fibra a fibra será muy leve. Mala para papel.

Las maderas que se ubiquen en los grupos I, II y III producirán los papeles más resistentes, transparentes y con buenas condiciones adhesivas de fibra a fibra. Las maderas que se ubiquen en los grupos IV y V, producirán papeles opacos, con leve adhesión de fibra a fibra y menos resistentes.

Las características recomendables para esperar de una madera mejores posibilidades para la elaboración de pulpa química para papel son: Baja densidad, porcentaje de corteza relativamente poco, bajo contenido de extraíbles, bajo contenido de lignina, alto contenido de celulosa, alto rendimiento de pulpa producida, largo de fibra mayor y factor Runkel menor o igual a 1.

Estas características se utilizan para la caracterización de las fibras, como puede observarse en el cuadro 3. En el cuadro 4 se observa la clasificación de los elementos de los vasos.

Cuadro 3. Tabla de clasificación de características anatómicas microscópicas de fibras de la madera.

Características microscópicas de fibras				
Fibras (tejido macerado)	Longitud	Cortas	Menos de 900 micras	
		Medianas	900 a 1600 micras	
		Largas	más de 1600 micras	
	Tamaño (diámetro)	Pequeñas	menos de 16 micras	
		Medianas	16 a 25 micras	
		Grandes	26 a 30 micras	
		Muy grandes	más de 30 micras	
		Diámetro tangencial, incluyendo espesor de paredes. Medido en la parte media de la longitud total. Por lo tanto debe medirse el diámetro total y diámetro del lumen		
		Espesor de la pared	Muy delgada	Más de 0.75
	Delgada		0.75 a 0.50	
	Gruesa		0.50 a 0.30	
	Muy gruesa		0.30 y más	
	Según la relación: Diámetro del lumen DL/diámetro total DT. Se medirá el diámetro del lumen (micras) en la parte media de la longitud total de la fibra			

Fuente: Valdés, 1988.

Cuadro 4. Tabla de clasificación de características anatómicas microscópicas de los elementos del vaso.

Características microscópicas de vasos			
vasos	Tamaño, diámetro tangencial con espesor de pared	Muy pequeños	Menos de 50 micras
		Pequeños	51-100 micras
		Medianos	101 a 150 micras
		Grandes	151 a 200 micras
		Muy grandes	201 a 300 micras
		Extremadamente grandes	301 micras y más
Tipo de perforación	Simple, simple orlada, escaleriforme, reticulada y otros		

Fuente: Valdés, 1988.

2.2.2 Marco Referencial

A. Antecedentes

A nivel mundial existen algunos trabajos sobre la variación de la longitud de fibras y de elementos de vaso en distintas especies y diferentes edades de especies arbóreas.

La investigación de León H. (2010) titulada “**Variabilidad de la madera de *Swietenia macrophylla* King proveniente de plantaciones de 10 años de edad (Caparo, estado Barinas, Venezuela)**”, el autor expone que los estudios de variabilidad de la madera son de gran importancia para conocer mejor su comportamiento y garantizar un adecuado aprovechamiento de la misma. La especie *Swietenia macrophylla* King (Meliaceae) está considerada como una de las maderas tropicales de mayor importancia desde el punto de vista comercial y es muy poco lo que se conoce acerca de cómo varían sus características anatómicas en sentido radial y longitudinal. A pesar de ser una especie que en la actualidad se encuentra bajo la figura de protección en muchos países, es necesario conocer la variabilidad de la misma, especialmente en material procedente de plantaciones.

El objetivo de su trabajo fue la determinación del patrón de variación de algunas características anatómicas (diámetro de poros, longitud de elementos de los vasos, diámetro de punteaduras, longitud de fibras, frecuencia, ancho y altura de radios) a través

de la sección transversal y en dos niveles de altura en individuos de *Swietenia macrophylla* King procedentes de plantaciones de 10 años de edad establecidas en la Reserva Forestal Caparo (Estado Barinas, Venezuela).

En sentido radial se encontraron patrones definidos de variación en el diámetro de poros, longitud de fibras, frecuencia, ancho y altura de radios. En sentido longitudinal, los caracteres que manifestaron un comportamiento definido de variación fueron diámetro de poros, longitud de elementos de los vasos, ancho y altura de radios. En todos los individuos estudiados y en cada nivel de altura se encontró madera adulta.

Ruiz Hernández, *et al* (2006) realizaron la investigación titulada: **“Características anatómicas y propiedades físico-mecánicas de la madera de *Swietenia macrophylla* King. proveniente de plantaciones del estado de Campeche”**. En la referida investigación se estudiaron las características anatómicas, las propiedades físicas, y mecánicas de las maderas de caoba de diez años de edad proveniente de plantaciones forestales comerciales.

El estudio comprendió la colecta de cuatro árboles en el estado de Campeche se evaluaron las características anatómicas macroscópicas y microscópicas, las propiedades físicas, la dureza y el impacto. Para el estudio macroscópico se utilizaron probetas de 7 cm x 15 cm x 1 cm, para el microscópico se elaboraron preparaciones fijas de cortes y material disociado y las propiedades mecánicas de acuerdo a las normas ASTM.

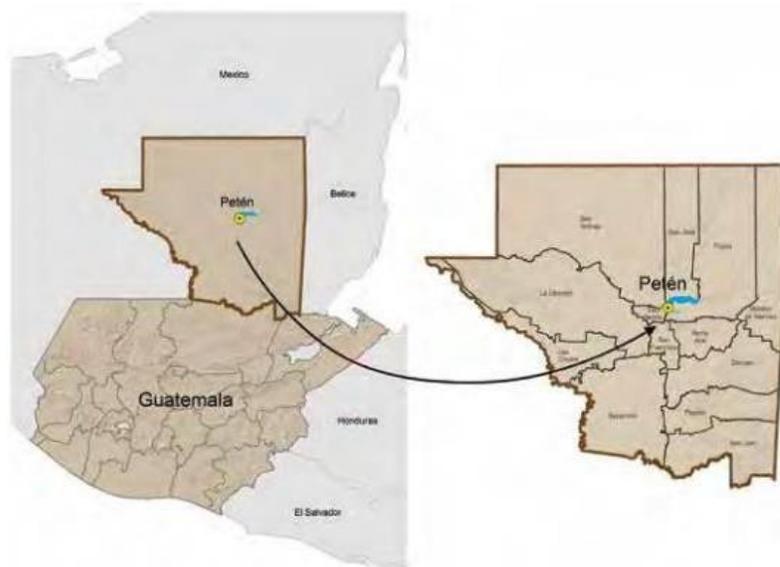
La madera de caoba presentó un color castaño pálido en la albura y rojizo pálido en el duramen, porosidad difusa con poros solitarios, múltiples medianos y cortos, placa perforada simple, parénquima en bandas concéntricas, los rayos multiseriados y pocos biseriados heterogéneos, y fibras de pared delgada. Presenta densidad básica y contracciones lineales y volumétricas medias, es una madera semidura y muy poco resiliente.

En ellos se encuentran distintos patrones de variación, aunque el más frecuente se presenta como un incremento en la longitud de fibras y de elementos de vaso de médula a corteza. También han encontrado que la mayor fuente de variación de la morfología de las fibras se presenta dentro del árbol, relacionada con las diferentes edades formativas de la madera.

B. Ubicación geográfica del área de procedencia de las muestras

El departamento de Petén (figura 12) se ubica en el extremo septentrional de Guatemala (latitud norte $15^{\circ} 90'$ - $17^{\circ} 81'$ y longitud oeste $89^{\circ} 22'$ - $91^{\circ} 43'$), limita al Norte y al Oeste con México, al Este con Belice, al Sur con los departamentos de Izabal y Alta Verapaz (SEGEPLAN 2013).

El departamento de Petén posee una extensión territorial de 35,854 km² que representa casi un tercio del territorio nacional, que lo convierte en el departamento más extenso de Guatemala, así como, en la entidad subnacional más grande de Centroamérica (SEGEPLAN 2013).



Fuente: SEGEPLAN 2013.

Figura 12. Mapa de la ubicación geográfica del departamento de Petén en la república de Guatemala

C. Relieve

El relieve del departamento es levemente variado, y se divide en tres zonas:

Región Baja: Corresponde a las llanuras y los lagos, donde se encuentra la mayoría de la población del departamento, así como sus grandes praderas o sabanas.

Región Media: Corresponde a las primeras alturas, incluyendo las pequeñas colinas de los valles de los ríos San Pedro, Azul y San Juan.

Región Alta: Corresponde a las Montañas Mayas en la parte oriental del departamento, el área de mayor elevación.

Petén tiene una altitud promedio de 127 m s.n.m, por lo que está clasificado como tierras bajas del norte, es atravesado por varias cadenas de montañas que alcanzan alturas que en pocas áreas exceden los 500 m s.n.m, por lo que se cataloga como planicies bajas (SEGEPLAN 2013).

Geológicamente estas formaciones son parte de las mesetas de piedra caliza de la península de Yucatán. La Sierra Madre que atraviesa Guatemala se extiende hacia el norte del país, con el nombre de Sierra de Chamá. Desde el departamento de Alta Verapaz entra a Petén, donde se divide en varios ramales, entre ellas el área de Montañas Mayas (SEGEPLAN 2013).

D. Aspectos climáticos

Tomando como referencia datos del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología e Hidrología (INSIVUMEH), el clima de Petén es de tipo tropical cálido y húmedo, típico de tierras bajas en estas latitudes; se caracteriza como tropical variable-húmedo, con época larga de lluvia, y con época seca desarrollada, pero de duración variable, entre diciembre/enero y abril/mayo. La temperatura media mensual, varía entre 21 °C en el mes de enero (más fresco del año), y 32 °C en el mes de mayo (más cálido); las temperaturas máximas medias, varían entre 28 °C y 38 °C, y las mínimas entre 17 °C y 23 °C (SEGEPLAN 2013).

En el cuadro 5 se resumen las medias de parámetros climáticos para el departamento de Petén.

Cuadro 5. Parámetros climáticos en el departamento de Petén.

Parámetro Climático	Media
Precipitación pluvial anual	2446 mm
Precipitación efectiva a 50cm profundidad	1529-883 mm/año
Evapotranspiración potencial anual	1676 a 1568 mm
Días de lluvia al año	160 a 180 días
Humedad relativa promedio anual	80 a 85%
Temperatura promedio anual	30.0° C (Celsius)
Brillo solar mensual	180 a 200 horas
Intensidad de vientos	25 a 100 km/h

Fuente: SEGEPLAN 2013.

E. Zonas de vida según la clasificación de Holdridge

Petén cuenta con dos zonas de vida, clasificación que toma en cuenta factores climáticos (biotemperatura, precipitación y humedad), formaciones vegetales, fa una y también elementos como suelos y altitud (SEGEPLAN 2013).

Bosque húmedo subtropical cálido (bh-SC), comprende la parte norte de Petén, y ocupa el 63% de la superficie del departamento (22,564.47 km²): Se caracteriza por presentar biotemperaturas de 22 °C a 27 °C; la precipitación varía de 1,160 mm a 1,700 mm; la evotranspiración potencial se estima en 0.95 %, y la elevación varía entre los 50 m s.n.m a 275 m s.n.m.

La vegetación indicadora está representada por: *Sabal morisiana* (botán), *Pimenta dioica* (pimienta), *Manilkara zapota* (chicozapote), *Pseudobombax ellipticum* (amapola), *Aspidosperma megalocarpon* (malerio colorado), Caoba (*Swietenia macrophylla* King), *Alseis yucatenensis* (son), *Metopium browneii* (chechen negro), *Byrsonima crassifolia* (nance), *Curatela americana* (lengua de vaca), *Xilopia frutescens* (majagua), *Quercus oleoides* (roble) (SEGEPLAN 2013).

Bosque muy húmedo subtropical cálido (bmh-SC), comprende la parte sur de El Petén y el 37.06 % del departamento (12,284.53 km²). Presenta precipitaciones pluviales de 1,587 mm a 2,000 mm; la elevación varía entre 80 m s.n.m a los 1,600 m s.n.m.

La vegetación indicadora está representada por: *Orbignya cuhume* (corozo), *Terminalia amazonia* (canxán), *Brosimum alicastrum* (ramón blanco), *Lonchocarpus sp.* (yaxmogen o palo de gusano), *Ceiba pentandra* (ceiba), Caoba (*Swietenia macrophylla* King), *Vochysia hondurensis* (San Juan), *Pinus caribaea* (pino de Petén), entre otras (SEGEPLAN 2013).

F. Ecorregiones

La ecorregión terrestre “Bosque Húmedo de Petén-Veracruz” es la única ecorregión transnacional México-Guatemala-Belice, abarcando un 97 % del departamento de El Petén; aporta abundante humedad debido a las lluvias traídas por los vientos del Atlántico; la precipitación anual varía de 1,160 mm a 2,000 mm. Este sistema beneficia a los bosques latifoliados húmedos tropicales y subtropicales, en las tierras bajas calizas del norte y tierras altas del norte, conocidos como Bosque Tropical (Tropical Rainforest). Generalmente los árboles están cubiertos de epífitas y alcanzan entre 30 m y 40 m de altura; entre sus especies destacan maderas duras y preciosas, como: el chicle, caoba y cedro. Este sistema constituye el hábitat de importantes especies de fauna en peligro de extinción, como la guacamaya roja, el jaguar, el tapir y el puma (SEGEPLAN 2013).

G. Suelos

Los suelos de Petén, muchos de ellos en paisaje kárstico, clasificados como Tierras Calizas Bajas del Norte de Petén, comprenden todo el departamento y poseen millones de años de desarrollo a partir de piedras calizas sedimentarias (SEGEPLAN 2013).

Lomas kársticas Conformadas por Karts cónico sumamente quebrado, propios del cinturón plegado del lacandón y de las estribaciones de la montaña Maya, se localiza la serie Cuxú se desarrolla sobre rocas calizas suaves y la serie Chacalté en zonas de karts cónico. Aproximadamente cubren 70 km² en conjunto (Morales Mérida, 2003).

Área de karts aplanado; desarrollados en zonas de Karts fuertemente erosionados pertenecen a la serie Chocop, Machaquilá, Quinil, Sacluc y Zotz; los suelos son arcillados con drenaje lento en las partes bajas y están compuestos de residuos de caliza. Los suelos de Quinil y Zotz se encuentran entre los más fértiles del departamento. Cubren aproximadamente una extensión de 78 km² (Morales Mérida 2003).

Terrazas y planicies kársticas Son asociadas a las terrazas y planicies de roca caliza y a las lomas Kársticas. Cubren más de 80 km². Existen tres series: Joljá, Yaxhá y Uaxactún. La serie Joljá se ha desarrollado en relieve plano o ligeramente ondulado, la mayoría del calcio ha sido lavado en las áreas llanas. La serie Yaxhá es la de mayor extensión en el departamento, con 400 km²; se compone de suelo negro arcilloso, rico en materia orgánica. La serie Uaxactún contiene suelos rocosos y poco profundos, sensibles a la erosión y a la sequía (Morales Mérida 2003).

Lomas esquitosas Estas pertenecen a la serie Ixbobó y Guapaca; se desarrollan sobre esquistos calcáreos en relieve menos quebrado. Se encuentran densamente ocupadas por los agricultores y presentan una topografía ligeramente ondulada en la parte alta de la cuenca del río La Pasión, especialmente los de la serie Guapaca (Morales Mérida 2003).

Sabanas Se encuentran en Petén dos tipos de sabanas: Las sabanas del norte, que presentan suelos llanos, arcillosos-limosos, desarrollados sobre suelos calizos. En este tipo se incluyen la serie de Chachaclún y Exkikil, ambas series contemplan suelos ácidos, impropios para la agricultura y utilizados para la ganadería extensiva. El otro tipo de sabanas son las denominadas de Pino, se desarrollan sobre suelos Franco arcillosos bien drenados, al cual pertenece la serie Poptún, Suchachín y Machaquilá, ambas cubren aproximadamente 33 km² (Morales Mérida 2003).

Planicies aluviales Este grupo se ha desarrollado en la planicie baja interior de Petén, a lo largo de los ríos La Pasión, Usumacinta y de sus afluentes y en la cuenca del río Mopán. A este grupo pertenecen las series Petexbatún y Usumacinta, que cubre alrededor de 233 km², son suelo arcilloso y mal drenado. La otra serie es la de Mopán y Sarstún, que ocupa aproximadamente más de 167 km²; son suelos fértiles, pero la falta de drenaje y la adhesividad limitan el uso agrícola (Morales Mérida 2003).

Bajos El último grupo comprende los suelos desarrollados en las depresiones llamados bajos. Estas depresiones se encuentran inundadas en buena parte del año, al cual pertenecen la serie Bolón, Macanché, Saipuy y Yaloch, cubre alrededor de 67 km², principalmente en la parte norte del departamento. Los suelos de Bolón, por su acidez y pobreza en nutrientes y los suelos Saipuy, por su drenaje muy lento, no se prestan a ningún uso económico en las condiciones actuales. Los suelos Yaloch poseen una mayor fertilidad, los suelos Macanché comprenden suelos con mejor drenaje en relieve ondulado y tierra fértil, ambos se utilizan para la siembra de milpa (Morales Mérida 2003).

Los suelos del Municipio de Petén tienen vocación eminentemente forestal, pero han sido deteriorados aceleradamente por la actividad agrícola y ganadera, lo que ha incidido en una baja considerable en la fertilidad de este (Morales Mérida 2003).

2.3 OBJETIVOS

2.3.1 Objetivo General

Determinar la variabilidad en longitud, ancho, lumen y grosor de pared de las fibras y elementos de los vasos en sentido axial, radial de la madera de *S. macrophylla* King. proveniente de Petén.

