

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS**

**ANATOMIA, PROPIEDADES FISICAS Y ALGUNOS USOS SUGERIDOS  
DE LA MADERA DE SEIS ESPECIES FORESTALES FRECUENTES  
EN EL MUNICIPIO DE LA LIBERTAD, PETEN, GUATEMALA.**

**TESIS**

***Presentada a la Honorable Junta Directiva  
de la Facultad de Agronomía de la  
Universidad de San Carlos de Guatemala***

**POR**

**RICARDO APARICIO MORATAYA MONTENEGRO**

***en el acto de investidura como  
INGENIERO AGRONOMO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES  
en el Grado Académico de  
LICENCIADO***

**Guatemala, mayo de 1993**

**PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central**

126  
01  
76-11-11

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**RECTOR**

**DR. ALFONSO FUENTES SORIA**

**JUNTA DIRECTIVA**

**DECANO**

**Ing. Agr. Efraín Medina Guerra**

**VOCAL I**

**Ing. Agr. Mynor Estrada Rosales**

**VOCAL II**

**Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes**

**VOCAL III**

**Ing. Agr. Carlos Motta de Paz**

**VOCAL IV**

**Br. Elías Raymundo Raymundo**

**VOCAL V**

**Br. Juan Gerardo De León Montenegro**

**SECRETARIO**

**Ing. Agr. Marco R. Estrada Muy**

Guatemala, mayo de 1993.

**HONORABLE JUNTA DIRECTIVA  
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR  
FACULTAD DE AGRONOMIA, USAC.**

*Honorables miembros:*

*De conformidad con las normas establecidas en la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de presentar a consideración de ustedes el trabajo de tesis titulado:*

**ANATOMIA, PROPIEDADES FISICAS Y ALGUNOS USOS SUGERIDOS  
DE LA MADERA DE SEIS ESPECIES FORESTALES FRECUENTES  
EN EL MUNICIPIO DE LA LIBERTAD, PETEN, GUATEMALA.**

*Presentado como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciado en ciencias agrícolas.*

*Agradeciendo la atención a la presente, me despido de ustedes,*

*atentamente,*

  
**Ricardo Aparicio Morataya Montenegro**

# **DEDICATORIA**

**A: JESUCRISTO, MI ROCA FUERTE Y FUNDAMENTO DE TODO.**

## **MIS PADRES**

*Manuel Morataya Cabrera  
Augustina Montenegro Duarte de Morataya*

## **MIS HERMANOS**

*Manuel Estuardo  
Leticia  
Miriam  
Ana María  
Francisco  
Salomón  
Magdalena*

## **MIS SOBRINOS**

*Edwin Ernesto, Jazmin Celeste, Wagner, Susana, Carlos Eduardo, Italo Stuart, Francisco Jr., Jackelyn, Nancy, B. Leticia, Fernando, Miriam, Ana Raquel, Salomón Jr., Marisol, Anabella y Cesar Agosto.*

## **MI FAMILIA EN GENERAL**

## **MIS AMIGOS Y AMIGAS DE ESTA FACULTAD**

## **COLEGIO MARIANO Y RAFAEL CASTILLO CORDOVA**

## **FACULTAD DE AGRONOMIA**

## **UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

## **AGRADECIMIENTOS**

*A mi asesor, Ingeniero Forestal José Mario Saravia.*

*A Don Oscar Ovidio Reyes y Familia, quienes me brindaron apoyo incondicional en la colecta de las muestras de madera, residentes en el municipio de La Libertad, Petén.*

*A las Sras. Eugenia Margarita Rodríguez Agreda y Vilma Ramírez por el apoyo y cariño que me brindaron, y además por la asesoría en la elaboración de montajes permanentes.*

*Al Ingeniero Manuel Martínez Ovalle y Familia por el apoyo y cariño que siempre he recibido desde mis inicios en esta casa de estudios.*

*Al Programa de la Mosca del Mediterráneo de Coatepeque, Quetzaltenango, en especial al Ing. Agr. Adán Sierra por permitirme tomar las microfotografías en el equipo ubicado en dicha cede.*

*Al personal del Centro de Documentación e Información Agrícola de la Facultad de Agronomía, USAC.*

*Al Centro de Estadística y Cálculo de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en especial al Ing. Agr. Victor Alvarez Cajas, Gustavo Hernández y Oscar Hernández, por el apoyo brindado en la elaboración del presente documento.*

*A mis compañeros(as) de aula y amigos(as) José Oxla, Martín Sánchez, Sebastian Herrera, Cesar Monzón, Francesco Filippi, Byron Zúñiga, Edwin Moscoso, Norman Rodríguez (Q.E.P.D), Julio López, Luis Caníz, Mario Alemán, Evelyn García, Sayra Chanquin, Bale Herring, Verónica Ramírez, Lyly Gutiérrez, Lucrecia De León, Hector Gutiérrez, Carolina Medina y Rolando Aragón Barrios.*

*A todos aquellos amigos y amigas que me han brindado su amistad y con quienes he compartido buenos e inolvidables momentos en esta Facultad de Agronomía, USAC.*

## CONTENIDO GENERAL

Titulo	Página
Indice de figuras	v
Indice de cuadros	vii
<b>RESUMEN</b>	1
<b>1. INTRODUCCION</b>	5
<b>2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	7
<b>3. MARCO TEORICO</b>	8
3.1 MARCO CONCEPTUAL	8
3.1.1 Composición de la madera	8
3.1.1.1 Anatomía de las magnoliophyta (Angiospermas)	8
A. Tallos de dicotiledóneas leñosas	9
B. Xilema secundario	9
3.1.2 La estructura diminuta de las maderas duras (maderas porosas o latifoliadas)	13
3.1.3 Anatomía comparativa de las maderas duras	14
3.1.3.1 Elementos longitudinales (células) de maderas porosas	14
A. Elementos del Vaso	14
B. Traqueidas de la madera dura	22
C. Fibras	23
D. Parénquima longitudinal (axial)	25
3.1.3.2 Elementos transversales (células) de maderas porosas (Radios de madera)	29
A. Composición de los radios de las maderas en maderas porosas	29
B. Tamaño de los radios	30
C. Espaciamiento de los radios	31
D. Canales de goma en radios de maderas porosas	31
E. Agujeros (Punteaduras) en radios de maderas porosas	31
F. Inclusiones en células del radio	32
G. Volúmen del radio en maderas porosas	33
3.1.3.3 Canales de goma normales y traumáticos en maderas	33

3.1.4	<i>Propiedades físicas de la madera</i>	34
3.1.4.1	<i>Contenido de Humedad</i>	35
3.1.4.2	<i>Contracción</i>	35
3.1.4.3	<i>Peso específico aparente</i>	36
3.1.5	<i>Planos de la madera</i>	36
3.1.6	<i>Identificación de la madera</i>	36
3.1.6.1	<i>Técnica de identificación macroscópica de la madera</i>	37
3.2	<b>MARCO REFERENCIAL</b>	37
3.2.1	<i>Antecedentes</i>	37
3.2.2	<i>Marco regional</i>	40
3.2.2.1	<i>Localización Geográfica</i>	40
3.2.2.2	<i>Geología y Geomorfología</i>	40
3.2.2.3	<i>Fisiografía y Relieve</i>	42
A.	<i>Plataforma de Yucatán</i>	42
B.	<i>Cinturón Plegado del Lacandón</i>	43
C.	<i>Planicie baja del interior de Petén</i>	43
3.2.2.4	<i>Clima</i>	44
3.2.2.5	<i>Formaciones Vegetales</i>	44
3.2.3	<i>Marco local</i>	45
3.2.3.1	<i>Localización Geográfica</i>	45
3.2.3.2	<i>Vías de acceso</i>	45
3.2.3.3	<i>Geología y Geomorfología</i>	45
3.2.3.4	<i>Clima</i>	46
3.2.3.5	<i>Zonas de Vida</i>	46
3.2.3.6	<i>Cuencas</i>	46
4.	<b>OBJETIVOS</b>	47
5.	<b>METODOLOGIA</b>	47
5.1	<i>Elección de especies a estudiar</i>	47
5.2	<i>Selección del área</i>	48
5.3	<i>Recolección de muestras</i>	49
5.4	<i>Evaluaciones realizadas</i>	50

5.4.1	<i>Estudio de las características anatómicas</i>	50
5.4.1.1	<i>Observaciones macroscópicas</i>	50
5.4.1.2	<i>Observaciones microscópicas</i>	50
	A. <i>Vasos, tipo de perforación, punteaduras, parénquima y radios</i>	50
	B. <i>Fibras</i>	55
5.4.2	<i>Estudio de las propiedades físicas</i>	59
5.5	<i>Definición para determinar algunos usos sugeridos de la madera</i>	62
5.5.1	<i>Anatomía y propiedades físicas</i>	62
5.5.2	<i>Requisitos básicos de las maderas para determinar su uso adecuado (20)</i>	63
5.5.2.1	<i>Estructuras</i>	63
5.5.2.2	<i>Encofrados</i>	63
5.5.2.3	<i>Carpintería de obra</i>	63
5.5.2.4	<i>Pisos</i>	64
5.5.2.5	<i>Mango de herramientas, artículos atléticos y deportivos</i>	64
5.5.2.6	<i>Ebanistería</i>	64
5.5.2.7	<i>Durmientes</i>	64
5.5.3	<i>Características para pulpa y papel</i>	64
5.6	<i>Clave anatómica de identificación</i>	66
5.6.1	<i>Elaboración de descriptores</i>	66
5.6.2	<i>Construcción de la clave</i>	66
<b>6. RESULTADOS Y DISCUSION</b>		67
6.1	<i>Anatomía de la madera</i>	67
6.1.1	<i>Características macroscópicas generales</i>	67
6.1.2	<i>Características anatómicas macroscópicas</i>	69
6.1.3	<i>Características anatómicas microscópicas de los vasos (poros), placa de perforación, punteaduras y parénquima</i>	71
6.1.4	<i>Características anatómicas microscópicas de los radios</i>	73

6.1.5	<i>Características anatómicas microscópicas de las fibras</i>	76
6.1.6	<i>Clave anatómica de identificación</i>	76
6.1.6.1	<i>Descriptores</i>	78
A.	<i><u>Astronium graveolens</u> Jack.</i>	78
B.	<i><u>Bombax ellipticum</u> HBK.</i>	85
C.	<i><u>Bursera simaruba</u> (L.) Sarg.</i>	92
D.	<i><u>Schizolobium parahybum</u> (Vell.) Blake.</i>	99
E.	<i><u>Vatairea lundellii</u> (Standl.) Killip.</i>	106
F.	<i><u>Zanthoxylum belizense</u> Lundell.</i>	113
6.1.6.2	<i>Clave de identificación de las especies estudiadas</i>	120
6.2	<i>Propiedades físicas</i>	122
6.2.1	<i>Peso específico aparente, contenido de humedad, contracción tangencial, radial y longitudinal de las especies estudiadas</i>	122
6.2.2	<i>Contracción volumétrica y relación contracción tangencial (CT)/Contracción radial de las especies estudiadas</i>	124
6.3	<i>Algunos usos sugeridos de las especies estudiadas</i>	126
7.	<b>CONCLUSIONES</b>	129
8.	<b>RECOMENDACIONES</b>	132
9.	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	133
10.	<b>APENDICES</b>	136