2.3.2 Objetivos Específicos

1. Determinar la variabilidad de las fibras en cuanto a longitud ancho, lumen y grosor de pared a diferentes alturas del fuste (sentido axial) y a través de la sección transversal en la rodela (sentido radial) en la madera de *S. macrophylla* King.
2. Determinar la variabilidad de los elementos de los vasos en cuanto a longitud, ancho, lumen y grosor de pared a diferentes alturas del fuste (sentido axial) y a través de la sección transversal en la rodela (sentido radial) en la madera de *S. macrophylla* King.
3. Relacionar las características anatómicas de la madera y la versatilidad de esta en la industria forestal.
4. Generar una base de datos que sirva para futuras investigaciones.

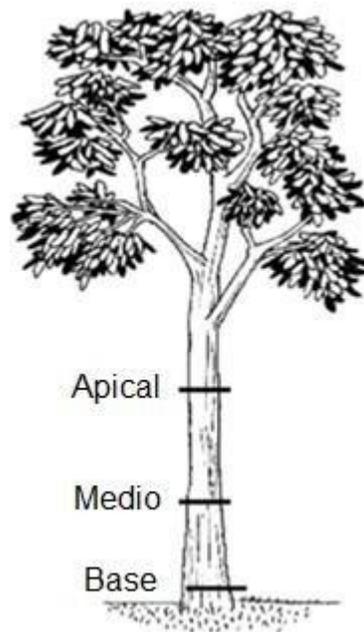
2.4 METODOLOGÍA

2.4.1 Selección del material vegetal

La madera de caoba utilizada en este estudio corresponde a tres árboles de *S. macrophylla* provenientes del departamento de Petén, de la concesión Industrial forestal La Gloria, empresa **Baren Comercial** ubicada en la zona de uso múltiple (ZUM) de la Biosfera Maya, Petén. Se obtuvieron los datos del diámetro a la altura del pecho (DAP), el cual varió entre los 40 cm – 50 cm.

2.4.2 Manejo del material experimental

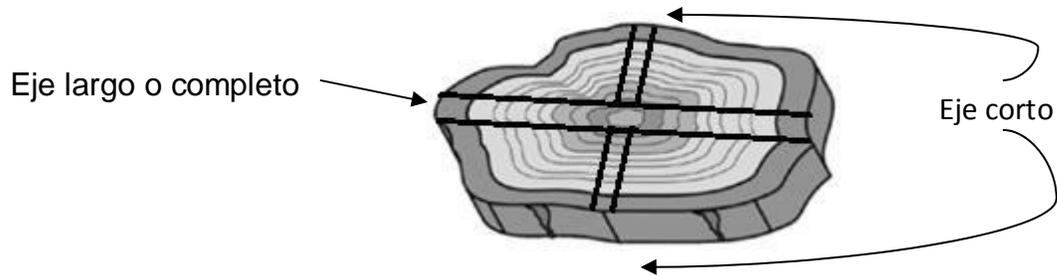
- a) Para estudiar la variabilidad axial, se obtuvieron rodelas de una pulgada de grosor en las alturas Base (0 m - 1.5 m), Medio (1.5 m - 2.5 m) y sección apical (2.5 m - 3.5 m) como se observa en la Figura 13.



Fuente: Medina, D. 2013 modificado por Liquez

Figura 13. Esquema de la toma de muestras a diferentes alturas dentro del fuste. Base, medio y apical.

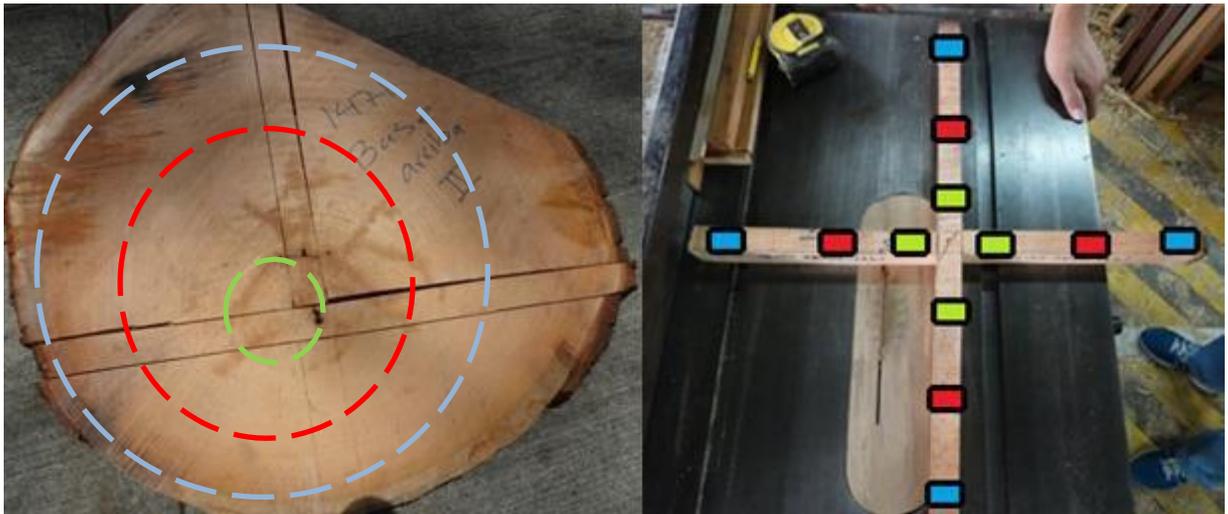
- b) En cada rodela obtenida se procedió a trazar una cruz cuyo centro se pasó por la médula, y tuvo un eje completo o largo y uno corto (de dos partes). Un ejemplo en la figura 14.



Fuente: Medina, D. 2013 modificado por Liquez

Figura 14. Trazo de la cruz en la rodela para la elaboración de las cruces.

- c) Para los estudios de variabilidad radial, se tomaron tres puntos de muestreo: zona interna, zona media y zona externa. Según lo propuesto por León H. (2010) en cada lado de la cruz. La figura 15 muestra la distribución de los puntos de muestreo dentro de la rodela.



Fuente: Propia, Laboratorio Forense de Maderas FAUSAC.

Figura 15. Fotografía de las zonas de muestreo dentro de la rodela Interna (verde), media (rojo) y externa (azul). Según lo propuesto por León H. (2010).

- d) De las cruces obtenidas, se realizaron probetas anatómicas de 1 cm * 1 cm * 1.5 cm. Se identificó el punto de inicio y final en cada eje de la cruz. Las probetas fueron identificadas con notación numérica, como se observa en el esquema de la figura 16.



Fuente: Medina, D. 2013 modificado por Liquez

Figura 16. Elaboración de probetas anatómicas con sierra de banco.

2.4.3 Preparación del material para el estudio por microscopía.

Los disociados se prepararon de acuerdo con el método de maceración de Boodle o de disociado fuerte y se realizó de la siguiente manera:

Elaboración de los cortes para maceración: Los cortes se prepararon en un micrótopo de deslizamiento horizontal con una cuchilla “Leica” perfil “C” y con un grosor de 120 μm del lado radial de la probeta. Se colocaron 5 cortes en un tubo de ensayo.

Maceración: Se hirvieron los cortes con hidróxido de potasio al 10 % durante 15 min. Se lavaron tres veces con agua; a continuación, los cortes se colocaron en un tubo de ensayo con 2.5 mL de cloro uso doméstico, los tubos se colocaron en baño maría durante 30 min. Luego fueron lavados cinco veces con agua y en el último lavado se agitó con fuerza moderada el tubo de ensayo contra la palma de la mano, de manera que todo el material se disgregue contra las paredes de este, se dejó reposar durante 10 min (Gattuso y Gattuso 1999).

Tinción: El exceso de agua fue drenado del tubo de ensayo dejando una pequeña cantidad junto con las fibras, luego se aplicaron 5 gotas de Safranina al 1 %, dejando reposar por 5 min para que ocurra la tinción (Gattuso y Gattuso 1999).

Montaje: Se colocó una pequeña cantidad de material, haciendo uso de un pincel, sobre el portaobjetos, se añadió un poco de gelatina glicerina y se removió suavemente de manera circular mezclando bien las fibras y la gelatina; se procedió a colocar el cubreobjetos, luego se dejó secar la gelatina glicerina durante un día, los montajes no se sellaron (Gattuso y Gattuso 1999).

Medición y toma de fotografías: La medición se realizó con un microscopio “Leica DM4 B”, con cámara “Leica DFC450” acoplada al microscopio y su respectivo software “LAS Core” que permite la medición en vivo y la toma de fotografías. De las fibras y elementos de los vasos se midió a cada uno la longitud, ancho, lumen y pared celular.

2.4.4 Medición y análisis de los elementos constitutivos (variables)

Las variables de medición fueron: longitud, ancho total, ancho de lumen y grosor de pared, las dimensionales están en micras y se midieron de la siguiente manera:

Longitud: La medición se realizó colocando el puntero en un extremo de la fibra y/o elemento del vaso y llevándolo al otro.

Ancho total: Se identificó la mitad del elemento constitutivo (fibra o vaso), con el puntero se trazó una línea transversal abarcando el ancho total.

Ancho de lumen: Se identificó el espacio interior de la célula (lumen), al igual que en el ancho total, la medición se realizó transversalmente; sin tomar en cuenta el grosor de la pared.

a) Fibras

La medición de la longitud fue realizada en el objetivo 5 x, mientras que el ancho total y lumen, en el objetivo 20 x.

b) Vasos

La medición de la longitud, ancho y lumen fue realizada con el objetivo 10 x.

c) Pared (fibras y elementos de los vasos)

Para determinar el valor de esta variable, se utilizó la fórmula $EP=(L-DL) /2$. Siguiendo la norma IAWA para descripción de las características macro y microscópicas de especies IAWA Comité (1989) citado por Universidad Nacional del Centro de Huancayo (2010).

Siendo:

EP = espesor de pared
 L = ancho de fibras
 DL = diámetro del lumen

2.4.5 Tamaño de la muestra

Se realizaron mediciones a 20 elementos constitutivos (fibras y vasos) por zona de la rodela a las alturas de estudio.

Ver los cuadros 17A y 18A de los datos obtenidos.

2.4.6 Análisis de los datos

Con el uso del programa estadístico Infostat v. 2016 se realizó el análisis de varianza (ANDEVA) con un nivel de confianza $\alpha = 0.05$ bajo el diseño de parcelas divididas en bloques al azar.

2.4.7 Diseño experimental

En la investigación fue utilizado un diseño de bloques completos al azar, en el que cada árbol constituyó una repetición. Fueron estudiados dos factores: alturas del fuste y zonas dentro de las rodela. Por lo que fue utilizado un arreglo en parcelas divididas, considerando las alturas del fuste en las parcelas grandes y las zonas dentro de las rodela en las parcelas pequeñas.

El cuadro 6 muestra la combinación de los factores y sus niveles evaluados

Cuadro 6. Niveles de los factores estudiados, sus combinaciones y códigos.

Altura fuste (A)	Zona dentro de la rodela (B)	Notación factorial	Identificación
Base	Interna	A1B1	T1
	Media	A1B2	T2
	Externa	A1B3	T3
Medio	Interna	A2B1	T4
	Media	A2B2	T5
	Externa	A2B3	T6
Apical	Interna	A3B1	T7
	Media	A3B2	T8
	Externa	A3B3	T9

Fuente: elaboración propia

2.4.8 Unidad experimental

Las unidades experimentales fueron las probetas (cubitos) obtenidos de las secciones transversales (rodela) a diferentes distancias de la médula a la corteza y a diferentes alturas del fuste.

2.4.9 Modelo estadístico

El modelo estadístico-matemático asociado al diseño experimental y arreglo utilizado, se describe a continuación, de acuerdo con López y González (2016):

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \rho_k + (\alpha\rho)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

i = 1, 2, 3 Niveles del factor a.

j = 1, 2, 3 Repeticiones

k = 1, 2, 3 Niveles del factor b.

Siendo:

Y_{ijk} = Variable medida asociada a la ijk -ésima unidad experimental.

μ = Media general del tratamiento.

B_j = Efecto de j -ésimo árbol

A_i = Efecto de la i -ésima altura del fuste.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre la i -ésima altura con el j -ésimo árbol.

P_k = Efecto de la k -ésima zona dentro de la rodela.

$(\alpha\rho)_{ik}$ = Efecto debido a la interacción del i -ésima altura con la k -ésima zona.

E_{ijk} = Error experimental asociado a Y_{ijk} , es utilizado como residuo a nivel de parcela pequeña, y es definido como: Error(b).

2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.5.1 Fibras

El tejido xilema secundario en tallos de (medida en diámetro del DAP) de *S. macrophylla* del Petén presenta fibras con las siguientes características: longitud media de 1279.54 $\mu\text{m} \pm 158.25 \mu\text{m}$, diámetro medio 22.62 $\mu\text{m} \pm 3.54 \mu\text{m}$, diámetro medio de lumen 15.15 $\mu\text{m} \pm 3.61 \mu\text{m}$ y un espesor medio de pared 4.74 $\mu\text{m} \pm 0.92 \mu\text{m}$. En el cuadro 7 se observan rangos de valores para cada variable.

Cuadro 7. Cuadro resumen de la media, desviación estándar, mínimo y máximo de las características anatómicas de las fibras de *S. macrophylla*. Valores en micras.

Variable	Media	D.E.	CV (%)	Min	Máx
Longitud	1279.54	158.25	12.37	909.30	1722.48
Diámetro	22.62	3.54	15.64	11.28	31.78
Lumen	15.15	3.61	23.86	4.23	25.60
Pared	4.74	0.92	24.67	1.37	6.95

De acuerdo al cuadro 3 de características microcópicas de las fibras y según los valores correspondientes al cuadro 7, estas pueden clasificarse de “longitud media” (1279.54 μm), “diámetro mediano” (22.62 μm) y un espesor de pared (4.74 μm) que según la relación diámetro total/diámetro del lumen= 0.669 como una pared de espesor “delgado”. En las figuras 11 y 12 pueden observarse algunos de las fibras analizadas en este estudio.

Estos valores coinciden con lo reportado por Ruiz Hernández, *et al* (2006) en caobas de una plantación de 10 años, en donde el espesor de la pared lo clasificaron como delgado con una media de 9.14 μm un rango de 5.59 μm a 13.21 μm y una desviación estándar de 1.77 μm y en que también indica la disminución en el espesor de la pared en especímenes más longevos, teniendo en cuenta la edad de los especímenes del presente estudio, con un diámetro de 1 m.

Pueden observarse las fibras de *S. macrophylla* en las figuras 17 y 18



Figura 17. Fibra de la base de *S. macrophylla* King, vista 10X.

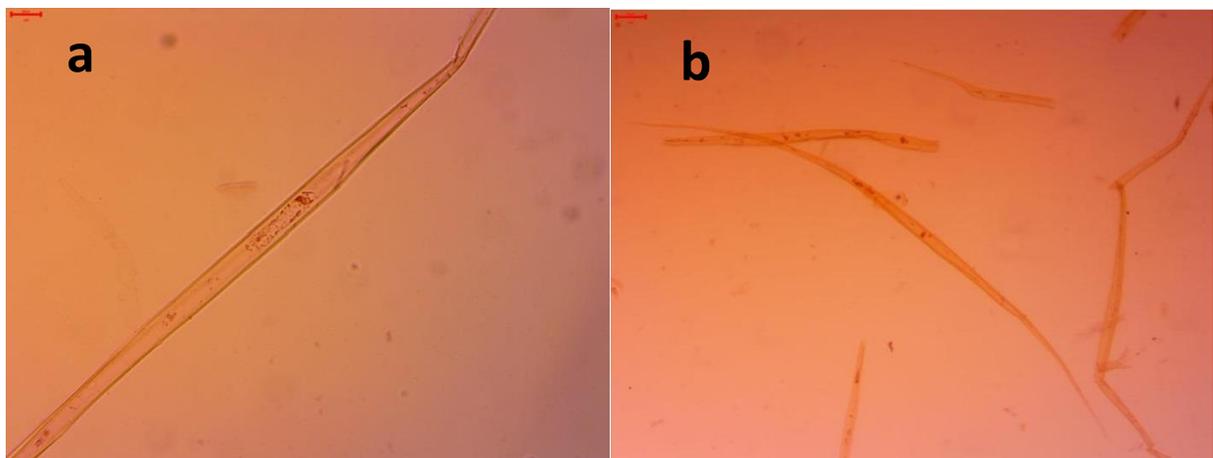


Figura 18. Fibras de Caoba *S. macrophylla* King.

a) *Fibra sección media, Vista 10X.* b) *Fibra sección apical, Vista 4X.*

A. Longitud de fibras

El cuadro 8 y figura 19 muestran los resultados del análisis de varianza ANDEVA para la variable longitud de fibras.

Cuadro 8. Resultados del análisis de varianza para la variable longitud de fibras.

Fuente de variación	Valor F	Valor P	C.V %
Árbol	71.95	<0.0001 **	3.02
Altura	4.36	0.0989 NS	
Zona	0.55	0.5891 NS	
Altura * Zona	0.66	0.631 NS	

NS: ($P > 0.05$), *: significativo ($0.05 < P < 0.01$), **: altamente significativo ($P > 0.01$)

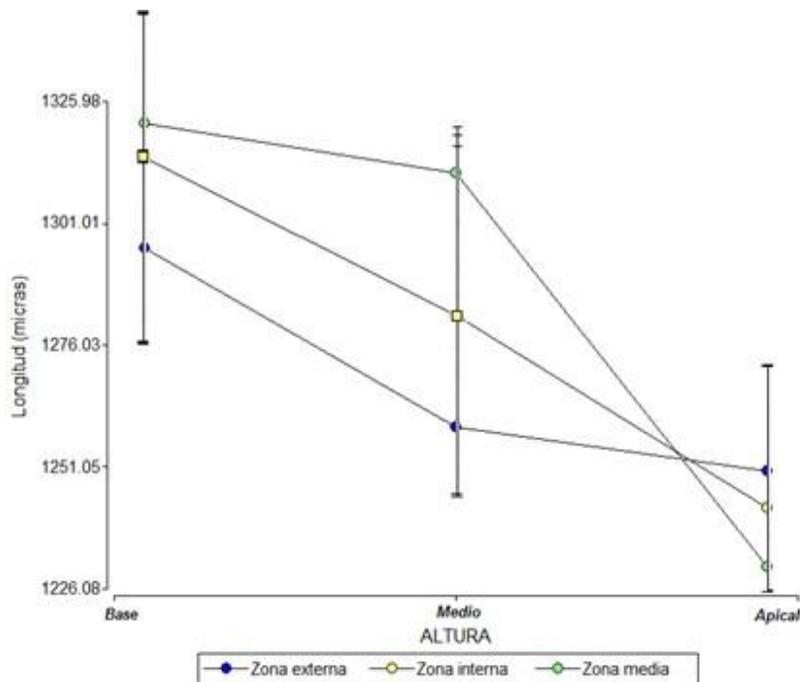


Figura 19. Variación de la longitud de fibras a diferentes niveles de altura en el árbol.

En la figura 19 vemos que las fibras presentan una ligera tendencia a disminuir de la base hacia el ápice; sin embargo, el análisis estadístico ($\alpha = 0.05$) del cuadro 8, demuestra que la variación en la longitud de fibras tanto en sentido axial ($P = 0.0989$) como en sentido radial ($P = 0.58$) no presenta diferencias significativas.

Esta aseveración se corrobora con el hecho de que en la figura 19 se observa que las variaciones estándar de la longitud a distintas alturas se traslapan. Estadísticamente puede decirse que la longitud de fibra es uniforme a diferentes alturas del fuste y diferentes distancias con respecto al centro del árbol de una rodela. Estos resultados difieren de lo encontrado por León H. (2010) en su estudio con árboles de 10 años de *S. macrophylla*; en donde se reportan incrementos en la longitud de las fibras de la base hasta la altura del pecho; en cuanto al sentido transversal reporta un incremento de la longitud de las fibras desde las adyacencias de la médula hasta un punto a partir del cual el valor se mantiene constante o mostró tendencias a disminuir.

Podría interpretarse que la variación en longitud de fibras presente entre la base y el DAP del fuste de árboles de 10 años ocurre debido a que está en crecimiento activo; mientras

que, con el paso del tiempo, dicha longitud se estabiliza. Siendo que, la uniformidad que se observa contribuye positivamente a generar las propiedades mecánicas de la madera de *S. macrophylla*.

En la figura 20 se puede observar la tendencia de la variabilidad de la longitud promedio de fibras presentándose una disminución estadísticamente no significativa desde la base hasta la altura apical antes de la primera bifurcación, coincidiendo con lo encontrado por Bhatet al. (1989), Rulliaty y América (1995) y León G. y Barajas M. (1987) citados por León H. y Espinoza de Pernía (1999). Sin embargo, es importante enfatizar que dicha variación en la longitud no fue estadísticamente significativa en la madera madura de *S. macrophylla* estudiada.

B. Diámetro de fibras

El cuadro 9 y figura 20 muestran los resultados del ANDEVA para la variable diámetro total de fibras.

Cuadro 9. Resultados del análisis de varianza para la variable diámetro total de fibras.

Fuente de variación	Valor F	Valor P	C.V %
Árbol	0.48	0.6287NS	3.69
Altura	1.64	0.3015 NS	
Zona	0.69	0.5209NS	
Altura * Zona	1.64	0.227NS	

NS: ($P > 0.05$), *: significativo ($0.05 < P < 0.01$), **: altamente significativo ($P > 0.01$)

Para el diámetro de fibras se observa en la figura 20 un ligero aumento del valor de la base hacia la altura media del árbol, seguido de una disminución a la parte apical del árbol, sin embargo el análisis estadístico ($\alpha = 0.05$) del cuadro 9, demuestra que no existe diferencia significativa en sentido axial ($P = 0.301$) y radial ($P = 0.52$), es decir el diámetro de las fibras es estadísticamente uniforme a lo largo del fuste y a través de las secciones transversales. La interacción Altura*Zona ($P = 0.227$) tampoco presentó diferencia significativa. Por lo tanto, no existe un patrón de variación.

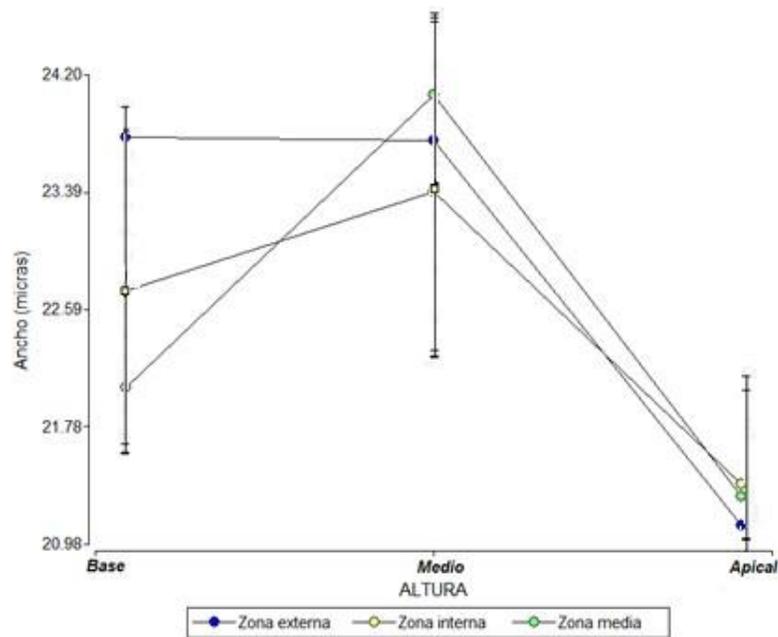


Figura 20. Variación del diámetro de fibras a diferentes niveles de altura en el árbol.

Este resultado coincide con lo reportado por León H (2010) quien reporta que no se observó ningún patrón de variación.

La uniformidad en el diámetro de fibras a lo largo y ancho del fuste de los árboles de *Swietenia macrophylla* también contribuye positivamente a la estabilidad y a las características mecánicas de su madera.

C. Diámetro de Lumen de fibras

El cuadro 10 y figura 21 muestra los resultados del ANDEVA para la variable lumen de fibras.

Cuadro 10. Resultados del análisis de varianza para la variable lumen de fibras.

Fuente de variación	Valor F	Valor P	C.V %
Árbol	9.39	0.0035 *	5.78
Altura	1.34	0.358 NS	
Zona	0.51	0.6137 NS	
Altura * Zona	0.39	0.8136 NS	

NS: ($P > 0.05$), *: significativo ($0.05 < P < 0.01$), **: altamente significativo ($P > 0.01$)

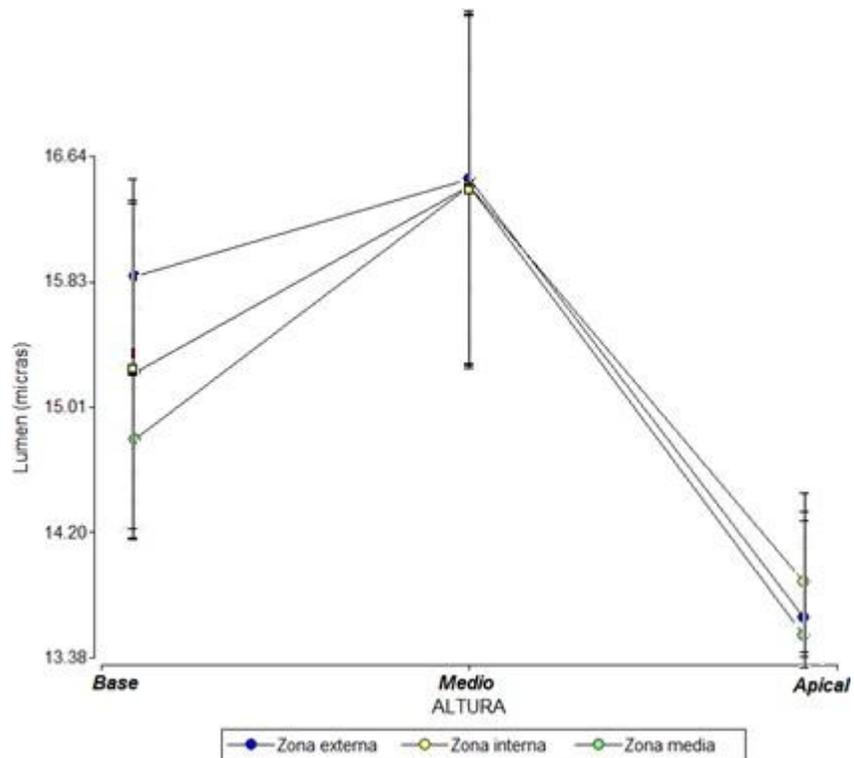


Figura 21. Variación del ancho de lumen de fibras a diferentes niveles de altura en el árbol.

El análisis estadístico ($\alpha=0.05$) de la variación lumen de fibras indica que no existe diferencia significativa tanto en sentido axial ($P=0.35$) ni en sentido transversal ($P=0.61$), la interacción Altura * Árbol ($P=0.0001$) no presentó diferencia significativa. Es decir que el ancho del lumen de las fibras se mantiene constante a cualquier altura y a cualquier distancia desde la médula a la corteza en una sección transversal. Es decir, se tienen fibras estadísticamente uniformes.

La figura 21 muestra que comportamiento del ancho de lumen presenta un patrón similar al ancho de fibra, con incremento de la base hacia la parte media y luego una disminución hacia la parte apical; sin embargo, las diferencias no son significativas estadísticamente.

Las diferencias significativas que se presentan entre árboles son normales y esperadas, pues reflejan las diferencias en calidad del sitio en el que crecen los árboles.

D. Grosor de la pared de fibras

El cuadro 11 y figura 22 muestran los resultados del ANDEVA para la variable pared de fibras.

Cuadro 11. Resumen del análisis de varianza de pared de fibras de *S. macrophylla* King.

Fuente de variación	Valor F	Valor P	CV %
Árbol	30.95	<0.0001 *	5.11
Altura	0.09	0.9165 NS	
Zona	0.92	0.4252 NS	
Altura * Zona	2.19	0.1314 NS	

NS: ($P > 0.05$), *: significativo ($0.05 < P < 0.01$), **: altamente significativo ($P > 0.01$)

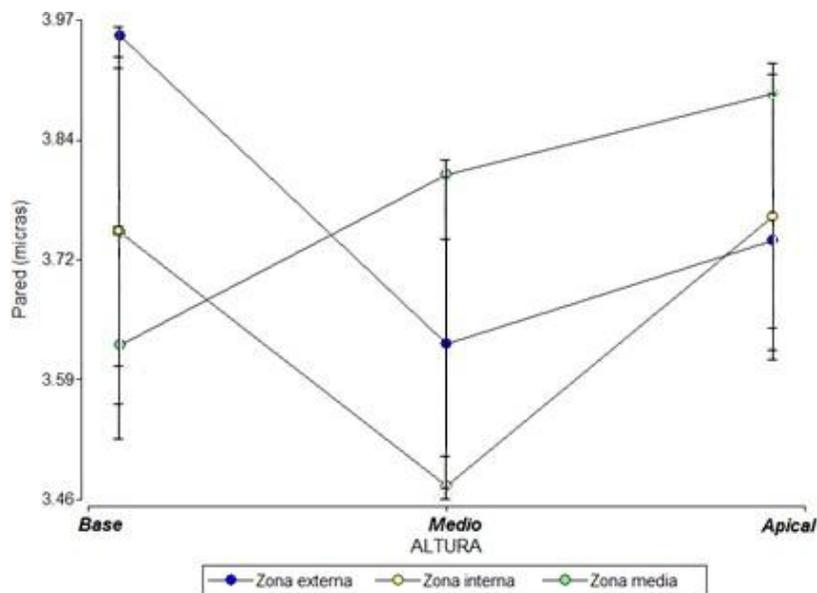


Figura 22. Variación del grosor de pared de fibras a diferentes niveles de altura en el árbol.

El análisis estadístico ($\alpha=0.05$) de la variación del espesor de la pared de la fibra no presenta diferencias significativas en sentido axial ($P=0.91$), en sentido transversal ($P=0.42$) ni en la interacción Altura*Zona. La figura 22 del grosor de pared de fibra muestra una disminución de la zona externa hacia la interna, este comportamiento también puede observarse de la base hacia la parte media, seguido de un ligero incremento en la parte apical. También puede observarse en la zona media de la rodela incremento desde la base hasta la parte apical; sin embargo, esa tendencia no muy ligera y no es estadísticamente significativa.

Nuevamente hay un factor, en este caso el grosor de pared celular de las fibras, que se muestra uniforme a lo largo y ancho del fuste, lo cual le da uniformidad a la madera de *S. macrophylla* y contribuye positivamente a generar las propiedades típicas de la misma.

Un factor para tomarse en cuenta es la longevidad de los árboles utilizados en este estudio, siendo aproximadamente de 65 años, lo que implica que tengan mayor estabilidad en cuanto a sus características anatómicas, también es importante resaltar que se trabajaron tres alturas del fuste y no solamente las alturas correspondientes a la base y DAP (Diámetro a la altura del pecho). Los resultados de estudios anteriores se enfocan únicamente en las variables: longitud de fibra, no se tienen datos de diámetro de fibra, diámetro de lumen o para el grosor de pared.

2.5.2 Elementos del vaso

Los elementos del vaso poseen placa de perforación simple (figura 23) de longitud media $441.93 \mu\text{m} \pm 69.18 \mu\text{m}$, diámetro medio $160 \mu\text{m} \pm 23.47 \mu\text{m}$, diámetro medio del lumen $148.83 \mu\text{m} \pm 37.02 \mu\text{m}$ y espesor medio de pared $5.71 \mu\text{m} \pm 1.60 \mu\text{m}$, datos que se observan en el cuadro 12.

Cuadro 12. Cuadro resumen de la media, desviación estándar, mínimo y máximo. Medidas en micras.

Variable	Media	D.E.	CV (%)	Min	Máx
Longitud	441.93	69.18	15.66	228.07	635.80
Diámetro	160.25	37.61	23.47	44.47	303.21
Lumen	148.83	37.02	24.87	37.19	293.18
Pared	5.71	1.60	28.00	1.22	14.75

Según el cuadro 4, que clasifica a los elementos de vaso según el diámetro total; los vasos de *S. macrophylla* son "Grandes" con un valor medio de $160 \mu\text{m}$, una desviación estándar de $37.61 \mu\text{m}$, un rango de $44.47 \mu\text{m}$ a $303.21 \mu\text{m}$. El diámetro de los vasos es considerablemente mayor en los árboles de *S. macrophylla* de aproximadamente 65 años de edad, el estudio realizado por Ruiz Hernández, *et al* (2006) reportan datos de diámetro,

una media de 115.94 μm , rango de 79.12 μm a 162.39 μm y una desviación estándar de 25.27 μm para individuos provenientes de plantaciones con 10 años de edad en donde el amplio rango que se presenta en ambos estudios indica la variabilidad que existe en los vasos.

En la figura 23 puede observarse un elemento del vaso de mayor diámetro que los observados en la figura 24, ambos provenientes del mismo árbol. La madera utilizada para este estudio proviene de árboles de aproximadamente 65 años, con diámetros comprendidos entre 40 cm – 100 cm.

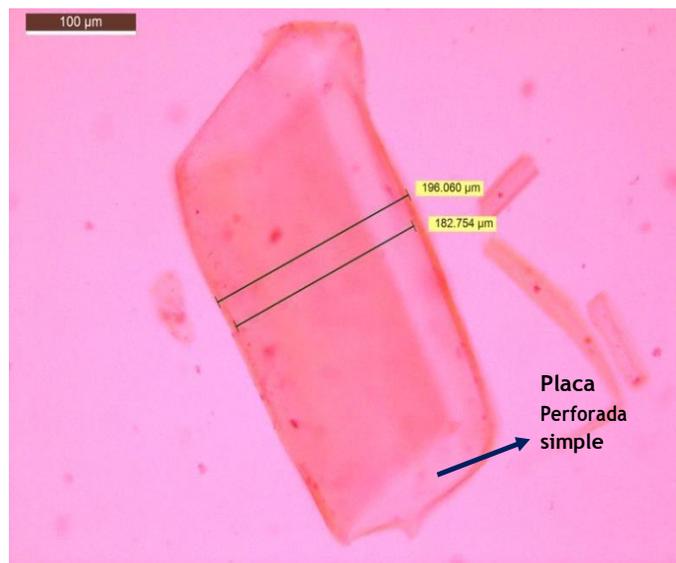


Figura 23. Vaso sección apical, vista 20X

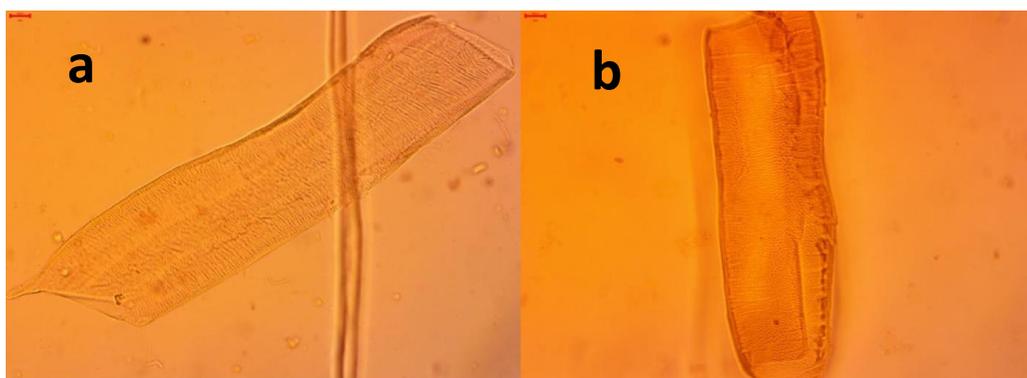


Figura 24. Elementos de los vasos del xilema de *S. macrophylla* King.

a) *Elemento del vaso sección media, vista 20 X.* b) *Elemento del vaso sección basal, vista*

20 X.

A. Longitud de elementos del vaso

El cuadro 13 y figura 25 muestran los resultados del ANDEVA para la variable longitud de elemento del vaso.