## INDICE DE FIGURAS

No.		Página
Figura 1.	Localización y área de colecta de muestras de madera, La Libertad, Petén, Guatemala.	41
Figura 2.	Poros o vasos <u>Astronium graveolens</u> Jack. Plano Transversal (X 10)	80
Figura 3.	Radios medulares en <u>Astronium graveolens</u> Jack. Plano Tangencial (X 40)	81
Figura 4.	Radios medulares y elementos vasculares en <u>Astronium graveolens</u> Jack. Plano Radial (X 4)	82
Figura 5.	Punteaduras intervasculares en <u>Astronium graveolens</u> Jack., Plano Tangencial (X 40)	83
Figura 6.	Placa de perforación intervascular simple, en <u>Astronium graveolens</u> Jack., Plano Tangencial (X 40)	84
Figura 7.	Poros o vasos en <u>Bombax ellipticum</u> HBK. Plano Transversal (X 10)	87
Figura 8.	Radios medulares y elementos vasculares en <u>Bombax ellipticum</u> HBK. Plano Tangencial (X 4)	88
Figura 9.	<u>Bombax ellipticum</u> HBK. Plano Radial (X 4)	89
Figura 10.	Punteaduras intervasculares en <u>Bombax ellipticum</u> HBK. Plano Radial (X 100)	90
Figura 11.	Placa de perforación intervascular simple en <u>Bombax ellipticum</u> HBK., Plano Radial (X 10)	91
Figura 12.	Poros o vasos en <u>Bursera simaruba</u> (L.) Sarg. Plano Transversal (X 10)	92

Figura 13.	<i>Radio medulares, fibras y elementos vasculares en <u>Bursera simaruba</u> (L.) Sarg. Plano Tangencial (X 10)</i>	95
Figura 14.	<i>Radio medulares, fibras, elementos vasculares y placa de perforación simple en <u>Bursera simaruba</u> (L.) Sarg. Plano Radial (X 10)</i>	96
Figura 15.	<i>Punteaduras intervasculares en <u>Bursera simaruba</u> (L.) Sarg., Plano Tangencial (X 40)</i>	97
Figura 16.	<i>Placa de perforación intervascular simple en <u>Bursera simaruba</u> (L.) Sarg., Plano Radial (X 40)</i>	98
Figura 17.	<i>Foros o vasos en <u>Schizolobium parahybum</u> (Vell.) Blake. Plano Transversal (X 4)</i>	101
Figura 18.	<i>Radio medulares y fibras en <u>Schizolobium parahybum</u> (Vell.) Blake. Plano Tangencial (X 10)</i>	102
Figura 19.	<i>Radio medulares y fibras en <u>Schizolobium parahybum</u> (Vell.) Blake. Plano Radial (X 4)</i>	103
Figura 20.	<i>Punteaduras intervasculares en <u>Schizolobium parahybum</u> (Vell.) Blake., Plano Radial (X 100)</i>	104
Figura 21.	<i>Placa de perforación intervascular simple, <u>Schizolobium parahybum</u> (Vell.) Blake., Plano Radial (X 40)</i>	105
Figura 22.	<i>Poros o vasos rodeado de parénquima, el cual se denomina como poro aliforme, ello en <u>Vatairea lundellii</u> (Standl.) Killip. Plano Transversal (X 10)</i>	108
Figura 23.	<i>Radio medulares, fibras, elementos vasculares y parénquima, el cual rodea los elementos vasculares, ello en <u>Vatairea lundellii</u> (Standl.) Killip. Plano Tangencial (X 10)</i>	109
Figura 24.	<i>Parénquima, fibras, radio medulares y elementos vasculares en <u>Vatairea lundellii</u> (Standl.) Killip. Plano Radial (X 10)</i>	110

Figura 25.	<i>Punteaduras intervasculares en <u>Vatairea lundellii</u> (Standl.) Killip. Punteaduras intervasculares, Plano Radial (X 40)</i>	111
Figura 26.	<i>Al centro dos placas de perforación simple en <u>Vatairea lundellii</u> (Standl.) Killip. Placa de perforación intervascular simple, Plano Radial (X 4)</i>	112
Figura 27.	<i>Poros o vasos en <u>Zanthoxylum belizense</u> Lundell. Plano Transversal (X 10)</i>	115
Figura 28.	<i>Radio medulares y fibras en <u>Zanthoxylum belizense</u> Lundell. Plano Tangencial (X 10)</i>	116
Figura 29.	<i>Radio medulares, fibras y elementos vasculares en <u>Zanthoxylum belizense</u> Lundell. Plano Radial (X 4)</i>	117
Figura 30.	<i>Punteaduras intervasculares en <u>Zanthoxylum belizense</u> Lundell., Plano Tangencial (X 40)</i>	118
Figura 31.	<i>Al centro la placa de perforación intervascular simple en <u>Zanthoxylum belizense</u> Lundell., Plano Radial (X 10)</i>	119

#### INDICE DE CUADROS

No.		Página
Cuadro 1.	<i>Especies maderables reportadas con potencialidad de uso y estudios realizados de ellas</i>	38
Cuadro 2.	<i>Especies prioritarias del Proyecto Anatomía y Propiedades físico-mecánicas de veinte maderas de Guatemala, del Instituto de Investigaciones Agronómicas, IIA de la Facultad de Agronomía, USAC.</i>	48
Cuadro 3.	<i>Tabla de clasificación de características anatómicas generales de la madera.</i>	51

Cuadro 4.	<i>Tabla de clasificación de características anatómicas macroscópicas de la madera.</i>	52
Cuadro 5.	<i>Tabla de clasificación de características anatómicas microscópicas de vasos y parénquima de la madera.</i>	56
Cuadro 6.	<i>Tabla de clasificación de características anatómicas microscópicas de radios y fibras de la madera.</i>	57
Cuadro 7.	<i>Tabla de clasificación de la madera según densidad aparente seca.</i>	60
Cuadro 8.	<i>Tabla de clasificación según la contracción volumétrica.</i>	61
Cuadro 9.	<i>Tabla de clasificación según la relación de contracción tangencial y radial (CT/CR).</i>	62
Cuadro 10.	<i>Tabla de clasificación según la relación Runkel.</i>	65
Cuadro 11.	<i>Características macroscópicas generales de las especies estudiadas.</i>	68
Cuadro 12.	<i>Características anatómicas macroscópicas de las especies estudiadas.</i>	70
Cuadro 13.	<i>Características anatómicas microscópicas de vasos (poros), placa de perforación, punteaduras y parénquima.</i>	72
Cuadro 14.	<i>Características microscópicas de los radios de las especies estudiadas.</i>	74
Cuadro 15.	<i>Características anatómicas de las fibras y relación Runkel de las especies estudiadas.</i>	77
Cuadro 16.	<i>Peso específico aparente, contenido de humedad, contracción tangencial, radial y longitudinal de las especies estudiadas.</i>	123

Cuadro 17.	<i>Contracción volumétrica y relación contracción tangencial (CT)/contracción radial (CR) de las especies estudiadas</i>	125
Cuadro 18.	<i>Algunos usos sugeridos para las especies basado en Rico Carrizosa (20).</i>	127
Cuadro 19A.	<i>Leyenda de identificación de los Cuadros 20A, 21A, 22A, 23A, 24A y 25A.</i>	137
Cuadro 20A.	<i>Características microscópicas de <u>Astronium graveolens</u> Jack. Jobillo</i>	138
Cuadro 21A.	<i>Características microscópicas de <u>Bombax ellipticum</u> HBK. Mapola.</i>	141
Cuadro 22A.	<i>Características microscópicas de <u>Bursera simaruba</u> (L.) Sarg. Palo jiote, Indio desnudo, Chacaj.</i>	144
Cuadro 23A.	<i>Características microscópicas de <u>Schizolobium parahybum</u> (Vell.) Blake. Plumajillo, Zorra.</i>	147
Cuadro 24A.	<i>Características microscópicas de <u>Vatairea lundellii</u> (Standl.) Killip. Danto.</i>	150
Cuadro 25A.	<i>Características microscópicas de <u>Zanthoxylum belizense</u> Lundell. Lagarto.</i>	153
Cuadro 26A.	<i>Datos promedio de Peso Verde y Seco (gr/cc), Volumen Verde y Seco (gr/cc), Dimensión Radial, Tangencial y Longitudinal en Verde y Seco (cm) de las especies estudiadas.</i>	156
Cuadro 27A.	<i>Datos promedio de peso en gramos a 103 grados +/- 2 para la determinación del Contenido de Humedad de la madera de las especies estudiadas.</i>	157

ANATOMIA, PROPIEDADES FISICAS Y ALGUNOS USOS SUGERIDOS  
DE LA MADERA DE SEIS ESPECIES FORESTALES FRECUENTES  
EN EL MUNICIPIO DE LA LIBERTAD, PETEN, GUATEMALA.

ANATOMY, PHYSICAL PROPERTIES AND SOME SUGGESTED USES  
OF WOOD OF SIX FOREST SPECIES FREQUENT  
IN THE MUNICIPIO OF LA LIBERTAD, PETEN, GUATEMALA.

RESUMEN

*Se estudió la madera de seis especies forestales del bosque muy húmedo subtropical cálido, del Norte de Guatemala: Astronium graveolens Jack. (Jobillo), Bombax ellipticum HBK. (Amapola), Bursera simaruba (L.) Sarg. (Palo jiote, Chacaj), Schizolobium parahybum (Vell) Blake. (Plumajillo), Vatairea lundellii (Standl.) Killip. (Danto) y Zanthoxylum belizense Lundell. (Lagarto); en cuanto a su anatomía macroscópica y microscópica, y sus propiedades físicas: se elaboró a la vez una clave anatómica de identificación y se propusieron algunos usos sugeridos para las mismas.*

*La fase de campo se realizó en el municipio de La Libertad del departamento de Petén, donde se colectaron las muestras de madera según la norma ASTM D 143-52 sección 5 para los estudios físicos; de cada árbol cortado se extrajeron secciones discoidales de diez centímetros de grosor a 1.5 metros de la base útil del fuste para los estudios anatómicos. Los análisis físicos se realizaron según la norma ASTM D 143-52 sección 38 y 114 y para los anatómicos se elaboraron secciones discoidales finamente pulidas para los análisis macroscópicos, y para los análisis microscópicos se elaboraron probetas o bloques cuadrangulares no mayores de 3.5 centímetros cúbicos, orientados en las caras transversal, tangencial y radial; sobre los cuales, se realizaron cortes finos para realizar montajes permanentes en los tres planos; cada montaje se estudió detenidamente en un microscopio*

compuesto, determinándose valores cuantitativos para cada uno de los componentes del tejido de la madera, así como algunos datos cualitativos de la misma. A partir de todo lo anterior se desarrolló una clave anatómica de identificación y también algunos usos sugeridos de las mismas.