Cuadro 13. Resumen del análisis de varianza para longitud de elemento del vaso.

Fuente de variación	Valor F	Valor P	CV %
Árbol	6.22	0.014 **	5.61
Altura	4.04	0.1098 NS	
Zona	0.21	0.8131 NS	
Altura * Zona	0.23	0.9187 NS	

NS: ($P > 0.05$), *: significativo ($0.05 < P < 0.01$), **: altamente significativo ($P > 0.01$)

El análisis estadístico ($\alpha = 0.05$) del cuadro 13 de la variación de la longitud de elementos del vaso demuestra que no existe diferencia significativa en sentido axial ($P = 0.10$), así como en sentido radial ($P = 0.81$), la interacción Altura*Zona ($P = 0.918$) tampoco presentó una diferencia significativa, es decir que la variación de la longitud de los elementos del vaso se mantiene homogénea a diferentes alturas y a diferentes distancias dentro de la sección transversal de la médula hacia la corteza.

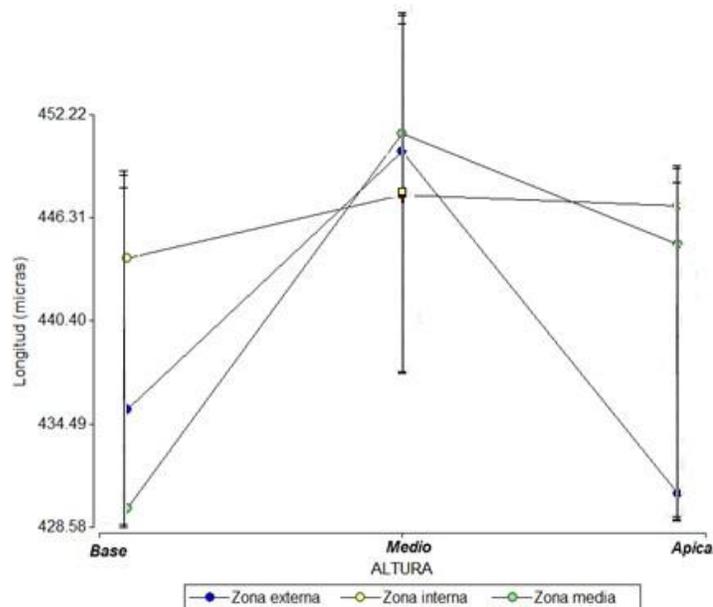


Figura 25. Variación de la longitud de elementos del vaso a diferentes niveles de altura en el árbol.

En sentido radial, se coincide con León H (2010) quien también reporta una longitud constante a través de toda la sección transversal, mientras que en sentido axial encontró un aumento desde la base hasta el nivel de altura de pecho, sin embargo señala que Rulliaty y América (1995) encontraron en individuos de *S. macrophylla* de tres edades de plantación en Indonesia una tendencia a disminuir de la longitud de los elementos vasculares con el aumento en el nivel de altura del tallo, mientras que para la sección transversal no se encontraron diferencias significativas con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$), e indica que éste comportamiento difiere de lo observado por (Rulliaty y America, 1995) donde los elementos vasculares reportan diferencias significativas entre la longitud de los adyacentes a la médula y los que se ubican cerca de la zona cambial en todos los individuos estudiados.

En la figura 25 se puede observar en la longitud de los elementos vasculares una ligera tendencia a aumentar desde la base hasta la parte media y luego disminuir en la parte apical antes de la primera bifurcación, sin embargo, las diferencias no son estadísticamente significativas. Es importante señalar que los estudios mencionados se realizaron con árboles jóvenes, mientras que el presente estudio utilizó madera proveniente de árboles maduros.

B. Diámetro del elemento del vaso

El cuadro 14 y figura 26 muestran los resultados del ANDEVA para la variable ancho del elemento del vaso.

Cuadro 14. Resumen del análisis de varianza para ancho del elemento del vaso.

Fuente de variación	Valor F	Valor P	CV %
Árbol	2.47	0.1262 NS	10.16
Altura	1.60E-03	0.9984 NS	
Zona	0.6	0.5668 NS	
Altura * Zona	0.24	0.9122 NS	

NS: ($P>0.05$), *: significativo ($0.05<P<0.01$), **: altamente significativo ($P>0.01$)

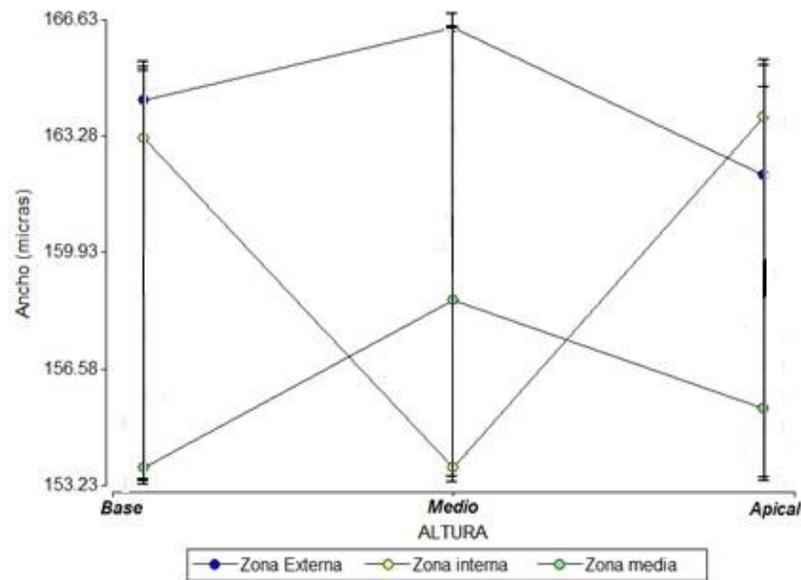


Figura 26. Variación del diámetro total de elementos del vaso a diferentes niveles de altura en el árbol.

El análisis estadístico ($\alpha=0.05$) (cuadro 14) de la variabilidad del ancho de los elementos del vaso indica que no existe diferencia significativa en sentido axial ($P=0.9984$), en sentido transversal ($P=0.5668$) ni en la interacción Altura*Zona ($P=0.9122$).

Estos resultados demuestran que el ancho de los elementos del vaso se mantiene homogéneo a cualquier altura dentro del fuste y a cualquier distancia de la médula, que no coincide con los resultados de León H (2010), quien realizó la medición de esta variable en cortes transversales como diámetro de poros, en donde encontró que en sentido radial; el menor valor promedio del diámetro de los poros se encuentra en las muestras correspondientes a la médula y mostró en general una tendencia al incremento desde las adyacencias de la médula hasta $\frac{3}{4}$ del radio y luego una tendencia a disminuir hasta las adyacencias de la zona cambial.

Mientras que en sentido longitudinal los resultados de la presente investigación no coinciden con León H (2010) quien reportó un incremento ascendente significativo entre las alturas de la base y a los 1.30 m, sin embargo, sí se coincide con Rulliaty y America (1995) quienes no encontraron diferencias significativas en la altura, de nuevo es importante señalar que la madera del presente estudio proviene de árboles maduros, lo que le confiere una mayor uniformidad en las características anatómicas.

C. Diámetro del lumen de los elementos de los vasos

El cuadro 15 y figura 27 muestran los resultados del ANDEVA para la variable lumen del elemento del vaso.

Cuadro 15. Resumen del análisis de varianza para el diámetro de lumen de los elementos de los vasos.

Fuente de variación	Valor F	Valor P	CV %
Árbol	2.4	0.1327 NS	10.38
Altura	2.50E-03	0.9975 NS	
Zona	0.64	0.5464 NS	
Altura * Zona	0.2	0.9315 NS	

NS: ($P > 0.05$), *: significativo ($0.05 < P < 0.01$), **: altamente significativo ($P > 0.01$)

El análisis estadístico ($\alpha = 0.05$) (cuadro 15) de la variabilidad del ancho de lumen de los elementos del vaso demuestra que no existe diferencia significativa en sentido axial ($P = 0.9975$), transversal ($P = 0.5464$) ni en la interacción Altura*Zona ($P = 0.9315$).

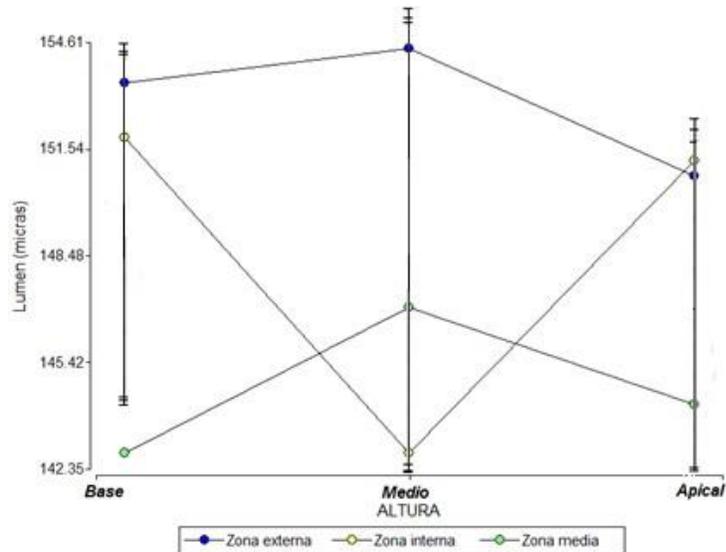


Figura 27. Variación del ancho lumen de elementos del vaso a diferentes niveles de altura en el árbol.

Es decir que a cualquier altura y a cualquier distancia dentro de la rodela el ancho del lumen se mantiene homogéneo. En la figura 27 se observa que el lumen presenta una

ligera interacción, sin embargo, las desviaciones estándar muestran intersección, es decir que esta diferencia no es significativa.

D. Grosor de la pared de los Elementos de los Vasos

En el cuadro 16 y figura 28 se muestran los resultados del ANDEVA para la variable lumen del elemento del vaso

Cuadro 16. Resumen del análisis de varianza para grosor de pared del elemento del vaso.

Fuente de variación	Valor F	Valor P	CV %
Árbol	4.06	0.045 **	10.93
Altura	0.34	0.7317 NS	
Zona	0.23	0.8015 NS	
Altura * Zona	0.81	0.5427 NS	

NS: ($P > 0.05$), *: significativo ($0.05 < P < 0.01$), **: altamente significativo ($P > 0.01$)

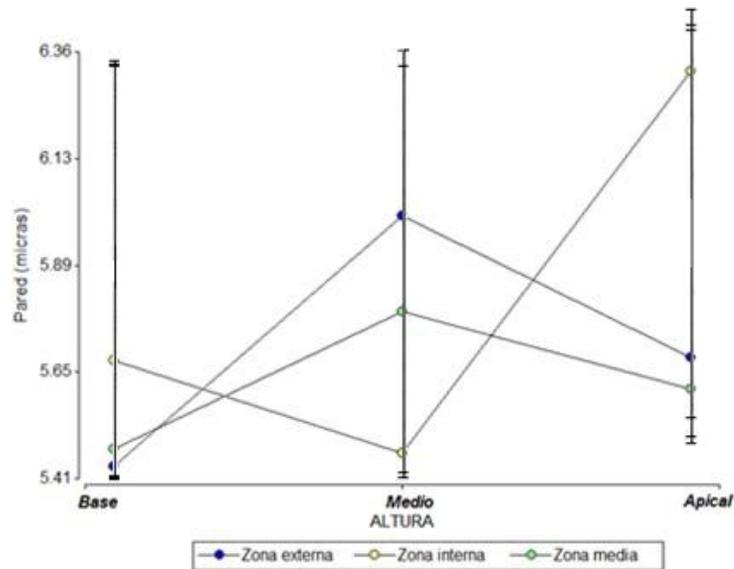


Figura 28. Variación del grosor de pared de elementos del vaso a diferentes niveles de altura en el árbol.

El análisis estadístico ($\alpha = 0.05$) (cuadro 16) de la variabilidad del grosor de pared de los elementos del vaso indica que no existe diferencia significativa tanto en sentido axial ($P = 0.7317$), radial ($P = 0.8015$) ni en la interacción Altura*Zona ($P = 0.5427$), es decir que el

grosor de la pared de los elementos del vaso se mantiene constante a diferentes alturas y distancias de la médula hacia la corteza. El árbol (bloque) presenta una significancia que puede ser justificada por la variabilidad genética entre los individuos analizados.

Las variaciones estándar de las medias se intersecan, lo cual confirma que no hay diferencias significativas en el grosor de pared a lo largo y ancho del fuste. Si bien se observa tiene un aumento de la base a la parte media del árbol para las zonas externa y media, mientras que para la zona interna se observa una disminución de la base a la parte media y luego un aumento en la parte apical, estas variaciones no son significativamente diferentes.

Esto no coincide con (León H. 2010) quien en sentido longitudinal reporta una tendencia a aumentar desde la base hacia la altura del pecho y de igual manera Rulliaty y America (1995) citados por León H. (2010) señalan que en individuos de *S. macrophylla* de tres edades de plantación, la tendencia es a disminuirla longitud de los elementos vasculares con el nivel de altura del tallo. De nueva, a diferencia de las investigaciones citadas, en la presente se realizó el análisis en fustes de árboles maduros.

2.6 CONCLUSIONES

- ✓ El Análisis de Varianza ($\alpha=0.05$) señala que no existe una variación significativa en sentido axial y radial de la longitud, ancho, lumen y grosor de pared de las fibras. También determinó que la variabilidad entre árboles de la misma especie no es significativa. Con esto se evidencia que la madera de caoba *S. macrophylla* King presenta fibras estadísticamente uniformes tanto a lo largo del fuste como a través de las secciones transversales.
- ✓ El Análisis de Varianza ($\alpha=0.05$) señala que no existe una variación significativa en sentido axial y radial de la longitud, ancho, lumen y grosor de pared de los elementos de los vasos del xilema. En cuanto a la posible variabilidad entre especímenes; se determinó que la diferencia tampoco es significativa. Lo anterior soporta la afirmación que la madera de caoba *S. macrophylla* King presenta elementos de los vasos estadísticamente uniformes tanto a lo largo del fuste como a través de las secciones transversales.
- ✓ La uniformidad de las medidas de las fibras y de los elementos de los vasos del xilema a lo largo del fuste de los árboles de *S. macrophylla*, así como su orientación vertical son básicas para entender la perfección de la madera de *S. macrophylla*, así como su facilidad de corte.
- ✓ La información generada por la investigación es producto de exploraciones en campo y trabajo de laboratorio, estos datos resultan en un banco de información nueva que respalda información ya generada y está disponible para los nuevos investigadores.

2.7 RECOMENDACIONES

1. En el campo de la investigación se recomienda continuar con el análisis de la variabilidad de la madera de *S. macrophylla* teniendo en cuenta el rango de distribución de la especie, con el fin de determinar si se cumplen los patrones de comportamiento presentados en el trabajo.
2. El aprovechamiento de la especie estudiada en el presente trabajo dentro del territorio nacional se encuentra regulado por planes de manejo, sin embargo, debe elaborarse un plan de propagación y conservación para implementar estrategias que permitan la conservación, de la especie tanto en términos comerciales como de diversidad genética.
3. El laboratorio puede aportar información a entidades encargadas de la conservación y propagación de la especie ya que genera información relacionada con la biología y ecología dentro del país.

2.8 BIBLIOGRAFÍA

1. Adolfo Basil, J. G. 2007. Diversidad genética en poblaciones de *Swietenia macrophylla* King (Meliaceae) en Costa Rica y Bolivia (en línea). Costa Rica, CATIE. Recuperado de:
<http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A1313E/A1313E.PDF>
2. Aguilar Cumes, J.M; Aguilar Cumes, M. A. 1992. Árboles de la Biosfera Maya Petén, guía para las especies del Parque Nacional Tikal. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Escuela de Biología, Centro de Estudios Conservacionistas (CECON).
3. Aguilar Rodríguez, S; Castro Plata, B. J. 2006. Anatomía de la madera de doce especies del bosque mesófilo de montaña del Estado de México (en línea). *Madera y Bosques* 12(1):95-115. Disponible en:
http://www1.inecol.edu.mx/myb/resumeness/12.1/MB_2006_12-1_095-115.pdf
4. Caballeros, H. 2012. Tecnología de la madera: Estructura de las maderas latifoliadas (en línea). Consultado 10 oct. 2016. Disponible en:
<https://sites.google.com/site/tecnologiadelamadera/el-arbol/anatomia-del-arbol/latifoliadas>.
5. Comité de Flora. 2011. Informe sobre la labor realizada por el grupo de trabajo sobre la caoba de hoja ancha y otras especies maderables neotropicales; Cuestiones sobre la madera (en línea). Consultado 20 mar. 2011. Disponible en:
<http://www.itto.int/files/user/cites/meetings/Informe%20final%20con%20agenda.pdf>
6. CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Guatemala). 2006. Informe nacional. III Reunión del Grupo de Trabajo de CAOBA (en línea). Junio de 2006. Consultado 20 jun. 2016. Disponible en:
<http://www.cites.org/common/prog/mwg/MWG3/Guatemala.pdf>
7. Curtis Patiño, J. 1986. Microtecnia vegetal. México, Trillas.
8. FAO, Italia. 2002. Estado de la diversidad biológica de los árboles y bosques de Guatemala (en línea). Roma, Italia, FAO, Depósito de Documentos de la FAO. Consultado set. 2014. Disponible en
<http://www.fao.org/docrep/007/j0605s/j0605s03.htm>
9. Flores-Vindas, E. M. 1999. La planta: estructura y función. Cartago, Libro Universitario Regional.
10. Gattuso, M. A.; Gattuso, S. J. 1999. Manual de procedimientos para el análisis de drogas en polvo y otros. Argentina: Editorial de la Universidad Nacional del Rosario.
11. Geilfus, F. 1989. El árbol al servicio del agrigultor: Manual de agroforestería para el desarrollo rural. Santo Domingo, Enda-Caribe / CATIE.
12. Guardabosques USB, Venezuela. 2010. Caoba *Swietenia macrophylla*. Guardabosques Voluntarios de la Universidad Simón Bolívar (en línea). Venezuela, Universidad Simón Bolívar. Consultado 20 set. 2015. Disponible en: <https://guardabosqueusb.wordpress.com/conoce-nuestras-plantas/caoba-swietenia-macrophylla/>

13. Herrera Sosa, M. E., Saravia Molina, J.E, Castillo Mont, J.J, López Bautista, E., Alonzo de León, W.G, Morales Toledo, M., Hernández López, J., Liquez Castillo, M.A., Choxom Chamorro, E.P., Ruiz Mazariegos, P.I. 2016. Manual para la identificación y descripción botánica y de la madera de las especies forestales de Guatemala incluidas en el listado II de CITES. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Editorial Universitaria.
14. IAWA (International Association of Wood Anatomist, US). 1989. Features for hardwoods identification. US.
15. Instituto de Educación Secundaria les Villalba Hervás, España. 2007. La madera: Materiales de uso técnico (en línea). España. Consultado 20 set. 2016. Disponible en: http://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2010/02/materiales_made_ra.pdf.
16. INAB (Instituto Nacional de Bosques, Guatemala); IARNA-URL (Universidad Rafael Landívar, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, Guatemala). 2012. Primer informe nacional sobre el estado de los recursos (en línea). Guatemala. Consultado 20 set. 2016. Disponible en: <http://www.sifgua.org.gt/Documentos/Informes/informe%20Recursos%20gen%20C%3%A9ticos%20forestales%20GT%202012.pdf>. ISBN: 978-9929-587-93-9.
17. INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, Guatemala). 2014. Zonas climáticas de Guatemala (en línea). Guatemala.
18. IGN (Instituto Geográfico Nacional, Guatemala). 1982. Mapa del departamento de Petén (en línea). Guatemala. Consultado 25 set. 2016. Disponible en: <http://www.ign.gob.gt/servicios-wms-tematicos.html#dad>.
19. Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; Gonzalez, L.; Tablada, M.; Robledo, C.W. 2015. InfoStat versión 2015; Grupo InfoStat, FCA (en línea). Argentina, Universidad Nacional de Córdoba. Consultado 2 feb. 2016. Disponible en: <http://www.infostat.com.ar>.
20. Johansen, D. 1960. Plant microtechnique. New York, McGraw-Hill Book Company.
21. León, H.; Williams, J. ; Espinoza de P., N. 2001. Anatomía de la madera. Mérida, Venezuela, Universidad de los Andes, Consejo de Publicaciones.
22. León, H.; Williams, J. 2010. Variabilidad de la madera de *Swietenia macrophylla* King. proveniente de plantaciones de 10 años de edad (Caparo, estado Barinas, Venezuela) (en línea). Revista Forestal Venezolana 54(2). Consultado 10 nov. 2015. Disponible en: http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/32523/1/art5_williamsleon.pdf.
23. León, H.; Williams, J. ; Espinoza de Pernía, N. 1999. Variabilidad de la madera de *Cordia thaisiana* (Boraginaceae) en sentido longitudinal (en línea). Revista Forestal Venezolana 43(1):33-41. Consultado 12 oct. 2015. Disponible en: http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/24218/1/articulo43_1_4.pdf.
24. López Bautista, E.A. y González Ramírez, B.H. 2006. Diseño y análisis de experimentos fundamentos y aplicaciones en agronomía. Guatemala :

- FAUSAC, 2006.
25. Medina, A.A.; Dionisio, N.M.; Laffitte, L.N.; Andía, I.R.; Rivera, S.M. 2013. Variación radial y axial de longitud de fibras y elementos de los vasos en *Nothofagus nervosa* (Nothofagaceae) de la Patagonia Argentina (en línea). *Madera y Bosques* 19(2). Consultado 10 oct. 2015. Disponible en: <http://www1.inecol.edu.mx/myb/resumeness/19.2/myb1920719.pdf>.
 26. Mejía, L. C. 2010. Conceptos básicos sobre la madera (en línea). Consultado 15 nov. 2015. Disponible en: Biblioteca Virtual Luis Ángel Arango, <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ciencias/sena/carpinteria/madera/made ra1a.htm>.
 27. Morales Mérida, J. 2003. Manual de conservación de suelos. Guatemala, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA). p. 83.
 28. OFI/CATIE, Costa Rica. 2003. Árboles de centroamérica un manual para extensionistas. Costa Rica.
 29. Orwa, C; Mutua, A; Kindt, R; Jamnadass, R; Simons, A. 2009. Agroforestry Database; A tree reference and selection guide (en línea). Consultado 20 set. 2015. Disponible en: <http://www.worldagroforestry.org/af/treedb/>.
 30. Pashin, A. J; De Zeeuw, C. 1980. Textbook of wood technology structure, identification, properties and uses of the commercial woods of the United States and Canada. United States, McGraw-Hill.
 31. Ruiz Hernández, M; Borja-De la Rosa, A.; Fuentes-Salinas, M.; Musálem Santiago, M. A. 2006. Características anatómicas y propiedades físico-mecánicas de *Swietenia macrophylla* King. proveniente de plantaciones del estado de Campeche (en línea). Campeche, México, Universidad de Chapingo, División de Ciencias Forestales. Consultado 15 ago. 2015. Disponible en: http://portal.chapingo.mx/dicifo/posgrado/articulos/2006/ruiz_hernandez_marcos_2006.pdf.
 32. SEGEPLAN (Secretaría General de Planificación y Programación de la Presidencia, Guatemala). 2013. Diagnóstico territorial de Petén; Petén 2032 (en línea). Guatemala. Consultado 20 feb. 2016. Disponible en: <http://www.segeplan.gob.gt/downloads/PDI%20Pet%C3%A9n%202032%20D ia gn%C3%B3stico.pdf>.
 33. Standley, P; Steyermark, J. 1946. Flora of Guatemala. Chicago, US, Chicago Natural History Museum, Fieldiana Botany, v. 24, 13 pts.
 34. Pierart, I. 2011. Anatomía de la madera (en línea). Consultado 22 jun. 2016. Disponible en: <https://es.slideshare.net/izaulparra/anatoma-de-la-madera-7482451>.
 35. Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú. 2014. Laboratorio de anatomía e identificación de maderas (en línea). Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ciencias Forestales Departamento de Industrias Forestales. Consultado 15 jun. 2015. Disponible en: http://www.lamolina.edu.pe/FACULTAD/forestales/lab_anatomia_maderas/curso s.htm.
 36. Rosero-Alvarado, J; Perez Chaves, P.; Moreano, V.; Vera Arabe, A.; Ortega

Rodriguez, D. R.; Tapia Ghersi, A. A.; Llacsahuanga Salazar, J.; Coronado Werner, P.; Zuñiga Carrillo, C; Lozano Alvarez, C.; Silveira Lobão, M.; Chavesta Custodio, M. 2010. Aplicación de la técnica de análisis de imagen digital para caracterización y medición de elementos xilémicos de especies forestales (en línea). Perú, Universidad Nacional del Centro de Huancayo, Facultad de Ciencias Forestales y Ambiente. Consultado 15 oct. 2016.

Disponible en:

http://www.lamolina.edu.pe/FACULTAD/forestales/lab_anatomia_maderas/pdf/i mage.pdf.

37. Velásquez Méndez, L. E. 2009. Anatomía y propiedades físicas de *Dialium guianense* (Aubl.) Sandwith, *Pouteria gallifruca* Cronquist y *Genipa americana* var. *caruto* (Kunth) K. Schum, especies arbóreas secundarias, Barillas, Huehuetenango. Huehuetenango, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía.
38. Wiedenhoeft, A. C. 2011. Identificación de las especies maderables de Centro América. Estados Unidos de América, Sociedad de Productos Forestales.

2.9 ANEXOS

2.9.1 Fotografías tomadas durante el desarrollo de la investigación.



Figura 29A. Elaboración de las rodelas para el estudio.



Figura 30A. Identificación de las diferentes secciones y árbol al que pertenecen

2.9.2 Datos de las mediciones de las fibras de *S. macrophylla* King.

En el siguiente cuadro se muestran las mediciones de las fibras de un árbol.

Cuadro 17A. Datos obtenidos de las mediciones de fibras, medidas en micras.

ARBOL	ALTURA	ZONA	MUESTRA	LONG	ANCHO	LUMEN	PARED
1	A_BASAL	1	1	1177.18	21.36	12.31	4.53
1	A_BASAL	1	2	1379.77	21.26	14.17	3.55
1	A_BASAL	1	3	1549.01	20.02	12.12	3.95
1	A_BASAL	1	4	1062.16	18.22	10.66	3.78
1	A_BASAL	1	5	1351.22	21.85	10.80	5.53
1	A_BASAL	1	6	1268.49	20.36	12.31	4.03
1	A_BASAL	1	7	1354.57	20.28	11.21	4.54
1	A_BASAL	1	8	1014.58	19.20	11.30	3.95
1	A_BASAL	1	9	1177.99	25.12	15.58	4.77
1	A_BASAL	1	10	1145.33	25.60	16.70	4.45
1	A_BASAL	1	11	1003.64	20.31	10.91	4.70
1	A_BASAL	1	12	1051.06	21.67	11.21	5.23
1	A_BASAL	1	13	1253.11	26.32	13.36	6.48
1	A_BASAL	1	14	1445.16	27.14	16.01	5.57
1	A_BASAL	1	15	1353.88	25.26	16.36	4.45
1	A_BASAL	1	16	1265.43	24.54	15.43	4.56
1	A_BASAL	1	17	1167.18	29.86	18.99	5.44
1	A_BASAL	1	18	1366.99	28.22	17.56	5.33
1	A_BASAL	1	19	1110.58	22.67	13.96	4.36
1	A_BASAL	1	20	1156.65	29.19	21.69	3.75
1	A_BASAL	2	1	1276.30	28.47	17.94	5.27
1	A_BASAL	2	2	1067.52	26.40	17.45	4.48
1	A_BASAL	2	3	1145.13	28.46	19.30	4.58
1	A_BASAL	2	4	1379.24	27.40	17.88	4.76
1	A_BASAL	2	5	1143.70	25.30	18.45	3.43
1	A_BASAL	2	6	1158.20	25.45	14.20	5.63
1	A_BASAL	2	7	1118.19	20.86	11.41	4.73
1	A_BASAL	2	8	1500.16	24.60	17.15	3.73
1	A_BASAL	2	9	1258.41	22.40	13.76	4.32
1	A_BASAL	2	10	1305.59	17.45	10.51	3.47
1	A_BASAL	2	11	1012.27	20.10	11.09	4.51
1	A_BASAL	2	12	1274.68	20.67	11.60	4.54
1	A_BASAL	2	13	1395.85	18.58	10.73	3.93
1	A_BASAL	2	14	1408.78	22.33	12.40	4.97
1	A_BASAL	2	15	1196.44	24.24	18.18	3.03

ARBOL	ALTURA	ZONA	MUESTRA	LONG	ANCHO	LUMEN	PARED
1	A_BASAL	2	16	1454.56	19.97	10.21	4.88
1	A_BASAL	2	17	1421.49	21.52	10.67	5.43
1	A_BASAL	2	18	1226.41	20.53	11.29	4.62
1	A_BASAL	2	19	1381.75	20.42	12.12	4.15
1	A_BASAL	2	20	1112.31	23.23	11.09	6.07
1	A_BASAL	3	1	1159.39	23.93	17.26	3.34
1	A_BASAL	3	2	1495.91	21.67	12.12	4.78
1	A_BASAL	3	3	1150.89	21.03	15.68	2.68
1	A_BASAL	3	4	1074.00	20.02	12.46	3.78
1	A_BASAL	3	5	1401.75	25.44	16.14	4.65
1	A_BASAL	3	6	1276.47	20.83	13.49	3.67
1	A_BASAL	3	7	1295.42	24.99	16.23	4.38
1	A_BASAL	3	8	1229.86	19.47	12.46	3.51
1	A_BASAL	3	9	1407.38	22.40	14.34	4.03
1	A_BASAL	3	10	1422.76	23.74	13.97	4.89
1	A_BASAL	3	11	1226.42	20.79	11.09	4.85
1	A_BASAL	3	12	1246.88	22.10	13.40	4.35
1	A_BASAL	3	13	1492.21	25.45	17.32	4.07
1	A_BASAL	3	14	1350.22	23.86	16.52	3.67
1	A_BASAL	3	15	1391.19	21.48	10.45	5.52
1	A_BASAL	3	16	1242.78	23.11	15.49	3.81
1	A_BASAL	3	17	1086.78	25.02	13.94	5.54
1	A_BASAL	3	18	1489.07	22.09	12.88	4.61
1	A_BASAL	3	19	1101.95	27.08	18.03	4.53
1	A_BASAL	3	20	1129.52	21.81	13.25	4.28
1	A_MEDIA	1	1	1025.02	26.36	19.14	3.61
1	A_MEDIA	1	2	989.60	23.54	19.76	1.89
1	A_MEDIA	1	3	1304.45	22.33	15.07	3.63
1	A_MEDIA	1	4	1209.51	21.08	15.79	2.65
1	A_MEDIA	1	5	1275.04	28.82	21.19	3.82
1	A_MEDIA	1	6	1271.81	18.90	14.23	2.34
1	A_MEDIA	1	7	1115.27	28.73	23.81	2.46
1	A_MEDIA	1	8	1228.91	18.72	13.98	2.37
1	A_MEDIA	1	9	1072.43	22.41	12.73	4.84
1	A_MEDIA	1	10	1213.84	27.89	18.33	4.78
1	A_MEDIA	1	11	1039.88	25.89	16.87	4.51
1	A_MEDIA	1	12	932.74	22.99	13.70	4.65
1	A_MEDIA	1	13	1105.80	19.81	10.15	4.83
1	A_MEDIA	1	14	1121.30	22.58	17.40	2.59
1	A_MEDIA	1	15	1053.28	26.09	17.42	4.34

ARBOL	ALTURA	ZONA	MUESTRA	LONG	ANCHO	LUMEN	PARED
1	A_MEDIA	1	16	1108.23	29.39	17.57	5.91
1	A_MEDIA	1	17	1010.52	25.91	19.95	2.98
1	A_MEDIA	1	18	1036.10	24.41	16.84	3.79
1	A_MEDIA	1	19	1117.55	21.34	11.21	5.07
1	A_MEDIA	1	20	1068.30	24.70	16.63	4.04
1	A_MEDIA	2	1	986.15	23.98	16.42	3.78
1	A_MEDIA	2	2	1120.99	26.73	18.69	4.02
1	A_MEDIA	2	3	1318.19	31.42	21.11	5.16
1	A_MEDIA	2	4	1303.01	28.25	21.97	3.14
1	A_MEDIA	2	5	1379.42	31.78	21.29	5.25
1	A_MEDIA	2	6	1494.41	23.43	17.65	2.89
1	A_MEDIA	2	7	1127.03	27.19	20.05	3.57
1	A_MEDIA	2	8	1340.63	21.85	16.14	2.86
1	A_MEDIA	2	9	1123.49	22.51	15.73	3.39
1	A_MEDIA	2	10	1280.80	23.48	15.49	4.00
1	A_MEDIA	2	11	1132.00	27.87	20.32	3.78
1	A_MEDIA	2	12	1130.56	26.22	21.60	2.31
1	A_MEDIA	2	13	1015.77	29.57	21.60	3.99
1	A_MEDIA	2	14	1444.92	27.78	22.54	2.62
1	A_MEDIA	2	15	1212.55	25.76	19.46	3.15
1	A_MEDIA	2	16	1332.61	30.29	20.72	4.79
1	A_MEDIA	2	17	1082.52	28.50	18.69	4.91
1	A_MEDIA	2	18	1363.43	24.41	18.58	2.92
1	A_MEDIA	2	19	1162.02	23.57	16.92	3.33
1	A_MEDIA	2	20	1130.38	21.51	15.10	3.21
1	A_MEDIA	3	1	1014.22	18.66	11.04	3.81
1	A_MEDIA	3	2	1187.91	21.85	13.96	3.95
1	A_MEDIA	3	3	911.04	16.14	10.80	2.67
1	A_MEDIA	3	4	1103.51	25.71	19.01	3.35
1	A_MEDIA	3	5	1226.13	22.30	13.70	4.30
1	A_MEDIA	3	6	1127.21	27.40	20.93	3.24
1	A_MEDIA	3	7	1400.48	20.84	16.06	2.39
1	A_MEDIA	3	8	1329.37	21.03	17.45	1.79
1	A_MEDIA	3	9	979.29	24.82	20.15	2.34
1	A_MEDIA	3	10	1364.95	25.46	20.45	2.51
1	A_MEDIA	3	11	1233.42	23.71	15.97	3.87
1	A_MEDIA	3	12	1260.10	29.22	20.59	4.32
1	A_MEDIA	3	13	1217.50	26.09	19.64	3.23
1	A_MEDIA	3	14	1282.56	21.13	12.31	4.41
1	A_MEDIA	3	15	1302.28	31.39	25.60	2.90