Se destaca para cada una de las especies estudiadas un descriptor anatómico completo en cuanto a propiedades físicas generales tales como color, olor, sabor, diseño, dirección del grano y textura; descripción macroscópica y microscópica de los poros (elementos vasculares), radios, parénquima y fibras, desarrollándose una clave anatómica de identificación.

La madera de Astronium graveolens Jack. (Jobillo) se clasifica como extremadamente pesada, con una contracción volumétrica muy baja y con respecto al secado se manifiesta estable, es adecuada para estructuras, ebanistería, pisos, durmientes, mangos de herramienta, artículos atléticos y deportivos, según la relación Runkel se clasifica como "regular para pulpa y papel"; la madera de Bombax ellipticum HBK. (Amapola) se clasifica como moderadamente pesada, de contracción volumétrica baja y muy estable al secar, de acuerdo a la relación Runkel se clasifica como "buena para pulpa y papel"; la madera de Bursera simaruba (L.) Sarg. (Palo jiote, Chacaj) se clasifica como moderadamente pesada, con contracción volumétrica muy baja y con referencia al secado es moderadamente estable, en cuanto a la relación Runkel se clasifica como "muy buena para pulpa y papel"; la madera de Schizolobium parahybum (Vell) Blake. (Plumajillo) se clasifica como liviana, con una contracción volumétrica muy baja y con respecto al secado se presenta muy estable, en cuanto a la relación Runkel se presenta como "excelente para pulpa y papel"; la madera de Vatairea lundellii (Standl.) Killip. (Danto) se clasifica como muy pesada, de contracción volumétrica media y muy estable respecto al secado, es adecuada para estructuras, carpintería de obra, pisos, ebanistería, durmientes, en cuanto a la relación Runkel se

clasifica como "muy buena para pulpa y papel; y la madera de Zanthoxylum belizense Lundell. (Lagarto), se clasificó como moderadamente liviana, de contracción volumétrica muy baja y con respecto al secado moderadamente estable, adecuada para trabajo de ebanistería y según la relación Runkel se clasifica como "muy buena para pulpa y papel".

## 1. INTRODUCCION

A través de los siglos a nivel mundial, el hombre ha estado constantemente incursionando en los bosques, seleccionando una gran diversidad de especies madereras donde el tiempo y la experiencia de uso fueron definiendo un pequeño grupo de las mismas, que por sus características físicas, mecánicas y anatómicas manifestaron ser de muy alta calidad para diversos usos que el mismo ha delineado; originándose así, una selectividad en su aprovechamiento y por ende su comercialización a gran escala; donde dicho conocimiento ha sido transmitido por generaciones tanto de padres a hijos, como en el encuentro de culturas.

Este aprovechamiento para finales del siglo XIX, puede asegurarse con propiedad que era sostenido; pero conforme fué creciendo la población mundial, dicho uso volumétrico superó al incremento volumétrico anual de dichas especies, originándose una presión de uso sobre el recurso, tendiendo así a reducir su volumen relativo existente, no dejando que el mismo se incrementara, lo cual ha dado un aviso de alerta, visualizando la necesidad de manejar y con el tiempo aprovechar dichas especies en forma sostenida.

Este fenómeno obliga a poder encontrar otras especies que puedan tener usos similares a las ya tradicionalmente conocidas, ya que el ritmo de uso es acelerado, lo cual pone a dichas especies en un camino irreversible de extinción, pudiendo estar aún a tiempo de evitarlo. Muchas especies poco conocidas comercialmente, son dejadas y quemadas en procesos de extracción de otras, en la ampliación de la frontera agrícola y muchas otras actividades análogas a estos procesos. He aquí uno de los tantos motivos del porqué investigar técnicamente en aspectos físicos, mecánicos y anatómicos de muchas otras maderas que revelen usos potenciales similares, tratando de reducir así la presión existente en maderas tradicionalmente conocidas por su alta calidad.

Como una referencia cabe mencionar que, en cuanto a las especies poco conocidas o secundarias el Investigador malayo-peninsular Yeom (26) manifiesta lo siguiente: *Una de las cuestiones cruciales de la ordenación de los bosques tropicales es el futuro de las especies poco conocidas. En las actividades de corta o desmonte de los bosques, como la explotación forestal, la conversión agrícola y la construcción de embalses, se dejan de utilizar los árboles de centenares de especies potencialmente valiosas, que muchas veces sencillamente se queman. Actualmente se sabe poco acerca de sus usos finales posibles, e*

*incluso de sus propiedades físicas. Así pues, la cuestión de qué debe hacerse con ellos es objeto de considerable debate.*

*La presente investigación hace un análisis macroscópico y microscópico de la anatomía y propiedades físicas de la madera de Jobillo (Astronium graveolens Jack.), Amapola (Bombax ellipticum HBK.), Chacaj conocido también como Palo jiote [Bursera simaruba (L.) Sarg.], Plumajillo llamado también Zorra [Schizolobium parahybum (Vell.) Blake.], Danto [Vatairea lundellii (Standl.) Killip.] y Lagarto (Zanthoxylum belizense Lundell.), las cuales fueron recolectadas en el municipio de La Libertad del departamento de Petén durante el mes de septiembre de 1992. Las muestras obtenidas fueron analizadas en los laboratorios del Área de Ciencias de la Facultad de Agronomía y en el Laboratorio de Patología de la Facultad de Veterinaria, ambas de esta Casa de estudios, durante los meses de septiembre a noviembre de 1992.*

*Con base en estos análisis se describió completamente la anatomía a nivel macroscópico y microscópico, se desarrolló una clave anatómica de determinación, se estudiaron las propiedades físicas y con base en estos análisis se desarrolló un acercamiento al uso potencial de las mismas.*

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente muchas de las especies de maderas preciosas que se conocen por su alta calidad en diferentes usos, y por ende su alto valor comercial, se constituyen en centro de atracción para su aprovechamiento y comercialización de diferentes empresas que se dedican a este campo, siendo desde pequeñas carpinterías a grandes consorcios de la industria maderera. Ello ha provocado que este recurso maderero sufra una presión constante en cuanto a su rendimiento volumétrico y sobrevivencia en los bosques tropicales y subtropicales del Planeta, llegando a ser crítico en términos actuales. A ello no escapa la situación actual del departamento de Petén, suscitándose en forma análoga este mismo fenómeno, por lo que muchas de estas maderas preciosas año con año, se han ido reduciendo en cuanto a su abundancia y calidad (fitosanitaria, porte, diámetro etc.) en las selvas peteneras y también del mundo; por lo que, ha llegado el momento en términos de urgencia nacional y mundial, de promover acciones que conlleven a la regeneración y restitución de dichas maderas a mediano y largo plazo en las regiones tropicales y subtropicales del mundo.

A la par de todo esto existe una gran cantidad de especies, que por existir otras de mayor calidad no se les ha dado mayor importancia, pudiendo guardar dentro de sí muchos usos potenciales no descubiertos, y talvez aún mejores, por lo que el primer paso es encontrar usos análogos en estas especies poco conocidas comercialmente que pudieran equipararse a las maderas preciosas de la de más alta calidad, ya que como se mencionó anteriormente dichas especies son sujetas a una explotación constante, lo cual las pone en peligro de extinción. Esta problemática obliga e impulsa a investigar en términos de propiedades físicas, mecánicas, estudios anatómicos, durabilidad, trabajabilidad, estudios químicos, derivados etc, a todas aquellas especies poco conocidas comercialmente, logrando llegar a ser alternantes en cuanto al uso de aquellas que en forma tradicional son muy conocidas comercialmente. Por lo que es altamente justificable que se realicen y apoyen este tipo de investigaciones que revelen el uso potencial de estas maderas, logrando con ello reducir esta presión existente sobre aquellas ya en camino a desaparecer, sin olvidar que se deben llevar a la par de todo ello excelentes planes de manejo que garanticen su sobrevivencia y a la vez permitan un aprovechamiento sostenido de las mismas.

### 3. MARCO TEORICO

#### 3.1 MARCO CONCEPTUAL

##### 3.1.1 Composición de la madera

##### 3.1.1.1 Anatomía de las Magnoliophyta (Angiospermas)

La división Magnoliophyta (Angiospermas) se estructura en dos clases las cuales son Magnoliopsida (dicotiledóneas) y Liliopsida (monocotiledóneas). Las especies forestales a estudiar se ubican dentro de la Clase Magnoliopsida (15).

La naturaleza y arreglo de los tejidos primarios de los tallos de las angiospermas varían en los diferentes grupos, pero casi todas tienen algunas características en común. Están cubiertos externamente por una epidermis. Contienen una red de cordones longitudinales de tejido vascular, los haces vasculares, enbebidos en una matriz, por lo regular parenquimatosa, en el tejido fundamental. Cada haz vascular contiene tanto xilema como floema, comúnmente con el xilema hacia el centro del tallo y el floema hacia el exterior (4).

Los tallos en los cuales los tejidos primarios son similares en su composición y arreglo, frecuentemente difieren en la cantidad y distribución de sus tejidos secundarios. La anatomía de tallos de angiospermas se pueden estudiar con mas conveniencia bajo cuatro títulos: dicotiledóneas herbáceas, dicotiledóneas leñosas, monocotiledóneas herbáceas y monocotiledóneas leñosas (4).

Los tallos leñosos difieren de los tallos herbáceos en su alta proporción de leño, que es un tejido duro compuesto principalmente de células con paredes gruesas. En la dicotiledóneas leñosas, como en la coníferas, el xilema es el principal o el único tejido leñoso y los términos de leño y xilema son usados en forma indistinta. La mayor parte del leño de las monocotiledóneas, sin embargo, no es xilema (4).

### A. Tallos de dicotiledóneas leñosas

La estructura básica y organización de los tejidos primarios de un tallo de dicotiledónea leñosa son esencialmente similares a los mencionados en los tallos herbáceos. En promedio sin embargo, los tallos leñosos tienen un cilindro primario vascular más continuo y presentan áreas interfasciculares más angostas. El cambium es una capa continua que forma xilema secundario y floema en la misma forma que en los tallos herbáceos (4).

### B. Xilema secundario

El leño secundario generalmente consta de traqueidas, vasos, fibras y células parenquimatosas, o no rara vez está formado de vasos, fibras y células parenquimatosas, sin traqueidas. Muchas de las células parenquimatosas (raramente todas) están arregladas en bandas en forma de listón, las cuales, en sección transversal del tallo, constituyen líneas que irradian hacia el exterior. Estas bandas se denominan **radios leñosos** o **radios del xilema**. Un radio leñoso puede tener una o varias células de grosor y de una a muchas células de alto. Algunas de ellos son extensiones de radios medulares y van desde el cambium hacia la médula. Otros se extienden solamente en la parte del camino hacia adentro, a partir del cambium (4).