ARBOL	ALTURA	ZONA	MUESTRA	LONG	ANCHO	LUMEN	PARED
1	A_MEDIA	3	16	1239.80	25.31	14.98	5.17
1	A_MEDIA	3	17	1169.30	24.38	16.84	3.77
1	A_MEDIA	3	18	1316.89	19.97	10.67	4.65
1	A_MEDIA	3	19	1119.14	20.74	11.84	4.45
1	A_MEDIA	3	20	1280.40	24.97	18.69	3.14
1	A_APICAL	1	1	1148.08	26.23	18.69	3.77
1	A_APICAL	1	2	1110.86	20.02	12.56	3.73
1	A_APICAL	1	3	1206.97	16.87	9.36	3.76
1	A_APICAL	1	4	1063.81	20.32	11.45	4.44
1	A_APICAL	1	5	1280.25	15.14	9.61	2.77
1	A_APICAL	1	6	1183.28	25.23	17.46	3.89
1	A_APICAL	1	7	1262.62	15.63	6.77	4.43
1	A_APICAL	1	8	1090.71	15.14	7.09	4.03
1	A_APICAL	1	9	1020.49	17.50	11.03	3.24
1	A_APICAL	1	10	1118.41	11.84	4.23	3.81
1	A_APICAL	1	11	1174.14	20.97	11.97	4.50
1	A_APICAL	1	12	1138.59	22.85	16.36	3.25
1	A_APICAL	1	13	1101.93	11.57	7.34	2.12
1	A_APICAL	1	14	1094.91	17.92	13.25	2.34
1	A_APICAL	1	15	999.55	19.33	9.66	4.84
1	A_APICAL	1	16	1013.55	22.40	14.80	3.80
1	A_APICAL	1	17	1082.20	20.93	13.96	3.49
1	A_APICAL	1	18	1006.67	25.71	18.22	3.75
1	A_APICAL	1	19	1261.75	20.98	14.63	3.18
1	A_APICAL	1	20	1002.49	18.58	12.77	2.91
1	A_APICAL	2	1	1154.08	15.33	6.79	4.27
1	A_APICAL	2	2	1057.87	13.55	6.49	3.53
1	A_APICAL	2	3	1145.50	15.97	10.29	2.84
1	A_APICAL	2	4	1138.79	17.81	7.34	5.24
1	A_APICAL	2	5	1223.01	22.67	14.62	4.03
1	A_APICAL	2	6	975.82	21.60	16.03	2.79
1	A_APICAL	2	7	1165.35	20.87	12.41	4.23
1	A_APICAL	2	8	1236.14	23.30	13.95	4.68
1	A_APICAL	2	9	1195.61	18.30	12.47	2.92
1	A_APICAL	2	10	1330.18	20.69	13.58	3.56
1	A_APICAL	2	11	1223.90	22.00	14.11	3.95
1	A_APICAL	2	12	1100.49	18.25	8.26	5.00
1	A_APICAL	2	13	1125.53	21.60	12.57	4.52
1	A_APICAL	2	14	1087.17	18.38	8.49	4.95
1	A_APICAL	2	15	922.29	16.00	8.27	3.87

ARBOL	ALTURA	ZONA	MUESTRA	LONG	ANCHO	LUMEN	PARED
1	A_APICAL	2	16	1421.77	21.57	13.52	4.03
1	A_APICAL	2	17	994.77	25.07	16.30	4.39
1	A_APICAL	2	18	1267.78	24.90	18.40	3.25
1	A_APICAL	2	19	988.64	23.93	12.03	5.95
1	A_APICAL	2	20	1331.81	24.13	14.53	4.80
1	A_APICAL	3	1	1077.02	23.22	14.28	4.47
1	A_APICAL	3	2	930.23	22.61	13.58	4.52
1	A_APICAL	3	3	1051.26	20.37	11.84	4.27
1	A_APICAL	3	4	998.12	17.21	10.23	3.49
1	A_APICAL	3	5	1141.69	15.81	8.82	3.50
1	A_APICAL	3	6	909.30	15.69	9.59	3.05
1	A_APICAL	3	7	1031.15	17.71	9.43	4.14
1	A_APICAL	3	8	1235.25	18.74	9.63	4.56
1	A_APICAL	3	9	1171.90	19.01	11.20	3.91
1	A_APICAL	3	10	911.17	19.89	12.68	3.61
1	A_APICAL	3	11	1062.21	20.18	12.73	3.73
1	A_APICAL	3	12	1052.16	16.72	11.18	2.77
1	A_APICAL	3	13	1277.74	19.35	10.59	4.38
1	A_APICAL	3	14	1089.67	18.29	10.50	3.90
1	A_APICAL	3	15	1159.46	22.55	15.63	3.46
1	A_APICAL	3	16	928.80	21.16	15.61	2.78
1	A_APICAL	3	17	1020.65	18.30	10.40	3.95
1	A_APICAL	3	18	1276.47	20.31	13.40	3.46
1	A_APICAL	3	19	1031.70	18.70	10.43	4.14
1	A_APICAL	3	20	1002.12	18.20	10.23	3.99

2.9.3 Mediciones de los elementos de los vasos de *S. macrophylla* King.

En el siguiente cuadro se muestran las mediciones de los elementos de los vasos de un árbol.

Cuadro 18A. Datos obtenidos de las mediciones de fibras, medidas en micras.

ARBOL	ALTURA	ZONA	MUESTRA	LONG	ANCHO	LUMEN	PARED
1	A_BASAL	1	1	461.42	180.24	168.00	6.12
1	A_BASAL	1	2	381.89	208.93	200.34	4.30
1	A_BASAL	1	3	342.85	133.31	120.18	6.57
1	A_BASAL	1	4	448.62	159.36	145.60	6.88
1	A_BASAL	1	5	450.82	172.96	160.38	6.29

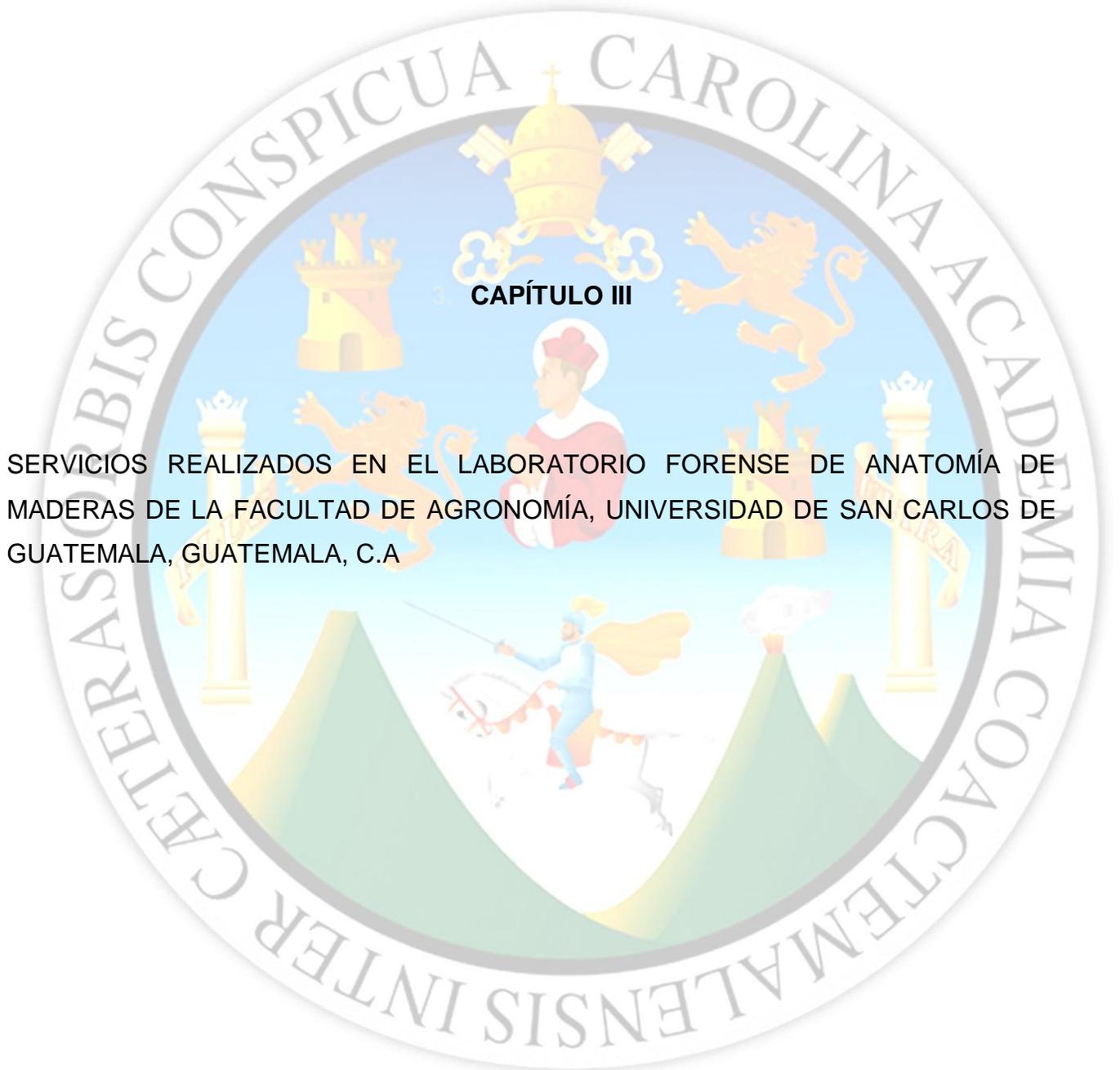
ARBOL	ALTURA	ZONA	MUESTRA	LONG	ANCHO	LUMEN	PARED
1	A_BASAL	1	6	373.97	186.94	173.64	6.65
1	A_BASAL	1	7	417.00	123.48	110.66	6.41
1	A_BASAL	1	8	455.78	199.83	185.88	6.98
1	A_BASAL	1	9	435.26	162.66	149.38	6.64
1	A_BASAL	1	10	533.39	115.15	107.15	4.00
1	A_BASAL	1	11	429.30	190.23	180.65	4.79
1	A_BASAL	1	12	361.72	163.80	150.35	6.73
1	A_BASAL	1	13	591.16	152.80	145.55	3.63
1	A_BASAL	1	14	392.07	139.91	128.31	5.80
1	A_BASAL	1	15	371.49	135.45	127.13	4.16
1	A_BASAL	1	16	472.13	173.47	163.63	4.92
1	A_BASAL	1	17	560.49	236.49	226.41	5.04
1	A_BASAL	1	18	489.66	242.18	233.94	4.12
1	A_BASAL	1	19	498.24	123.33	112.48	5.43
1	A_BASAL	1	20	463.67	180.49	171.48	4.51
1	A_BASAL	2	1	384.39	119.15	110.48	4.33
1	A_BASAL	2	2	342.69	116.18	104.26	5.96
1	A_BASAL	2	3	333.16	141.80	130.55	5.62
1	A_BASAL	2	4	555.16	148.08	141.59	3.24
1	A_BASAL	2	5	409.04	117.66	110.29	3.69
1	A_BASAL	2	6	321.49	186.53	173.41	6.56
1	A_BASAL	2	7	485.69	112.36	105.33	3.51
1	A_BASAL	2	8	378.29	161.94	153.52	4.21
1	A_BASAL	2	9	348.49	143.15	134.31	4.42
1	A_BASAL	2	10	286.38	138.03	130.24	3.90
1	A_BASAL	2	11	410.95	178.20	169.63	4.28
1	A_BASAL	2	12	473.83	185.97	173.14	6.42
1	A_BASAL	2	13	363.01	165.91	156.67	4.62
1	A_BASAL	2	14	536.58	230.93	219.60	5.67
1	A_BASAL	2	15	426.39	127.49	118.02	4.73
1	A_BASAL	2	16	346.30	212.42	200.79	5.81
1	A_BASAL	2	17	395.38	156.93	145.58	5.67
1	A_BASAL	2	18	360.67	225.39	215.35	5.02
1	A_BASAL	2	19	362.32	169.50	158.18	5.66
1	A_BASAL	2	20	461.92	173.70	162.08	5.81
1	A_BASAL	3	1	445.997	178.489	166.326	6.08
1	A_BASAL	3	2	453.65	128.531	117.719	5.41
1	A_BASAL	3	3	438.526	196.79	186.256	5.27
1	A_BASAL	3	4	424.476	221.407	207.795	6.81
1	A_BASAL	3	5	319.581	119.68	113.644	3.02

ARBOL	ALTURA	ZONA	MUESTRA	LONG	ANCHO	LUMEN	PARED
1	A_BASAL	3	6	340.659	127.985	116.7	5.64
1	A_BASAL	3	7	426.082	163.425	153.861	4.78
1	A_BASAL	3	8	345.835	149.094	137.112	5.99
1	A_BASAL	3	9	340.024	114.172	105.372	4.40
1	A_BASAL	3	10	432.509	232.448	220.834	5.81
1	A_BASAL	3	11	359.82	160.611	148.473	6.07
1	A_BASAL	3	12	274.848	185.812	175.493	5.16
1	A_BASAL	3	13	343.736	131.255	118.007	6.62
1	A_BASAL	3	14	459.194	178.062	167.055	5.50
1	A_BASAL	3	15	331.997	191.357	179.188	6.08
1	A_BASAL	3	16	314.653	159.323	148.505	5.41
1	A_BASAL	3	17	537.585	179.305	166.226	6.54
1	A_BASAL	3	18	336.305	193.855	184.202	4.83
1	A_BASAL	3	19	470.846	176.259	165.065	5.60
1	A_BASAL	3	20	338.022	149.558	137.608	5.97
1	A_MEDIA	1	1	526.81	173.49	158.06	7.72
1	A_MEDIA	1	2	460.69	189.69	177.19	6.25
1	A_MEDIA	1	3	376.38	135.55	120.23	7.66
1	A_MEDIA	1	4	462.65	170.23	154.53	7.85
1	A_MEDIA	1	5	358.49	127.88	118.41	4.74
1	A_MEDIA	1	6	334.46	124.55	114.12	5.22
1	A_MEDIA	1	7	512.60	141.34	122.59	9.38
1	A_MEDIA	1	8	230.86	146.75	135.77	5.49
1	A_MEDIA	1	9	292.03	148.35	135.57	6.39
1	A_MEDIA	1	10	369.26	130.59	118.13	6.23
1	A_MEDIA	1	11	548.33	147.44	130.69	8.38
1	A_MEDIA	1	12	373.50	155.85	141.36	7.24
1	A_MEDIA	1	13	426.45	136.30	120.00	8.15
1	A_MEDIA	1	14	429.06	100.56	80.39	10.09
1	A_MEDIA	1	15	530.97	190.99	182.76	4.12
1	A_MEDIA	1	16	398.97	149.57	137.07	6.25
1	A_MEDIA	1	17	457.60	130.57	118.69	5.94
1	A_MEDIA	1	18	393.11	118.23	109.59	4.32
1	A_MEDIA	1	19	273.17	124.01	110.22	6.90
1	A_MEDIA	1	20	395.67	126.73	109.54	8.60
1	A_MEDIA	2	1	396.00	137.10	121.12	7.99
1	A_MEDIA	2	2	438.93	180.46	171.15	4.66
1	A_MEDIA	2	3	451.71	135.21	124.53	5.34
1	A_MEDIA	2	4	402.30	119.20	106.80	6.20
1	A_MEDIA	2	5	456.26	112.06	102.98	4.54

ARBOL	ALTURA	ZONA	MUESTRA	LONG	ANCHO	LUMEN	PARED
1	A_MEDIA	2	6	370.13	183.89	174.90	4.49
1	A_MEDIA	2	7	245.41	79.53	73.98	2.78
1	A_MEDIA	2	8	606.92	137.30	115.97	10.67
1	A_MEDIA	2	9	501.60	154.65	143.09	5.78
1	A_MEDIA	2	10	361.06	119.03	110.47	4.28
1	A_MEDIA	2	11	288.63	135.61	124.26	5.68
1	A_MEDIA	2	12	327.80	152.79	144.31	4.24
1	A_MEDIA	2	13	578.27	122.72	108.95	6.89
1	A_MEDIA	2	14	340.34	193.60	183.95	4.83
1	A_MEDIA	2	15	560.62	175.20	165.23	4.99
1	A_MEDIA	2	16	473.81	139.06	125.06	7.00
1	A_MEDIA	2	17	528.69	239.87	229.50	5.19
1	A_MEDIA	2	18	480.49	81.11	61.64	9.74
1	A_MEDIA	2	19	471.43	67.69	61.50	3.10
1	A_MEDIA	2	20	540.80	173.18	158.37	7.41
1	A_MEDIA	3	1	317.54	59.2	54.21	2.50
1	A_MEDIA	3	2	361.06	50.1	45.96	2.07
1	A_MEDIA	3	3	443.47	95.95	84.44	5.76
1	A_MEDIA	3	4	472.65	44.47	37.19	3.64
1	A_MEDIA	3	5	481.4	157.48	142.98	7.25
1	A_MEDIA	3	6	295.79	96.4	91.42	2.49
1	A_MEDIA	3	7	488.05	54.25	43.32	5.47
1	A_MEDIA	3	8	497.47	83.63	70.34	6.65
1	A_MEDIA	3	9	473.61	64.71	54.47	5.12
1	A_MEDIA	3	10	417.78	88.79	78.77	5.01
1	A_MEDIA	3	11	471.7	107.42	95.78	5.82
1	A_MEDIA	3	12	331.72	154.57	141.47	6.55
1	A_MEDIA	3	13	274.44	69.81	64.75	2.53
1	A_MEDIA	3	14	525.73	138.41	126.42	6.00
1	A_MEDIA	3	15	334.1	61.53	52.32	4.61
1	A_MEDIA	3	16	417.09	79.83	77.39	1.22
1	A_MEDIA	3	17	360.01	234.1	220.55	6.77
1	A_MEDIA	3	18	561.6	180.76	174.64	3.06
1	A_MEDIA	3	19	472.4	163.49	143.14	10.18
1	A_MEDIA	3	20	414.78	138.38	129.04	4.67
1	A_APICAL	1	1	457.153	198.25	187.076	5.59
1	A_APICAL	1	2	380.123	150.451	134.771	7.84
1	A_APICAL	1	3	388.578	226.476	212.848	6.81
1	A_APICAL	1	4	377.907	175.886	163.573	6.16
1	A_APICAL	1	5	391.094	201.578	186.617	7.48

ARBOL	ALTURA	ZONA	MUESTRA	LONG	ANCHO	LUMEN	PARED
1	A_APICAL	1	6	320.728	158.268	143.012	7.63
1	A_APICAL	1	7	455.105	208.326	191.821	8.25
1	A_APICAL	1	8	345.26	197.924	183.872	7.03
1	A_APICAL	1	9	407.796	165.594	151.364	7.12
1	A_APICAL	1	10	486.613	219.938	204.686	7.63
1	A_APICAL	1	11	354.842	149.72	140.731	4.49
1	A_APICAL	1	12	450.775	227.196	212.41	7.39
1	A_APICAL	1	13	366.712	165.563	151.889	6.84
1	A_APICAL	1	14	432.201	159.457	147.447	6.01
1	A_APICAL	1	15	381.807	166.521	155.194	5.66
1	A_APICAL	1	16	384.706	155.496	144.414	5.54
1	A_APICAL	1	17	321.265	150.227	138.999	5.61
1	A_APICAL	1	18	432.201	143.621	130.997	6.31
1	A_APICAL	1	19	402.518	174.11	160.303	6.90
1	A_APICAL	1	20	475.772	167.064	156.341	5.36
1	A_APICAL	2	1	311.823	132.545	124.574	3.986
1	A_APICAL	2	2	462.956	165.116	155.605	4.755
1	A_APICAL	2	3	415.674	170.138	156.869	6.635
1	A_APICAL	2	4	488.097	115.866	106.262	4.802
1	A_APICAL	2	5	411.985	180.368	172.988	3.690
1	A_APICAL	2	6	592.966	122.085	114.907	3.589
1	A_APICAL	2	7	424.552	150.669	142.663	4.003
1	A_APICAL	2	8	547.705	194.86	183.683	5.588
1	A_APICAL	2	9	488.066	134.412	127.649	3.382
1	A_APICAL	2	10	484.13	128.756	117.691	5.533
1	A_APICAL	2	11	447.115	137.573	130.017	3.778
1	A_APICAL	2	12	411.968	131.427	120.557	5.435
1	A_APICAL	2	13	343.418	161.531	149.56	5.985
1	A_APICAL	2	14	357.597	146.844	136.653	5.096
1	A_APICAL	2	15	415.758	149.349	135.995	6.677
1	A_APICAL	2	16	434.552	148.789	137.801	5.494
1	A_APICAL	2	17	387.251	137.705	127.599	5.053
1	A_APICAL	2	18	495.288	169.501	156.178	6.661
1	A_APICAL	2	19	441.523	131.892	119.682	6.105
1	A_APICAL	2	20	436.425	142.738	131.38	5.679
1	A_APICAL	3	1	387.516	117.577	105.515	6.031
1	A_APICAL	3	2	450.622	201.074	186.814	7.130
1	A_APICAL	3	3	397.606	179.559	164.269	7.645
1	A_APICAL	3	4	377.911	147.735	136.632	5.551
1	A_APICAL	3	5	385.218	159.787	148.816	5.486

ARBOL	ALTURA	ZONA	MUESTRA	LONG	ANCHO	LUMEN	PARED
1	A_APICAL	3	6	369.441	154.945	141.31	6.818
1	A_APICAL	3	7	526.389	139.91	126.066	6.922
1	A_APICAL	3	8	442.128	163.486	151.525	5.981
1	A_APICAL	3	9	440.481	169.062	162.698	3.182
1	A_APICAL	3	10	442.188	159.596	150.069	4.763
1	A_APICAL	3	11	499.489	135.709	114.747	10.481
1	A_APICAL	3	12	357.865	161.16	148.304	6.428
1	A_APICAL	3	13	529.952	180.245	167.38	6.433
1	A_APICAL	3	14	431.67	182.595	172.491	5.052
1	A_APICAL	3	15	436.238	165.805	157.317	4.244
1	A_APICAL	3	16	494.945	209.948	194.361	7.794
1	A_APICAL	3	17	403.178	170.712	157.282	6.715
1	A_APICAL	3	18	435.843	133.536	121.589	5.974
1	A_APICAL	3	19	509.825	190.297	171.956	9.171
1	A_APICAL	3	20	401.986	190.093	173.536	8.278



CAPÍTULO III

SERVICIOS REALIZADOS EN EL LABORATORIO FORENSE DE ANATOMÍA DE MADERAS DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, GUATEMALA, C.A

3.1 PRESENTACIÓN

Durante el Ejercicio Profesional Supervisado fueron ejecutados servicios que apoyaron la sistematización de los procesos histológicos, microscópicos y de divulgación del laboratorio forense de maderas de la facultad de agronomía. Para ello se planteó un plan de ejecución para cada servicio en donde se describe la metodología empleada, recursos utilizados y los resultados esperados.

El primer servicio descrito es la elaboración de montajes histológicos de las especies estudiadas en el laboratorio e incluidas en el apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). Los montajes son porciones de tejido vegetal, sometido a un proceso de deshidratación fueron utilizados para la observación, descripción anatómica, conteo de vasos/mm², medición del ancho; longitud y número de filas de los rayos de parénquima (corte tangencial), descripción del tejido (tipos y distribución de parénquima, entre otros) y toma de fotografías.

El segundo servicio describe la elaboración de macerados o disociados de madera obtenido a partir de cortes con 120 µm de grueso y pasados por un proceso de cocción con hidróxido de potasio "KOH" y cloro "Cl". El montaje se realizó en gelatina – glicerina, esto permite observar los elementos constitutivos de la madera, es decir fibras y elementos de los vasos. Los montajes fueron utilizados para la toma de datos de longitud, ancho total, ancho de lumen y grosor de la pared celular de fibras y elementos de los vasos.

El tercer servicio fue la elaboración de un trifoliar informativo en el que se sintetizan la razón de ser del laboratorio, funciones y proyección dentro del campo forestal del país y la utilidad del servicio mismo en materia legal. El laboratorio forense de maderas aporta el elemento científico en la sistematización de la colecta de información en campo y laboratorio de las especies, el posterior procesamiento de ésta información y la publicación.

3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE MONTAJES ANATÓMICOS DE ESPECIES BAJO ESTUDIO EN EL LABORATORIO FORENSE DE MADERAS.

3.2.1 Objetivos

- ✓ Describir el protocolo de elaboración de cortes anatómicos de las especies bajo estudio en el laboratorio forense.
- ✓ Obtener montajes que permitan la observación de los tejidos anatómicos que conforman cada plano de estudio (Transversal, tangencial y radial).
- ✓ Obtener fotografías de los planos transversal, tangencial y radial de las especies bajo estudio.

3.2.2 Metodología para la elaboración de montajes anatómicos permanentes

Para la elaboración de los cortes anatómicos, en los tres planos de estudio (transversal, longitudinal tangencial y longitudinal radial) se realizó lo siguiente:

1. Elaboración de las probetas

Elaboración de probetas anatómicas: Se elaboran en la carpintería de la facultad de agronomía ubicada en el centro experimental docente (CEDA). Se elaboran con una sierra de banco, el proceso tiene una duración de 30 - 45 min, las probetas miden 1 cm *1 cm *1.5 cm.

2. Cortes

De las probetas anatómicas (en la figura 29 se observa su elaboración) se realizaron cortes de 8 – 12 μ m de grosor con el micrótopo de deslizamiento horizontal y una cuchilla para micrótopo perfil "C". Estos cortes se colocan en vidrios de reloj con agua, para mantenerlos hidratados.

3. Tinción

Los cortes se pasaron por el tren de tinción con safranina al 1% por 1 minuto, luego se lavan con agua dentro de un recipiente plástico y se cambia agua tres veces (Gattuso y Gattuso 1999).

4. Deshidratación

Paso por alcohol al 50% por 5 minutos; alcohol al 75% por 5 minutos; alcohol al 85% por 5 minutos; alcohol al 95% por 5 minutos; alcohol al 95% por 5 minutos; alcohol absoluto por 3 minutos; alcohol absoluto por 3 minutos (Gattuso y Gattuso 1999).

5. Impregnación

Se aplica una solución de isoalcanos o xileno por 3 minutos (Gattuso y Gattuso 1999).

6. Montaje

Sobre el porta objetos se colocan los cortes, luego se agrega resina sintética y luego se coloca el cubre objetos cuidando que no queden burbujas, se dejan secar por lo menos dos horas (Gattuso y Gattuso 1999).

3.2.3 Resultados



Figura 31. Elaboración de probetas anatómicas con sierra de banco.

En la figura 32 se observa el flujograma que indica los pasos a seguir para realizar montajes anatómicos.

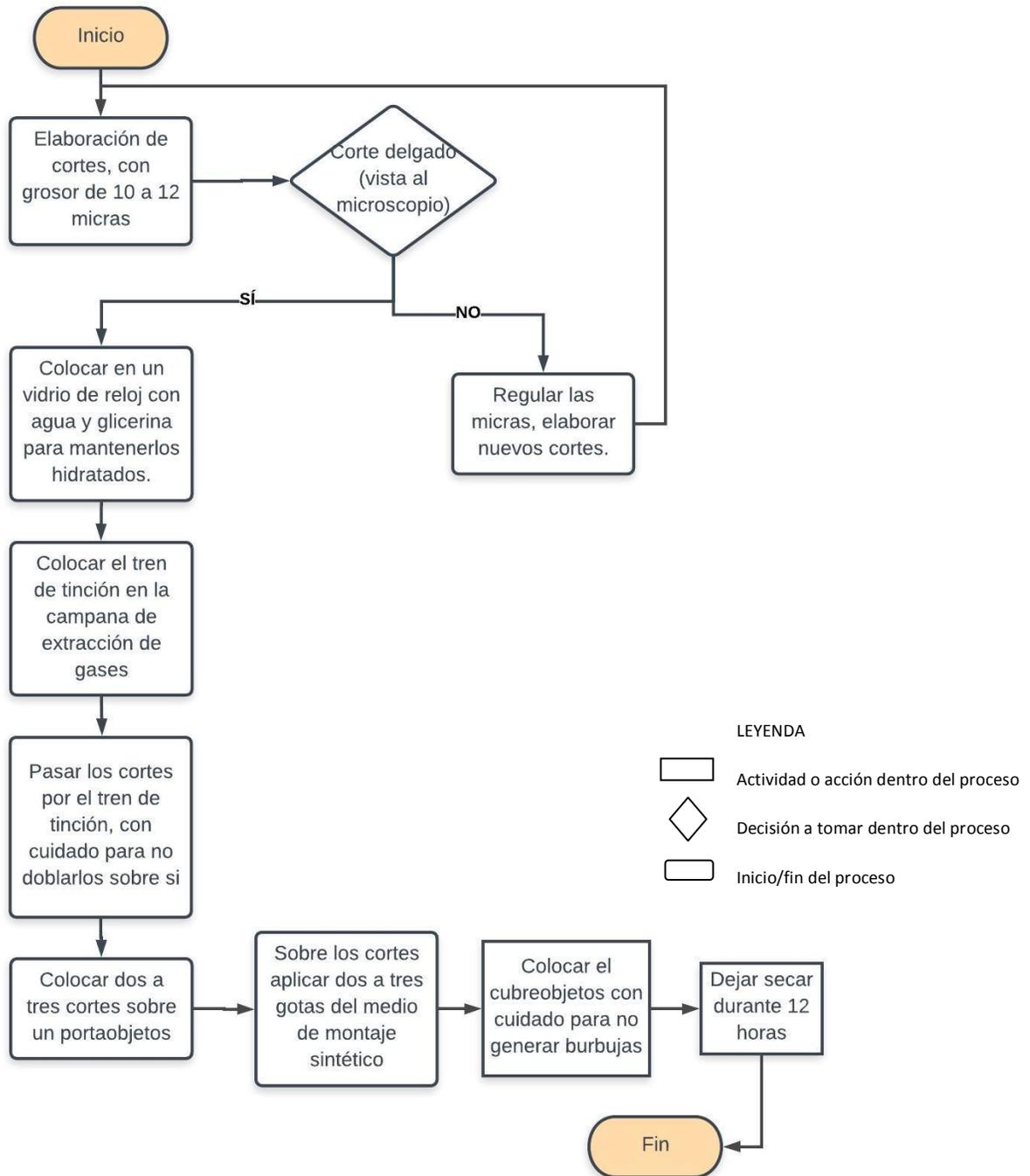


Figura 32. Flujograma del proceso de elaboración de cortes anatómicos y montajes permanentes.

En las figuras 33 – 36 se observan las fotografías de los cortes para las especies estudiadas en el laboratorio de maderas de la Facultad de Agronomía.