Las células de los radios del leño secundario, al igual que otras células, están formadas por división del cambium. Nuevos radios se inician en el cambium de tiempo en tiempo, de tal forma que el número de radios es mayor cerca del cambium y menor hacia la médula. La distancia lateral entre los radios es entonces conservada en una cifra bastante constante (generalmente muy abajo de un centímetro) por la inserción progresiva de nuevos radios entre los establecidos con anterioridad en puntos progresivamente más lejanos de la médula. Sólo muy rara vez el cambium falla en continuar extendiendo un radio leñoso una vez que éste se ha establecido (4).

*La mayoría de las dicotiledóneas leñosas tienen células parenquimatosas verticales al mismo tiempo que radios. Estas están en contacto unas con otras, así como con las traqueidas, vasos y fibras, y forman un sistema interconectado con los radios. Cada traqueida y cada vaso se encuentran en contacto con una o más células parenquimatosas a lo largo de su longitud. El cambium continúa produciendo xilema y floema secundario año con año, en tal forma, que el tallo aumenta progresivamente en grosor. En regiones tropicales que tienen una época de sequía pronunciada, el crecimiento secundario es más o menos continuo, pero en regiones con diferencias estacionales más marcadas, el cambium continúa alternando periodos de actividad y latencia (4).*

*Las células de xilema producidas en la primavera, cuando la humedad es abundante y el crecimiento rápido, tienden a ser relativamente grandes y de paredes delgadas con un lumen grande. Conforme las estaciones progresan y el suministro de agua disminuye, el crecimiento se hace más lento y las células maduras son pequeñas y de paredes gruesas. Generalmente existe un contraste muy marcado entre las últimas células del xilema formadas en un año y las primeras originadas en el siguiente año. Estas capas de crecimiento anual, que aparecen como series de anillos concéntricos cuando el tallo se ve en sección transversal, se denominan **anillos anuales**. Estos varían desde difícilmente visibles a simple vista, hasta grosores de 2.5 cm; pero son mucho más comunes los grosores de un milímetro a un centímetro. La edad de un árbol puede ser determinada contando los anillos anuales, aun cuando existe posibilidad de error debido a falsos anillos ocasionales que se forman durante años desacostumbrados, cuando el crecimiento se interrumpe por una corta sequía y vuelve a iniciarse en la misma estación. Los falsos anillos anuales son con frecuencia incompletos y se extienden solamente en parte alrededor del tallo (4).*

*Algunas veces existe un contraste muy marcado entre el leño de primavera y el de verano en un anillo anual. En maderas de **porosidad anillada**, los vasos del leño de primavera son grandes y más numerosos que en aquellos del leño de verano; en cambio en maderas de **porosidad***

*difusa*, los vasos son más o menos similares en tamaño y distribuidos más uniformemente. Aun las maderas de porosidad difusa pueden tener leño tardío bien diferenciado del leño temprano en el mismo año (4).

Las células parenquimatosas del xilema permanecen vivas y continúan su función normalmente por algunos años después que fueron producidas. Estas funciones incluyen almacenamiento de alimentos, conducción lateral (en los radios), y, posiblemente, tienen algún servicio en mantener funcionales a las traqueidas y los vasos en la conducción del agua. Tarde o temprano la actividad metabólica de las células parenquimatosas se modifica, dando como resultado que las otras células del xilema se infiltren con varias sustancias orgánicas, como aceites, resinas, gomas, taninos y materiales aromáticos y colorantes. Debido a estos cambios, los vasos y traqueidas pierden su función de conducción, reteniendo sólo su función mecánica de soporte. Las células parenquimatosas mueren entonces y su protoplasma degenera. En muchas especies, los vasos y traqueidas se bloquean por tilosis concurrentemente con los otros cambios antes mencionados. Las tilosis son excrecencias de las células parenquimatosas adjuntas que se expanden a través de la cavidad de la puntuación y algunas veces llenan completamente el lumen. El leño con tilosas es muy conveniente para ciertos usos, por ejemplo, para barriles a prueba de agua (4).

El núcleo central de xilema que ha perdido su función de conducción de agua, se denomina **duramen**, y la capa exterior que continúa conduciendo agua y sustancias disueltas recibe el nombre de **albura**. El duramen es por lo general más oscuro en color que la albura y la diferencia es obvia a simple vista. El límite entre las dos es comúnmente irregular, extendiéndose varios anillos anuales más cerca del cámbium en algunos puntos que en otros; la parte interna de la albura se cambia amenudo a duramen conforme la albura se va formando por divisiones de las células cambiales. El duramen constituye entonces la parte central en expansión progresiva; en cambio la albura tiende a permanecer más o menos del mismo grosor a través de la vida de un árbol. Un árbol grande puede tener un anillo de albura de solamente unos cuantos centímetros de grosor, rodeando un corazón de duramen de

varios metros de grosor. La muerte final de las células parenquimatosas del xilema y el cambio asociado de albura en duramen nos muestra otro ejemplo del principio general de que las células no meristemáticas del cuerpo vegetal multicelular no tienen una vida ilimitada. La especialización de estructura y función de las células es siempre imperfecta metabólicamente y, tarde o temprano, los desequilibrios metabólicos y la acumulación de materiales de desecho llevan a la muerte. Las células del meristema, en gran parte, evitan estas dificultades por la producción constante de nuevas células, en tal forma que los desechos metabólicos son distribuidos continuamente hacia afuera del meristema. Los organismos unicelulares por lo común pasan algo de sus desechos al medio que los rodea, por medio de vacuolas contráctiles, pero, posiblemente, aun los organismos unicelulares no serían potencialmente inmortales, si no fuera por la distribución de desechos, resultante de la división celular (4).

La apariencia de la madera varía de acuerdo con la dirección en la cual se corta. Secciones transversales muestran anillos anuales concéntricos, con los radios formando líneas en ángulos rectos a ellos. Los vasos frecuentemente son lo suficiente grandes para mostrarse como poros evidentes en una matriz fina y densa de traqueidas, fibras y células parenquimatosas. En una sección radial longitudinal (o sea, un corte a lo largo del radio de tallo), los anillos anuales aparecen como bandas paralelas verticales y los radios leñosos semejan a listones anchos que los cruzan en ángulos rectos. Las células individuales de los radios aparecen en forma de ladrillo, con el eje más largo orientado con las bandas; en cambio, la mayoría de los otros elementos del xilema son verticalmente más alargados. La madera aserrada en cuartos se corta así para obtener principalmente secciones radiales o casi radiales después que la troza ha sido al principio cortada en cuartos verticales. En una sección tangencial longitudinal, los anillos anuales tienden a formar figuras irregulares. Las traqueidas, vasos y fibras aparecen en forma semejante a la sección radial y los radios también se observan como líneas verticales, paralelas a los otros elementos del xilema (4).

### **3.1.2 La estructura diminuta de las maderas duras (maderas porosas o latifoliadas).**

Según Pashin & de Zeeuw (18), las características anatómicas que distinguen las maderas duras de las maderas de coníferas se podrían resumir así:

**3.1.2.1** Las maderas duras (latifoliadas) difieren de las maderas suaves (coníferas) en que poseen elementos del vaso (también llamados miembros del vaso y segmentos del vaso), que cuando se observan en sección transversal se llaman poros, de allí el nombre de maderas porosas. Las maderas suaves se dice que son no porosas en el sentido que no contienen vasos.

**3.1.2.2** La alineación radial de las células longitudinales que caracteriza a las maderas suaves, cuando se observan en sección transversal, es deficiente o más o menos oscuro en maderas duras. Esta deficiencia de alineación radial es el resultado de dos procesos actuando simultáneamente.

**A.** Los vasos (poros) de maderas duras usualmente se alargan apreciablemente en diámetro siguiendo su formación a partir de los inicios cambiales. El alargamiento en diámetro de los elementos del vaso causa congestión de algunas de las otras células longitudinales fuera del alineamiento y fuerza los rayos, especialmente si son angostos, para doblarse alrededor de los poros grandes.

**B.** Las células meristemáticas de los flancos del inicio cambial que están para formar un elemento del vaso falla para dividirse, y así permitir que el elemento del vaso en desarrollo se expanda tanto radial como tangencialmente. Este último fenómeno puede demostrarse más rápidamente en maderas de anillos porosos mediante el conteo del número de células en la dirección radial a partir de un crecimiento delimitado al próximo. Se hace una comparación de los conteos de células entre un lugar donde un vaso temprano de la madera está rodeado en cada lado por un rayo y en una posición cercana en el mismo anillo entre dos rayos donde no se han formado vasos grandes tempranos de la madera.

**3.1.2.3** *Las maderas duras son mucho más complejas en estructura que las maderas suaves debido a que más células entran a su composición, y éstas células muestran más variación en tamaño, forma, y arreglo dentro del anillo en crecimiento.*

**3.1.2.4** *Los rayos de maderas duras son más variables en ancho que aquellos en coníferas. Los últimos rayos son mayormente uniseriados; los rayos uniseriados también caracterizan ciertas maderas duras, pero la gran mayoría de ellos poseen rayos de dos o más células de ancho. El ancho del rayo, en muchas ocasiones, podrían ser usados como una característica de diagnóstico en la separación de maderas duras; esto no se mantiene para maderas suaves.*

### **3.1.3 Anatomía comparativa de las maderas duras**

*Los elementos que ocurren en las especies nativas de maderas porosas, comparadas con los elementos de las maderas no porosas; se observa, que la estructura más compleja de las maderas duras es muy aparente (18).*

#### **3.1.3.1 Elementos Longitudinales (Células) de Maderas Porosas**

*Las células longitudinales descritas como elementos del vaso, fibras y traqueidas son elongadas longitudinalmente, p.ej., en la dirección del eje largo del tronco del árbol. Ellas están equipadas con una variedad de hoyos y actúan primeramente funciones conductivas o mecánicas, o ambas. Estos elementos se caracterizan por la pérdida del protoplasto tan pronto como o ligeramente después que están completamente desarrolladas. Las células de parénquima, en contraste, son células cortas, equipadas solo con agujeros simples. Las células de parénquima retienen sus protoplastos por algún tiempo y actúan principalmente con función de almacenamiento (18).*

##### **A. Elementos del vaso**

*Como se ha dicho, las maderas porosas se caracterizan por la presencia de vasos, estructuras parecidas a tubos de largo indeterminado compuestas por un número de células denominadas elementos*

del vaso, miembros del vaso, o segmentos del vaso. Se ha encontrado que mientras que los vasos individuales siguen un curso generalmente longitudinal, también divergen tangencialmente y en menor extensión radialmente, formando así una red de conducción tridimensional en el xilema secundario (madera) (18).