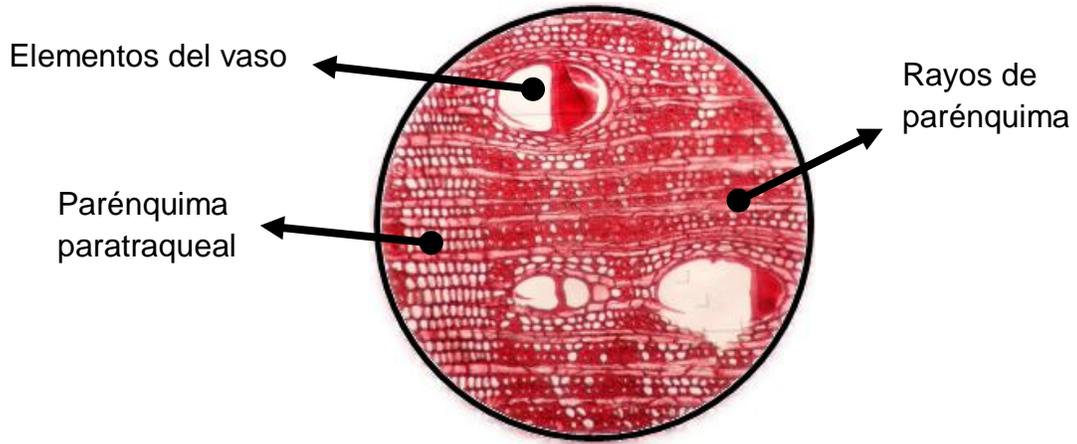


Figura 33. Fotografía de un corte transversal *Dalbergia calycina*. Vista 10X

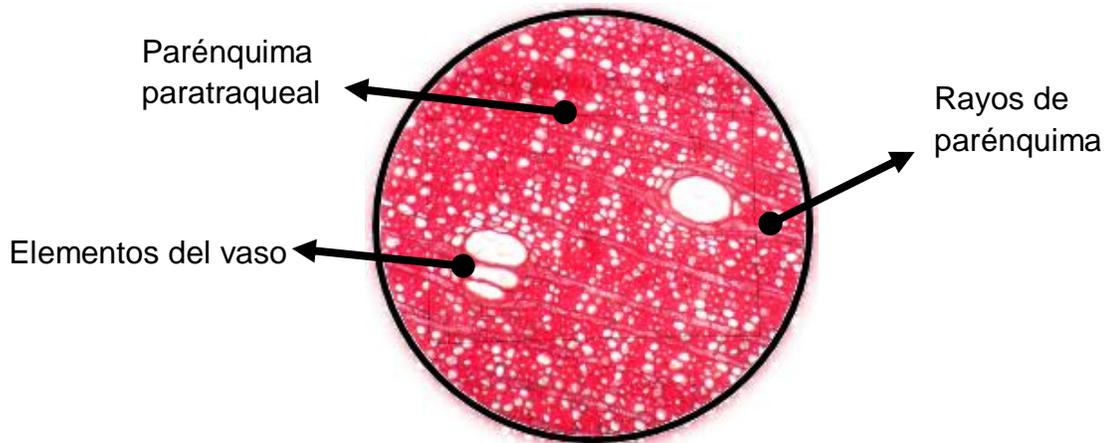


Figura 34. Fotografía de un corte transversal *Dalbergia tucurensis*. Vista 10X

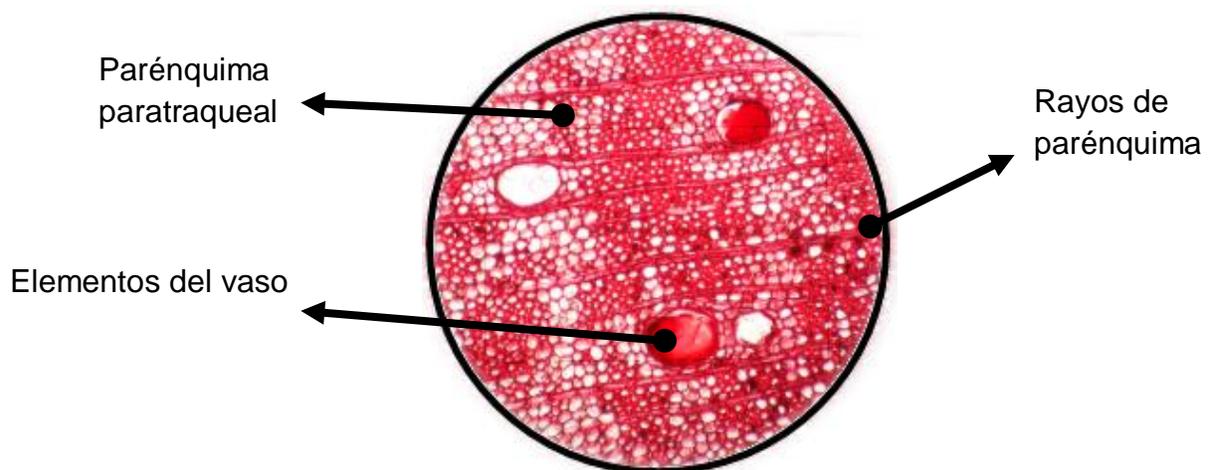


Figura 35. Fotografía de un corte transversal *Dalbergia retusa*. Vista 10X

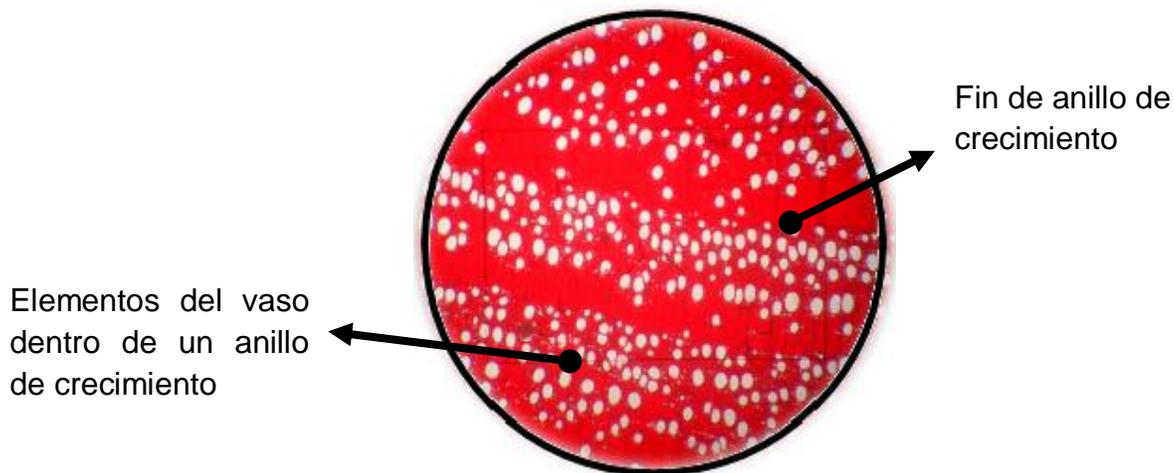


Figura 36. Fotografía de un corte transversal *Guaiacum sanctum*. Vista 4X.

3.2.4 Evaluación

Se realizaron montajes de las especies: *Swietenia macrophylla*, *Dalbergia calycina*, *D. tucurensis*, *D. retusa*, *D. stevensonii* y *Guaiacum sanctum*; especies que ingresaron al laboratorio durante el periodo de EPS.

Estos montajes fueron revisados por la coordinadora del proyecto, Inga. Agra. M. Sc. Myrna Herrera quien realizó la descripción anatómica y seleccionó los montajes a los que se le tomaron fotografías que pueden verse en las figuras 33 a la 36.

3.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE MACERADOS DE MADERA DE ALGUNAS ESPECIES BAJO ESTUDIO EN EL LABORATORIO FORENSE DE MADERAS.

3.3.1 Objetivos

- ✓ Describir el protocolo utilizado en la elaboración de macerados de las especies bajo estudio en el laboratorio forense.
- ✓ Obtener montajes que permitan la observación de las fibras y elementos del vaso del xilema de las maderas.
- ✓ Obtener fotografías de las fibras y elementos del vaso del xilema.

3.3.2 Metodología para la elaboración de macerados permanentes

1. Elaboración de los cortes para maceración

De las probetas anatómicas, se elaboraron los cortes se prepararon en un micrótopo de deslizamiento horizontal con una cuchilla "Leica" perfil "C" y con un grosor de 120 μm de cualquier lado longitudinal de la probeta. Se realizaron 5 cortes para cada el tubo de ensayo.

2. Maceración

Se hirvieron los cortes con hidróxido de potasio al 10% durante 15 minutos. Se lavaron tres veces con agua; a continuación los cortes se colocaron en un tubo de ensayo con 2.5cc de cloro uso doméstico, los tubos se colocaron en baño maría durante 30 minutos. Luego fueron lavados cinco veces con agua y en el último lavado se agitó con fuerza moderada el tubo de ensayo contra la palma de la mano, de manera que todo el material se disgregue contra las paredes del mismo (Gattuso y Gattuso 1999).

3. Tinción

El exceso de agua fue drenado del tubo de ensayo dejando una pequeña cantidad junto con las fibras, luego se aplicaron 5 gotas de Safranina al 1%, dejando reposar por 5 minutos para que ocurra la tinción (Gattuso y Gattuso 1999).

4. Montaje

Se colocó una pequeña cantidad de material, haciendo uso de un pincel, sobre el porta objeto, se añadió un poco de gelatina glicerina y se removió suavemente de manera circular haciendo que se mezcle bien las fibras y la gelatina; se procedió a colocar el cubre objetos luego se dejó secar la gelatina glicerina (Gattuso y Gattuso 1999).

3.3.3 Resultados

Se elaboraron los macerados de las especies trabajadas, en la figura 37 se observa el flujograma del proceso.

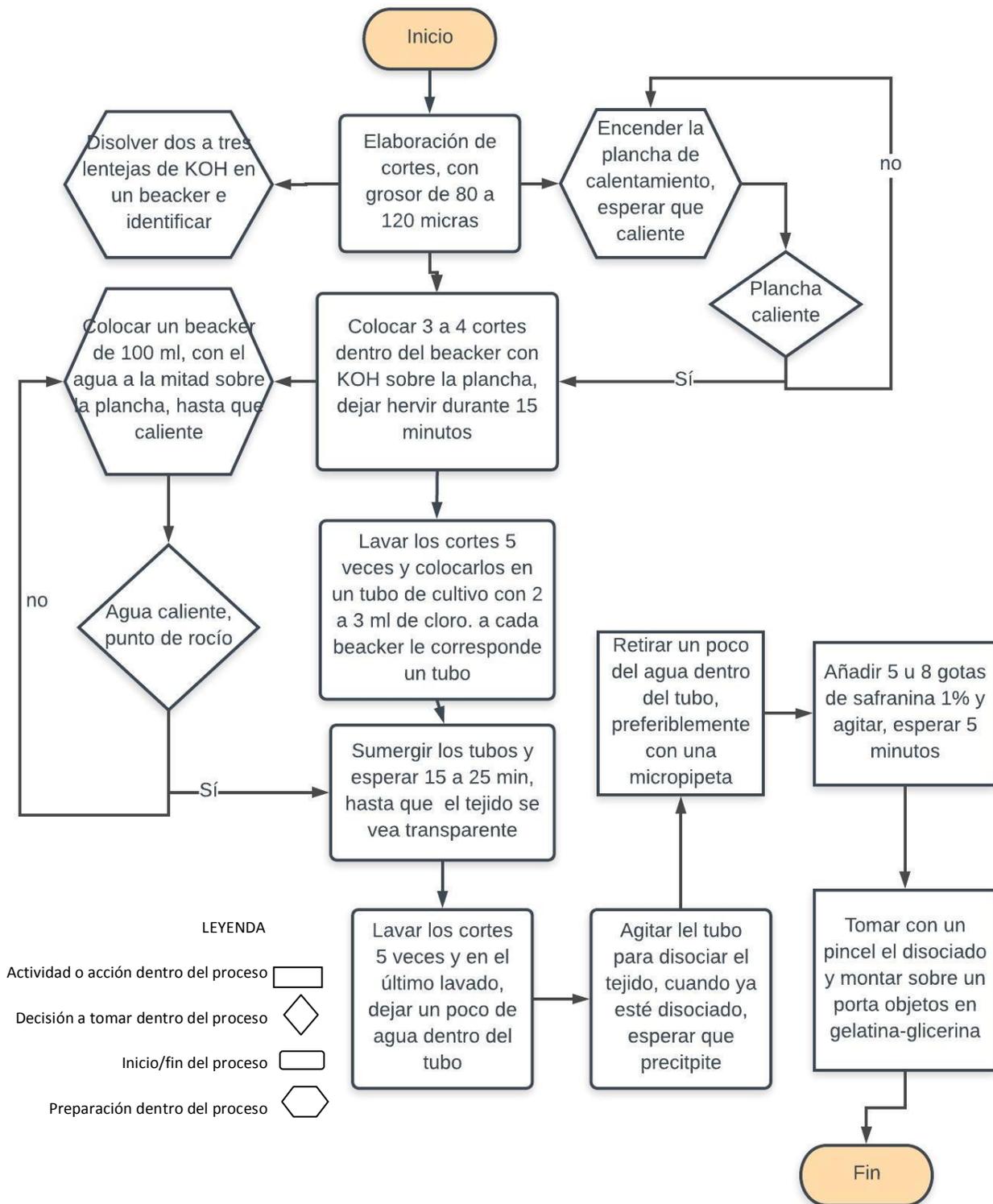


Figura 37. Flujograma del proceso de elaboración de macerados.

En las figuras 38 – 41 se observan fotografías del proceso de elaboración de los macerados de madera, en la figura 42 se observa una fotografía de las fibras de *S. macropylla* King.



Figura 38. Fotografía del ablandamiento del tejido (cortes a 120 μm) durante 15 min.



Figura 39. Fotografía del lavado de los cortes después del ablandamiento en KOH.



Figura 40. Fotografía de cortes en cloro dentro de los tubos de cultivo.

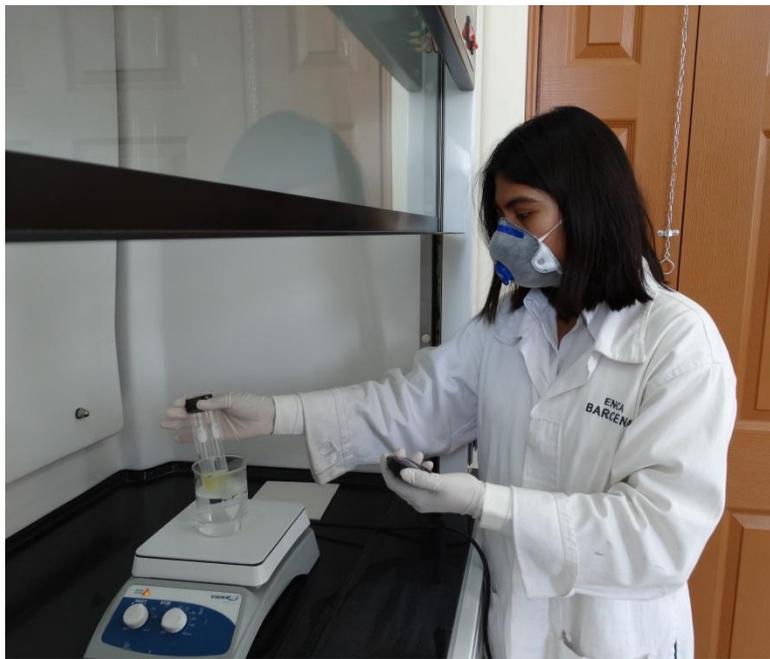


Figura 41. Fotografía baño maría de los cortes en cloro.



Figura 42. Fotografía de fibras de la especie *Swietenia humilis*. Vista 10X

3.3.4 Evaluación

Se realizaron montajes de las especies *Swietenia macrophylla*, *Dalbergia calycina*, *D. tucurensis*, *D. retusa*, *D. stevensonii* y *Guaiacum sanctum*; especies que ingresaron al laboratorio durante el periodo de EPS.

Los montajes de macerados sirvieron para la medición de la Longitud, Ancho total, diámetro de lumen y grosor de pared de las fibras y elementos de los vasos, se tomaron fotografías de las fibras y elementos de los vasos de las especies ingresadas al laboratorio.

3.4 ELABORACIÓN DE UN TRIFOLIAR INFORMATIVO PARA LA DIVULGACIÓN DEL LABORATORIO FORENSE DE MADERAS.

3.4.1 Objetivos

- ✓ Elaborar una propuesta impresa para la divulgación de los servicios que presta el laboratorio forense de anatomía de maderas.
- ✓ Describir en forma breve y comprensible los servicios que presta el laboratorio forense de anatomía de maderas.

3.4.2 Metodología

a) Recopilación de la información

Se obtuvo información de fuentes primarias, a través de entrevistas con los diferentes colaboradores dentro del laboratorio. Las entrevistas fueron realizadas al Ing. For. Mario Saravia, experto asesor en pruebas físicas y densidad de la madera y al Ing. Agr. Wagner Alonzo encargado del área de procedimientos histológicos y microscopía del laboratorio forense de maderas.

También se utilizaron las experiencias y conocimientos adquiridos en la práctica durante el EPS y capacitaciones impartidas por expertos de Brasil y Estados Unidos en el tema de tecnología de la madera.

b) Ordenamiento de la información

La información obtenida se clasificó y posteriormente se resumió y sintetizó en los textos que aparecen en el trifoliar. Puesto que el trifoliar tiene un fin divulgativo se incluyeron textos con la idea que hizo surgir al laboratorio, qué servicios brinda, objetivos, misión y visión del laboratorio.

c) Edición y diseño del trifoliar

La revisión y corrección del contenido estuvo a cargo de la Inga. Agra. Myrna Herrera. El trifoliar consta de tres secciones en la parte interna, en donde se colocó la información sobre el surgimiento del laboratorio, servicios, objetivos, misión y visión. Mientras que el

en la parte externa se encuentra un párrafo que alude nuevamente sobre la labor del laboratorio, los logos de las instituciones involucradas y una portada con el nombre del laboratorio, un esquema de un microscopio y una fotografía de un montaje de *Dalbergia spp.*

3.4.3 Resultados

En las figuras 43 y 44 se pueden observar el trifoliar elaborado.

3.4.4 Evaluación

La actividad se cumplió en su totalidad, ya que los trifoliales contienen la información sobre el laboratorio y ayuda en la difusión sobre las actividades de este.

INVESTIGACIÓN
ANATOMÍA DE MADERAS



Dedicados a la investigación y extensión en el campo de la anatomía de maderas



Contáctanos
Ciudad universitaria zona 12, ciudad Guatemala
Edificio UVIGER, salón S-2
Coordinadora:
Inga. Agr. Myrna Herrera Sosa

INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN.

LABORATORIO
FORENSE DE
ANATOMÍA DE
MADERAS



Figura 43. Exterior del trifoliar informativo.



LABORATORIO FORENSE DE ANATOMÍA DE MADERAS

Misión

Realizar investigación sobre tecnología de la madera que genere aportes significativos sobre nuevas alternativas para la identificación científica de maderas y su uso sostenible.

Visión

Ser el laboratorio de referencia en la anatomía e identificación de maderas reconocido por la objetividad, confiabilidad y certeza de sus resultados, proyección social de la investigación en el campo del conocimiento de la estructura de la madera, para que las especies registradas y catalogadas en la xyloteca conformen la mayor colección nacional de las maderas de Guatemala.

Servicios

Diagnóstico de especies maderables

Se ofrece un servicio de determinación de especies maderables, a través de análisis microscópico y macroscópico de muestras.

Los análisis se realizan bajo estándares de confiabilidad, certeza y respaldo científico.

Extensión

Capacitaciones en el campo de la anatomía de maderas hacia personal de instituciones gubernamentales encargadas del resguardo de especies protegidas.

Investigación

La información generada en el laboratorio se transmite a través de la extensión a las entidades y personas relacionadas con la protección de especies maderables en el país y forma parte de nuestra proyección social de la investigación.

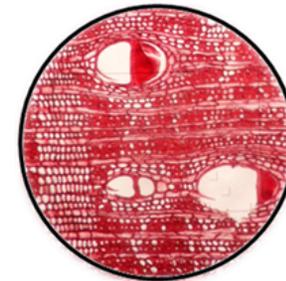


Figura 44. Interior del trifoliar informativo

3.5 BIBLIOGRAFÍA

1. Gattuso, M. A.; Gattuso, S. J. 1999. Manual de procedimientos para el análisis de drogas en polvo y otros. Argentina: Editorial de la Universidad Nacional del Rosario.
2. IAWA (International Association of Wood Anatomist, US). 1989. Features for hardwoods identification. US.
3. Johansen, D. 1960. Plant microtechnique. New York, McGraw-Hill Book Company.