**a. Formación del Componente de Elementos del Vaso**

Cada célula del vaso componente (elemento del vaso) se desarrolla de una célula longitudinal que ha crecido a través de la división de una inicial fusiforme cambial. En los primeros estados de desarrollo, una célula longitudinal destinada a llegar a ser un miembro del vaso es imperforada. Se alarga rápidamente transversalmente, pero existe muy poca o sin elongación a lo largo del grano. Después que el elemento del vaso ha alcanzado su tamaño máximo, se desarrolla la pared secundaria, dejando huecos para agujeros y lugares no gruesos en las terminaciones de la célula adjuntando otros elementos del vaso. Estas paredes delgadas en las terminaciones de los elementos del vaso son removidas por acción enzimática, antes que desaparezca el protoplasto, dejando aberturas denominadas perforaciones. El aparejamiento de las perforaciones en elementos del vaso adyacentes provee un pasaje abierto para el movimiento hacia arriba del agua en el tallo del árbol (18).

**b. Forma y Tamaño de los Elementos del Vaso.**

Los elementos del vaso tienen un rango desde forma de tambor y forma de barril a oblonga y linear, con o sin disminución gradual amplia o extensiones parecidas a cola en una o ambas terminaciones (18).

Las extensiones del vaso, p.ej., las partes del vaso extendiéndose más allá de las perforaciones, podrían variar de una cola corta o delgada larga a una terminación parecida a correa (ligulada), o las extensiones podrían tener una

disminución gradual amplia. Las extensiones podrían ocurrir en el mismo lado de un miembro del vaso o sobre lados opuestos. Las extensiones del vaso son fácilmente visibles solo cuando las células han sido separadas por maceración. Los elementos del vaso varían considerablemente en largo en diferentes maderas, aún cuando ocurre poca o ninguna elongación a lo largo del grano conforme crecen en diámetro. Esta variación en el largo de los elementos del vaso se debe al hecho que las iniciales cambiales longitudinales son de diferente longitud en las diferentes especies de árboles (18).

Los elementos del vaso podrían variar también en el largo en una menor extensión en el mismo árbol, debido al crecimiento en tamaño de las iniciales cambiales conforme madura un árbol. La variación considerable en el largo de los elementos podría encontrarse también en el mismo anillo, particularmente en las maderas de anillo poroso tales como el encino. Esta situación surge debido a que los miembros del vaso en la madera posterior se mantiene alrededor del mismo largo como los iniciales cambiales, pero aquellos en la madera temprana se acortan apreciablemente conforme se incrementan en diámetro y se vuelven de forma anular o de barril. Un elemento del vaso en aspecto transversal, p.ej., cortado en ángulos rectos hacia el grano, parece un poro. El término poro incluye no solo la apertura actual pero también la pared rodeadora. Las secciones cruzadas de los elementos del vaso (los poros de la madera) varían mucho en diámetro. El diámetro tangencial es el más conservador y por ello la dimensión es usualmente medida para determinar el tamaño de los elementos del vaso (18).

### c. Arreglo de los Elementos del Vaso.

Las maderas duras pueden dividirse en tres grupos sobre la base de la variación del tamaño del poro dentro de los anillos de crecimiento. Si los poros son formados en la primavera (estación lluviosa en nuestro país) son mucho más grandes que

aqueellos formados después en la estación, la madera es de anillo poroso. Por otro lado, si los poros son considerablemente uniformes en tamaño y aún bien distribuidos a lo largo del anillo, se dice que la madera es porosa difusa. Ciertas maderas son intermedias a este respecto, y se clasifican como de poroso seminular o poroso semidifuso, mas comunmente denominado como semicircular en nuestro medio (18).

Los poros podrían ser solitarios o agrupados en varias formas. Un poro solitario está generalmente rodeado; la forma oval predomina, con el eje largo en dirección radial. En maderas con elementos fibrosos de pared gruesa y elementos con pared delgada, los poros son angulares. No infrecuentemente varios poros son contiguos en una dirección radial. Tal grupo de poros aparece como un poro consistiendo de varias divisiones. Este tipo de arreglo de poro se conoce como un poro múltiple. Las series radiales de poros solitarios se llaman cadenas de poros. Los poros anidados de madera tardía (grupos de poros) son una característica de diagnóstico importante. El espaciamiento y número de los poros por milímetro cuadrado de superficie son también variables. En algunas maderas se pueden encontrar áreas de tejido que están exentas de poros, mientras que en áreas vecinas de la misma porción del anillo, se pueden contar numerosos poros. Los conteos de poros entre 6 y 20 por milímetro cuadrado podrían considerarse como promedio (18).

#### **d. Escultura de los Elementos del Vaso.**

La escultura de los elementos del vaso es ocasionada en parte por la naturaleza de las aberturas que se forman en o cerca de sus terminaciones, en parte por la naturaleza de su agujereo, y por los engrosamientos provistos estos están presentes, sobre todo en la superficie interna de la pared secundaria, expresándose dicha escultura de las siguientes formas (18):

**i. Naturaleza de la Apertura entre los Elementos del Vaso.**

*La comunicación entre los elementos del vaso está asegurada a través de la formación de una apertura o una serie de aperturas orientadas transversalmente a través de las paredes comunes a dos elementos del vaso adyacentes. La porción de la pared envuelta en la coalescencia de dos miembros de un vaso es conocida como un placa de perforación, y las aperturas se denominan perforaciones.*

*En realidad una placa de perforación consiste de dos medias placas que están en dirección invertida, cada mitad perteneciendo a diferentes elementos del vaso encontrándose en ese punto. Ordinariamente dado un elemento del vaso cualquiera, posee tales dos mitades de la placa perforada, una en cada terminación; pero ocasionalmente más de dos se encuentran presentes, indicando que el elemento del vaso en cuestión se conecta con tantos elementos del vaso como placas perforadas tenga.*

*Cuando solo una apertura (perforación) es evidente, la placa perforada es simple. Cuando un número de aperturas paralelas, orientadas transversalmente están presentes, se le llama placa de perforación escaleriforme. Algunas de las barras en las placas de este tipo pueden ser ramificadas. Otro tipo de placa, es la placa de perforación reticulada con perforaciones irregulares en una red de barras. En cualquier caso, esa porción del margen de la placa remanente después que se completa la perforación se le llama orilla de perforación; ésta podría ser delgada o ancha. El número de barras en una placa de perforación múltiple podría ser pocas o muchas. Si hay solo unas pocas barras, son usualmente más bien gruesas.*

*ii. Naturaleza y extensión de las punteaduras en las paredes de los Elementos del Vaso.*

*La naturaleza y extensión de las punteaduras en las paredes de un elemento del vaso varían grandemente dependiendo de los tipos de células que resultan estar en contacto con ellos. Los pares de punteaduras entre los elementos del vaso y fibras o traqueidas son usualmente bordeados. Donde ellos conducen a elementos parenquimatosos. Ellos pueden ser bordeados, medio bordeados, o simples.*

*Los puntos de contacto de los elementos del vaso y radios usualmente destacan, porque las punteaduras son diferentes en tamaño, en naturaleza, y en arreglo de aquellos que conducen a elementos longitudinales. Las punteaduras conduciendo a traqueidas y fibras son usualmente en filas verticales o cercanamente a verticales, conformándose a la configuración de estos elementos. En algunas maderas los pares de agujeros son escasos donde las fibras libriformes están en contacto con estos elementos del vaso.*

*El agujereo (punteadura) intervasal es generalmente el más conspicuo, y aparece con mejor provecho en las áreas tangenciales del elemento del vaso. Es frecuentemente de significancia diagnóstica. Se reconocen tres arreglos de agrupamiento de punteaduras intervasales: alternas, opuestas y escaleriforme.*

*Las punteaduras en el arreglo de punteaduras alternas están en filas diagonales. Su rango va de circular a oval, si no están atestados; si están atestados son poligonales y frecuentemente hexagonal. Donde prevalece el arreglo opuesto, p.ej., cuando los agujeros en filas horizontales adyacentes están arreglados*

opuestamente, los agujeros son a menudo rectangulares. El agujereo se describe como escaleriforme cuando los agujeros son lineares, con el eje largo a través del vaso, y están arreglados en series parecidas a escaleras.

### **iii. Engrosamiento espiral en elementos del Vaso**

El engrosamiento espiral en maderas duras está localizado en forma de aristas en la superficie interna de la pared secundaria y se cree que es una parte integral de la pared. Los engrosamientos espirales caracterizan los elementos del vaso de algunas maderas duras, pero en algunas maderas ocurre también en las fibras y en las traqueidas.

En maderas duras de porosidad difusa los elementos del vaso a través del anillo podrían tener engrosamientos espirales; en maderas de anillo poroso, por otro lado, los espirales, cuando están presentes, están usualmente confinados a los elementos del vaso más pequeños en la madera tardía. Las maderas duras tropicales raramente muestran engrosamiento de este tipo.

### **e. Inclusiones en los Elementos del Vaso.**

Las inclusiones que son más frecuentes son las tilosis y varias exudaciones amorfas que son gomosas, resinosas, o yesosas en la naturaleza. Raramente, los granos de almidón y cristales también están en evidencia. Una tilosis podría definirse como un sobrecrecimiento del protoplasma a partir de una célula de parénquima adyacente a través de la cavidad de la punteadura en la pared celular dentro de la cavidad de un elemento del vaso, formando una estructura parecida a saco. Cuando es numerosa, las tilosis podrían llenar el lumen del vaso completamente. Ocasionalmente las tilosis podrían tener paredes gruesas, agujereadas, goma oscura en sus lumens, y cristales (18).

Las tilosis están formadas usualmente en la endodermis interior, justamente antes de su transformación en duramen. Este es un proceso fisiológico normal que ocurre en muchas especies de maderas duras. Sin embargo, las tilosis normales algunas veces se forman en la endodermis externa también, particularmente en regiones donde, por una razón u otra, el contenido de agua cae abajo de lo normal. Las tilosis se podrían formar también como resultado de daño mecánico, crecimiento fungoso, e infección de virus. Tales tilosis se consideran traumáticas. Así mismo, se conocen casos donde las tilosis formadas en árboles después que se han caído, conectando todos los vasos de la endodermis (18).

Chattaway citado por Pashin & de Zeeuw (18), manifiesta que cuando las aperturas del agujero en los pares de agujeros conduciendo a partir de las células del radio dentro de los vasos son pequeños, la actividad de las células del radio resulta en secreción de sustancias gomosas, en lugar de formación de tilosis. Cuando éstas sustancias entran en contacto con el aire en los vasos, se solidifican y forman gomas y resinas de varios tipos y composiciones químicas.

Chattaway citado por Pashin & de Zeeuw (18), sugiere además que, debido a que las células del radio juegan un rol importante en el bloqueo de los vasos en la formación del duramen, una de las pistas para el desarrollo del duramen podría encontrarse en el largo de la vida de las células del radio. La tilosis profusa y formación de goma inhibe la penetrabilidad de una madera pero no incrementa necesariamente su durabilidad. Por otro lado, las maderas con poros abiertos se tratan más fácilmente con preservativos.

Los materiales gomosos en los elementos del vaso ocurren en protuberancias irregulares sobre las paredes internas. Ellos podrían ocluir la célula o formar particiones falsas a través del vaso en la juntura donde dos miembros del vaso se juntan, y

por lo tanto un bloqueo efectivo del vaso en estos puntos. En maderas domésticas el color de la goma es usualmente alguna sombra de rojo o café. En maderas amarillo pálido, del tipo incluido en la Rutaceae, aparece amarillo por la luz transmitida. El negro azabache se debe a depósitos copiosos de infiltración gomosa del mismo color, no solo en los miembros del vaso sino también en la lumina de otros elementos de la madera (18).

La presencia o ausencia de los depósitos gomosos en los vasos es frecuentemente de valor en la identificación. Los depósitos yesosos ocurren en los vasos de algunas maderas, a pesar de que su distribución es muy esporádica para servir como una ayuda positiva en la identificación. Se conoce poco acerca de la química de éstos depósitos; aquellos de teca (*Tectona* sp.) se dice que consisten de fosfato de calcio (18).

#### B. Traqueidas de la madera dura.

Se reconocen dos tipos distintos de traqueidas de maderas duras; estas son traqueidas vasculares y traqueidas vasicéntricas (18):

##### a. Traqueidas Vasculares

Estas son células muy similares en tamaño, forma, y posición a elementos del vaso pequeños de maderas duras, excepto que son imperforadas en los extremos. Están arreglados en series verticales, como los vasos pequeños con los que están asociados; una serie dada podría consistir enteramente de traqueidas vasculares, o una mezcla de estos y miembros del vaso, sin ninguna secuencia regular.

Las paredes laterales de traqueidas vasculares contienen numerosos agujeros bordeados, del mismo tipo general como agujeros intervasales, y frecuentemente poseen engrosamientos espirales conspicuos. Debido a que las traqueidas vasculares,

cuando se cortan transversalmente, tienen la misma apariencia como poros, no pueden ser distinguidas de los poros verdaderos en la sección cortada de la madera.

#### **b. Traqueidas Vasicéntricas**

Estas son cortas, células de forma irregular, con extremos cerrados, que abundan en la proximidad de los vasos grandes de madera temprana de tales maderas de anillo poroso como encinos y castaño; también se encuentran en números menores en áreas con forma de llama de tejido poroso extendiéndose entre la madera tardía en estas maderas. En ambos casos están asociados con el parénquima axial, que ellos reensamblan en sección cruzada. Las paredes laterales de traqueidas vasicéntricas están agujereadas copiosamente con agujeros bordeados conspicuos.

Traqueidas vasicéntricas difieren de las traqueidas vasculares en tener terminaciones adelgazadas gradualmente o redondeadas y en no estar arregladas en filas longitudinales definidas. La transición de elementos del vaso grandes de madera tardía a traqueidas vasicéntricas vecinas es abrupta.

#### **C. 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 (agujereado) (18).

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 autores (18).*

*Las fibras libriformes poseen agujeros que son simples o tienen bordes muy adelgazados para ser aparentes. Las fibrotraqueidas califican entre fibras libriformes por un lado, y, cuando son septadas, entre parénquima aislado en el otro. Las fibrotraqueidas y fibras libriformes podrían estar en la misma madera, y la transición entre ellos es a menudo tan gradual que podría ser una cuestión arbitraria asignar a una célula a uno u otro tipo (18).*

*Ambos tipos de fibras exhiben un número de modificaciones, algunas de las cuales son de valor diagnóstico. Como regla, la superficie interna de la pared secundaria de las fibras es suave; en algunas maderas, los engrosamientos espirales podrían estar presentes. En otras maderas, se forman paredes transversales delgadas (septas), en las fibras, resultando en fibras libriformes septadas o fibrotraqueidas. Tales paredes transversas se extienden solo a la superficie interior de las paredes secundarias laterales de la fibra, dividiendo la fibra en dos o más compartimentos. No infrecuentemente las fibras son septadas falsamente. Esta característica es rara en maderas de zonas templadas pero común en maderas tropicales. La septación falsa resulta de la deposición de placas transversales de materiales gomosos o resinosos, simulando septas verdaderas (18).*

*Las tilosis ocurren en las fibras de varios géneros de Magnoliaceae. Otra modificación de las fibras consisten de fibras gelatinosas, encontradas mayormente en madera de tensión de maderas duras, pero también mezcladas con fibras no modificadas en la madera normal. Estas fibras difieren del tipo normal en que poseen una pared celular más interna que difiere en propiedades físicas y químicas de la capa de pared secundaria usual. Esta capa, generalmente descrita como gelatinosa, es altamente refractoria a la luz y usualmente da una reacción de celulosa con varios reactivos de tinción, indicando ausencia o grado bajo de lignificación (18).*

*Las fibrotraqueidas y fibras libriformes varían grandemente en diámetro, en largo, en el grosor de las paredes, y en el volumen entrando en la composición estructural de una madera. Esto se mantiene no solo para diferentes especies sino también en diferentes individuos de la misma especie, y aún en diferentes lugares en un árbol. Las variaciones en la cantidad y calidad de tejido fibroso tienen un efecto profundo sobre la densidad de la madera, hinchazón, características de encogimiento, y otros factores afectando la utilización de la madera (18).*

#### **D. *Parénquima longitudinal (axial)***

*El parénquima de la madera es un tejido compuesto de células comparativamente cortas, de forma de ladrillo o isodiamétricas equipadas en la mayoría de casos con solo agujeros (punteaduras) simples. Estas células están involucradas primordialmente en almacenamiento y en menor extensión en la conducción de carbohidratos; ellas se mantienen funcionales por un periodo más largo (supuestamente tanto como sean parte del córtex) que las células de conducción y mecánicas. Existen tres clases de parénquima longitudinal: (a) parénquima aislado, (b) parénquima fusiforme, y (c) parénquima epitelial, los cuales se describen a continuación (18):*

##### **a. *Parénquima Aislado***

*Este tipo está formado a través de división transversa de la célula hija cambial fusiforme, con el aislado entero aproximadamente de la misma forma que la célula cambial original. Como se ve a lo largo del grano, los aislados de parénquima varían en el número de células de una a muchas, aunque en el mismo tipo de madera el rango es usualmente pequeño.*

*El parénquima aislado es con mucho el tipo más común de parénquima longitudinal en maderas duras. En algunas especies de árboles tropicales este podría incluir un volumen apreciable*

de la madera, algunas veces más del 50 por ciento; en maderas domésticas su rango va de menos de 1 a alrededor de 24 por ciento en volumen. El parénquima aislado longitudinal, cuando está amontonado en varias formas, es a menudo visible en superficies transversales con aumento bajo, pareciendo más claro o más oscuro que el tejido circundante. Varios arreglos de parénquima se reconocen, y estos son suficientemente uniformes para permitir su uso en la identificación de varias maderas porosas. Los términos descriptivos usados en este texto para definir los diferentes arreglos de parénquima longitudinal, como es visible en secciones transversales, son como siguen:

*i. Parénquima apotraqueal.* Parénquima longitudinal arreglado independientemente de los poros.

*i.a Difuso-apotraqueal.* Células de parénquima simples distribuidas irregularmente entre las fibras.

*i.b Difuso en agregados.* Células de parénquima apotraqueal que tienden a ser agrupadas en líneas cortas tangenciales, algunas veces extendiéndose de radio a radio.

*ii. Parénquima paratraqueal.* Parénquima longitudinal asociado con los vasos o traqueidas vasculares.

*ii.a Paratraqueal Escaso.* Parénquima paratraqueal confinado a unas pocas células alrededor de los vasos.

*ii.b Paratraqueal vasicéntrico.* Parénquima paratraqueal formando una envoltura más o menos completa, una o más células de ancho, alrededor del vaso.

*ii.c Paratraqueal Aliforme.* Parénquima paratraqueal que se extiende desde los flancos del poro, formando extensiones laterales parecidas a alas.

*ii.d Paratraqueal confluyente.* Parénquima aliforme formando bandas irregulares tangenciales o diagonales.

*iii. Parénquima bandeado.* Parénquima formando líneas concéntricas o bandas. Este podría diferenciarse además entre apotraqueal bandeado, si es principalmente independiente de los poros, o paratraqueal bandeado, si está asociado definitivamente con los poros. Debido, a que sin embargo, ambos tipos de parénquima bandeado generalmente ocurren en la misma madera, el uso del término bandeado sin más calificación es muy apropiado.

*iv. Parénquima Marginal.* Parénquima longitudinal ocurriendo ya sea como células ocasionales, o formando una capa más o menos continua de una a más células de ancho, en el margen de un anillo de crecimiento. Anteriormente éste tipo de parénquima se describió como terminal. Sin embargo, Chowdhury citado por Pashin & de Zeeuw (18), ha demostrado que el parénquima longitudinal puede ocurrir ya sea al final de la estación de crecimiento o a su inicio. Por lo tanto él ha propuesto la designación de terminal para el anterior e inicial para el posterior. Pero debido a que en la práctica actual es frecuentemente difícil distinguir entre estos dos tipos, se prefiere un término simple marginal.

Más comunmente que no, varios tipos de parénquima longitudinal aislado están presentes en la misma madera. Por ejemplo, en encinos rojos parénquima apotraqueal, cuyo rango va de difuso a bandeado, aparece junto con varias formas diferentes de parénquima paratraqueal.

**b. Parénquima Fusiforme**

*Este parénquima longitudinal es derivado de un inicio cambial fusiforme sin subdivisión. Las células de parénquima fusiforme son características de las maderas duras más altamente desarrolladas.*

**c. Parénquima Epitelial**

*Este tipo consiste de células de parénquima que encierran las cavidades de canales longitudinales. Las células epiteliales longitudinales son escasas en maderas de estructura normal. Ciertas maderas duras tropicales, poseen canales de resina normales. Como regla, en las maderas duras en los cuales los canales aparecen, los canales son de tipo longitudinal o transversal, los dos tipos raramente ocurriendo en la misma madera.*

**d. Inclusiones en Células de Parénquima**

*Estas ocurren frecuentemente y podrían consistir de gomas o resinas, que podrían o no, ser de color oscuro, o granos de almidón, y, menos comunmente en maderas de zonas templadas, protuberancias amorfas de sílice cuyo rango en tamaño va de pequeño a diminuto.*

*Los cristales, en su mayoría son de compuestos de calcio, son muy comunes en células de parénquima y son usualmente romboides de forma. Cuando los cristales se forman en parénquima aislado, una unidad de célula simple del aislado podría ser transformada a un locus o depósito originario de cristales, o dos o más podrían servir como depósitos de cristal. Un aislado podría ser en parte cristalífero y en parte exento de cristales. Debido a que las células originarias de cristales son usualmente de alguna forma alargadas, puede reconocerse fácilmente. Algunas veces una o más unidades del aislado se subdivide, de*

manera que las células resultantes son lo suficientemente grandes para acomodar un cristal. Tal parénquima originario de cristal se designa como acamarado o cristalífero.

### **3.1.3.2 Elementos Transversales (Células) de Maderas Porosas (Radios de Madera).**

Los elementos transversales en maderas duras están confinados a los radios, como es válido para las maderas suaves. Los radios en las maderas porosas difieren de aquellas en las maderas suaves en tener una mayor variedad de formas de células, más variación en el arreglo de las células, y más variedad en las inclusiones celulares. Los radios en maderas duras son también más variables en ancho y altura que aquéllas en maderas suaves (18).

#### **A. Composición de los radios de las maderas en maderas porosas.**

Los radios de las maderas consisten enteramente de células de parénquima, con la excepción del tipo especializado de radio llamado agregado, que es una estructura compuesta de radios pequeños espaciados cercanamente, fibras, y algunas veces vasos. Las células del radio parénquimatosas podrían, sin embargo, variar considerablemente en tamaño y forma. Cuando las células del radio son todas de aproximadamente el mismo tamaño y forma, los radios se denominan homocelulares (anteriormente llamadas homogéneos); los radios se dice que son heterocelulares (anteriormente llamados heterogéneos) si contienen más de un tipo de células de parénquima del radio (18).

Las células del radio elongadas radialmente, son llamadas células procumbentes, mientras que aquellas orientadas verticalmente, son llamadas células verticales. Los radios homocelulares podrían estar compuestos completamente de cualquier tipo de célula. En las especies nativas las células verticales en los radios heterocelulares están confinadas a una o más células en los márgenes superior e inferior del radio. En algunas maderas, podrían haber varias filas de tales células verticales marginales, formando proyecciones de los radios parecidas a colas, uniseriadas. En las maderas tropicales las células verticales

*algunas veces forman una envoltura alrededor de la porción central del radio hecho de células del radio procumbentes; en este caso las células verticales son llamadas células de envoltura (18).*

*La composición del radio es una característica importante y frecuentemente fácilmente determinable para la separación de las maderas que están emparentadas cercanamente o de otra manera fácilmente confundidas. Algunas maderas que poseen radios multiseriados homocelulares y heterocelulares podrían tener también radios uniseriados ya sea enteramente de células procumbentes o completamente de células verticales o de ambos tipos (18).*

#### **B. Tamaño de los radios.**

*Los radios podrían no ser visibles a simple vista en las superficies transversales y tangenciales. Cuando están en evidencia, esta característica puede usarse para separar ciertas maderas. Exclusivamente o predominantemente los radios uniseriados del tipo que caracteriza las maderas suaves son encontradas raramente en maderas comunes. La mayoría de las maderas duras, sin embargo, poseen radios cuyo rango va de dos a muchas series. Los radios multiseriados parten frecuentemente donde cruzan los límites de los anillos del crecimiento (18).*

*Como se vio en sección tangencial, los radios en maderas duras son generalmente muy variables en altura, y usualmente intermedios en tamaño, posiblemente indicando que aquellos que crecieron de último en el cambium no han alcanzado todavía su altura y ancho máximos. Tales radios de tamaños variados son comunmente presentados en el plano tangencial. En muchas maderas tropicales, los radios y a veces otros elementos longitudinales están arreglados en filas horizontales regulares. Tal arreglo de elementos del vaso se le llama estratificado o en pisos; cuando se ve a simple vista o con lupa, las maderas con células en pisos exhiben marcas de ondulación en la superficie tangencial. Los radios depositados son muy uniformes en altura, con tal de que esten restringidos a un piso. Sin embargo, en algunas*

*maderas con radios en hilera algunos de los radios se extienden a través de varios pisos. En tales casos la altura del radio es variable, aún cuando la madera exhiba marcas de ondulación. Si los radios por sí solos están en pisos, entonces los radios cambiales están de igual forma en pisos; cuando todas las células longitudinales están estratificadas, entonces ambos, los inicios fusiformes, como también los radios en el cambium, están en pisos (18).*

### **C. Espaciamiento de los radios.**

*Los radios de maderas porosas difieren no solo en tamaño (ancho y alto) sino que también en su espaciamiento. El espaciamiento de los radios en maderas duras puede ser estudiado para mejor aprovechamiento en secciones transversales. Se cuantifica como el número de radios por milímetro que crusa el límite de un anillo. Debe apuntarse que la figura o diseño de la madera, especialmente aquella sobre la superficie radial, podrían ser afectadas por el tamaño, y en menor grado por el espaciamiento, de los radios; esta figura se describe como "fleck" del radio (18).*

### **D. Canales de goma en radios de maderas porosas.**

*Canales transversales de goma en maderas duras son de la misma naturaleza general que aquellos de maderas suaves con células epiteliales parenquimatosas. Los canales podrían llenarse con gomas, resinas, látex u otros materiales (18).*

### **E. Agujeros (punteaduras) en radios de maderas porosas.**

*Los agujeros de parénquima del radio tienen un rango que de simple y diminuto a bordeados y relativamente grandes. El agujereo podría ser igualmente abundante en todas las paredes, y su naturaleza es a menudo fuertemente influenciada por la naturaleza del agujereo complementario en la pared del elemento adyacente. No infrecuentemente las paredes laterales de las células verticales están agujereadas*

*copiosamente y conspicuamente, mientras que, los agujeros están dispersos o completamente escasos sobre las paredes laterales de las células procumbentes (18).*

*La naturaleza del agujereo entre los radios y elementos del vaso es frecuentemente de algún valor diagnóstico. Todas las especies de madera pueden ser agrupadas sobre la base del agujereo del radio-vaso bajo tres incisos (18):*

- a. Agujereo del radio-vaso que es simple y elongado.*
- b. Agujereo del radio-vaso cuyo rango va de simple a bordeado y muy variable en forma y tamaño.*
- c. Agujereo radio-vaso similar a agujereo intervasal.*

***F. Inclusiones en células del radio.***

*Las células del radio frecuentemente contienen la misma cantidad de inclusiones que las células de parénquima longitudinales. Estos materiales podrían ser cristales, sílice y numerosos materiales amorfos de naturaleza química compleja y materiales nitrogenados, tales como alcaloides. Los carbohidratos, usualmente en forma de granos de almidón, también son comunes, particularmente en la porción del córtex del tallo. Se dispone de poca información exacta sobre la naturaleza química de muchas de estas infiltraciones. Frecuentemente el color, olor, y sabor de la madera son indicios de estos productos (18).*

*El sílice es muy comúnmente encontrado en ciertas familias de maderas tropicales pero mucho menos en maderas de zonas templadas. Cuando están presentes usualmente ocurren en las células procumbentes como cuerpos amorfos, redondeados que incrementan en tamaño a partir del cortex a un máximo en el duramen. La presencia de aún pequeñas cantidades de sílice es muy detrimental para la industrialización de las propiedades de la madera seca. Los cristales aparecen más en células del radio en una gran variedad de formas que en parénquima axial. Estos son a menudo romboidales pero también ocurren en la forma de conjuntos esféricos en células alargadas (drusas), como cristales*

separados parecidos a agujas (acicular), como paquetes de cristales largos, de forma de aguja (ráfides), como varas, o como masas granulares de cristales muy finos (arena de cristal). Los cristales podrían formarse ya sea en las células verticales o procumbentes, como cristales simples en una célula, o en múltiples (18).

#### **G. Volumen del radio en maderas porosas.**

El volumen del radio de maderas porosas ejerce un efecto importante sobre sus propiedades físicas, especialmente sobre los cambios dimensionales, formación de marcas y permeabilidad lateral, y también en algún modo, sobre propiedades de tensión. El volumen de radios en maderas duras es contingente sobre el tamaño alcanzado por los radios y sobre su número (espaciamiento). Este varía no solo en los diferentes tipos de madera sino que también entre especies y en diferentes lugares en el mismo árbol (18).

White y Robards citados por Pashin & de Zeeuw (18), apuntan que el número de radios y su ancho, y por lo tanto el volumen del radio, son afectados por la tasa de crecimiento, medido por el ancho de los anillos de crecimiento. Estos descubrimientos apuntan las incertidumbres que rodean el uso de datos numéricos incluyendo tamaños y frecuencia de características anatómicas, para propósitos de identificación de la madera.

#### **3.1.3.3 Canales de Goma Normales y Traumáticos en Maderas Porosas.**

Los canales de goma en maderas porosas, cuando están presentes, podrían ser normales o de origen traumático (golpeado). El término canal de goma, como se usa para maderas duras, incluye canales cuyos contenidos podrían ser gomas, resinas o mucílago dependiendo del género en cuestión. Los canales de goma normales ocupan la misma posición en maderas porosas como los canales de resina en coníferas; p.ej., se extienden con el grano, embebido en elementos longitudinales, o a través del grano, incluido en los radios de madera. Los dos tipos, sin embargo, rara vez están presentes en la misma madera; p.ej., los canales en una madera dura dada son usualmente ya sea

*longitudinales o transversales (18).*

*Los canales transversales normales se encuentran en maderas de algunos géneros de la Anacardiaceae y Burseraceae. Cuando están presentes, tales canales están embebidos en los radios fusiformes, en la misma forma que en las maderas de coníferas. Los canales traumáticos en maderas duras se podrían formar en una de dos maneras, o por combinación de éstas, y están restringidas solo al tipo longitudinal. Un tipo de canal traumático en maderas duras es de naturaleza esquizógena, del mismo tipo que en maderas suaves; éstos canales resultan de la separación de células a la mitad de la lamela. Otros se forman a través de desintegración actual (gomosis) de las paredes celulares, en cuyo caso son llamados canales lisígenos. En algunos casos los canales traumáticos se forman como resultado de ambos de éstos procesos; p.ej., la cavidad forma primero a través de fusión celular y separación de células en la mitad de la lamela, seguido por el alargamiento de la cavidad a través de gomosis de las células que rodean inmediatamente ésta. Este tipo de formación de canal se describe como esquizógeno (18).*

*Los canales esquizógenos traumáticos de las maderas duras son provistas con epitelio, lo mismo que los canales normales; aquellos de origen lisígeno están exentos de este. Debido a que los canales lisígenos y esquizógenos resultan de la desintegración celular, son generalmente mucho más grandes (a menudo 1/8 de pulgada o más de diámetro) que los canales esquizógenos. Los canales lisígenos podrían estar dispersos simplemente, o más comunmente están arreglados en filas tangenciales como se ve a través del grano, y son a menudo conspicuos a simple vista por su tamaño y contenidos gomosos. A lo largo del grano la cavidad podría ser continua, o aparecer en series, separados por tejido golpeado (18).*

#### **3.1.4 Propiedades físicas**

*La densidad y las contracciones tiene influencia sobre los aspectos de trabajabilidad de la madera, ya que si sus valores son altos o bajos, también seran altas o bajas las propiedades mecánicas y los grados de deformación (1).*

*Estas dos propiedades se encuentran íntimamente relacionadas y en general*

para una misma disminución del contenido de humedad, las maderas con densidad aparente alta sufren mayores contracciones que las de densidad aparente baja, esto es explicable, porque las maderas pesadas tienen una mayor cantidad de pared celular para dejar hinchar o contraer; aunque esto no es una regla general, es un buen indicador de comportamiento de las maderas, las excepciones que se presenten, son debidas posiblemente a que todo no es pared celular y en el lumen de las fibras puede haber materiales infiltrados que reducen la contracción y el hinchamiento (1).

#### **3.1.4.1 Contenido de humedad**

La madera es una sustancia higroscópica con gran afinidad por el agua (líquida o en vapor) y otros líquidos polares. Todas las propiedades físicas, mecánicas y no mecánicas, características de elaboración, resistencia al ataque de hongos, son afectadas por la fluctuaciones en los contenidos de humedad, siendo esta la razón por la cual los valores obtenidos en ensayos de madera deben ir acompañados de los respectivos contenidos de humedad (1).

#### **3.1.4.2 Contracción**

Las contracciones en una muestra de madera se presentan al disminuir su contenido de humedad por debajo del punto de saturación de la fibra. El agua u otros líquidos polares al salir de la pared celular causan un acercamiento de las microfibrillas, el cual está en proporción al líquido extraído. Una excepción de que la madera no se contrae abajo del punto de saturación de la fibra, es el colapso (aplastamiento de células por secado brusco), defecto que al presentarse hace que los datos de contracción obtenidos no puedan darse como cambios dimensionales normales de la madera (1).

Los valores de contracción indican la estabilidad dimensional o los cambios que puede tener una madera al ser sometida a condiciones variables de humedad relativa. Dichos valores permiten recomendar ciertos usos y ayudan en la elaboración de programas de secado (1).

### **3.1.4.3      *Peso específico aparente.***

*La determinación de este valor es una referencia útil de calidad, puede ayudar en la selección y clasificación de maderas, permite estimar su resistencia, habilidad para sostener clavos y facilidad de trabajo en las máquinas; es también índice de la resistencia a diversos usos y sirve como base para estimar rendimientos de pulpa y requisitos para las cocciones. En términos generales, se puede decir, que la densidad depende del tamaño de las células, espesor de las paredes celulares y la interrelación entre el número de las diferentes clases de células constituyentes del leño (1).*

### **3.1.5 Planos de la madera**

*Según Barajas citado por Valdés (23), menciona que dado el origen biológico de la madera, las características tanto anatómicas como fisicomecánicas van a ser diferentes en cada uno de los planos que la forman debido a su anisotropía; sus propiedades variarán de acuerdo con la dirección del eje o plano según el cual se va a realizar el análisis. De esta manera se pueden distinguir tres ejes distintos: eje longitudinal, paralelo al eje principal del tronco; eje radial, formando una línea radial al cono del tronco y perpendicular a la corteza; eje tangencial, formando una tangente sobre los anillos de crecimiento y perpendicular al eje radial. La intersección de estos ejes forman los llamados planos de la madera:*

- a.      Plano transversal (x)*
- b.      Plano longitudinal radial (r)*
- c.      Plano longitudinal tangencial (t)*

*Como en cada uno de los planos las estructuras anatómicas se observan de manera diferente, es conveniente observarlos en conjunto para tener una idea clara, tridimensional de las células y tejidos que constituyen la madera (23).*

### **3.1.6 Identificación de la madera**

*Para la identificación de maderas se utilizan claves específicas, basada en rasgos visibles, con poca o ninguna magnificación, es decir, rasgos observables a simple vista o con ayuda de una lupa de aumento 10X. Algunas propiedades físicas,*

tales como el color, olor, sabor, lustre, densidad y calidad de superficie se utilizan como criterio de identificación, en cierta medida, aunque frecuentemente son muy variables y difíciles de definir. Como regla general, tales rasgos son menos confiables que las características anatómicas (25).

La clave dicotómica se basa en rasgos que son visibles con un microscópio compuesto. El uso de un microscopio ofrece la posibilidad de considerar un amplio rango de características anatómicas confiables. Las principales desventajas que se presentan al trabajar con rasgos microscópicos son dos: la necesidad de disponer de un microscopio y la dificultad de preparar material para exámen microscópico. El material para exámen microscópico debe incluir secciones montadas en láminas de vidrio, orientadas en planos transversal, tangencial y radial. Además de estar bien orientadas respecto a estos tres planos, las secciones deben ser lo suficientemente delgadas como para permitir una transmisión adecuada de la luz y de un tamaño tal que incluyan todos los posibles rasgos presentes en cada una de estas superficies (25).

### **3.1.6.1 Técnica de identificación macroscópica de la madera**

Según Barajas citado por Valdéz (23), para estudiar una pieza de madera con miras a su identificación, es necesario obtener una superficie limpia y plana para efectuar la observación; dicha superficie plana se puede obtener por medio de un corte de navaja efectuado de una sola vez sobre la superficie transversal de la pieza a estudiar; en ocasiones, tanto el corte como la posterior observación se facilitan humedeciendo ligeramente la superficie a cortar. La observación de las características estructurales puede realizarse a simple vista cuando la textura de la madera es gruesa o con la ayuda de una lupa de 10 aumentos (10X), en el caso de una madera de textura fina.

## **3.2 MARCO REFERENCIAL**

### **3.2.1 Antecedentes**

Los estudios realizados en Guatemala y a nivel mundial en aspectos de anatomía y propiedades físico-mecánicas se revelan en el Cuadro 1, indicándose el

No.	NC.	ESPECIE	EA	EF	EM	OE
1	Chicozapote	<i>Achras zapota</i> L.	N	N	N	N
2	Cola de zorro	<i>Alvaradoa amorphoides</i> Liebm.	N	N	N	N
3	Luin hembra	<i>Annelocera hotilei</i> (Standl.) Standl.	S	S	S	S
4	Rosúl	<i>Annona glabra</i> L.	N	N	N	N
5	Rosúl	<i>Annona primigenia</i> Standl & Steyerm.	N	N	N	N
6	Chíchique	<i>Aspidosperma cruentum</i> Woodson.	N	N	N	N
7	Chíchique	<i>Aspidosperma magalocarpum</i> Muell.	S	S	S	S
8	Chíchique	<i>Aspidosperma stegomensis</i> Woodson.	S	N	S	N
9	Jobillo	<i>Astronium fraxinifolium</i> Schoot.	S	N	S	S
10	Jobillo	<i>Astronium graveolens</i> Jack.	N	N	S	N
11	Amapola	<i>Bombax ellipticum</i> HBK.	N	N	N	N
12	Ramón	<i>Brosimum allicastrum</i> Swartz.	S	N	S	N
13	Pucúe	<i>Bucida buceras</i> L.	S	S	S	S
14	Palo jote	<i>Bursera graveolens</i> HBK.	N	N	N	N
15	Palo jote	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	N	N	S	N
16	Santa María	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cam.	S	S	S	S
17	Santa María	<i>Calophyllum brasiliense</i> var. <i>Rekoi</i> Standl.	S	S	S	S
18	Palo blanco	<i>Calyculophyllum candidissimum</i> (Vahl.) DC.	S	N	S	N
19	Granadillo	<i>Capparis</i> sp.	N	N	N	N
20	Ceiba	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	S	S	S	N
21	Ceiba	<i>Ceiba</i> sp.	N	N	N	S
22	Sangre	<i>Compsoeura sprucei</i> (DC.) Warb & Nova.	N	N	N	N
23	Cericote	<i>Cordia dodecandra</i> A.DC. in DC.	N	N	N	N
24	Llora sangre	<i>Croton draco</i> Schlet.	N	N	N	N
25	Granadillo	<i>Dalbergia</i> sp.	S	N	N	N
26	Granadillo	<i>Dalbergia tucurensis</i> Donn & Smith.	N	N	N	N
27	Luin macho	<i>Drypetes brownii</i> Standl.	S	S	S	S
28	Conacaste	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jack.) Griseb.	N	S	S	S
29	Cedrillo	<i>Guarea exelsa</i> HBK.	N	N	N	N
30	Sangre	<i>Guarea glabra</i> Vahl.	N	N	N	S
31	Jobillo	<i>Hura crepitans</i> L.	S	N	N	S
32	Jobillo	<i>Hura polyandra</i> Baill.	N	N	N	N
33	Rosúl	<i>Karwinskia calderonii</i> Standl.	N	N	N	N
34	Manchiche	<i>Lonchocarpus castilloi</i> Standl.	S	S	S	S
35	Manchiche	<i>Lonchocarpus guatemalensis</i> Benth.	S	N	N	S

Continuacion Cuadro 1

36	Balsamo	<i>Myroxylum balsamum</i> (L.) Harms.	N	N	N	N
37	Granadillo	<i>Ormosia isthmensis</i> Standl.	S	N	N	S
38	Manchiche	<i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg.	S	N	N	N
39	Cola de coche	<i>Pithecolobium arboreum</i> (L.) Urban.	S	N	N	S
40	Hormigo	<i>Plastymiscium dimorphadrum</i> Donn & Smith.	S	N	S	N
41	Hormigo	<i>Plastymiscium yucatanum</i> Standl.	S	N	N	S
42	Encino	<i>Quercus</i> sp.	N	N	N	N
43	Palo blanco	<i>Rehdera penninervia</i> Standl.	N	N	N	N
44	Rosul	<i>Rollinia jimenezii</i> Safford.	N	N	N	N
45	Palo blanco	<i>Roseodendrum donell-smithii</i> (Rose.) Seibert.	N	S	S	N
46	Guaciban	<i>Samanea leucocalyx</i> Britt.	S	N	N	S
47	Plumajillo	<i>Schizolobium parahybum</i> (Vell.) Blake.	S	N	S	S
48	Saltemuche	<i>Sickingia salvadorensis</i> Standl.	N	S	S	N
49	Varillo	<i>Symphonia globulifera</i> Lindl.	S	S	S	S
50	Matilisguate	<i>Tabebuia pentaphylla</i> (DC.) Britton.	S	N	S	S
51	Danto	<i>Tapiroia macrophylla</i> Lundell.	N	N	N	N
52	Canxan	<i>Terminalia amazonia</i> (Gmel.) Exell.	S	S	S	S
53	Sangre	<i>Trichilia hirta</i> L.	N	N	N	N
54	Llora sangre	<i>Trophis Chorizantha</i> Standl.	S	N	N	S
55	Llora sangre	<i>Trophis racemosum</i> L.	N	N	N	S
56	Danto	<i>Vatairea lundellii</i> (Standl.) Killip.	S	N	S	S
57	Sangre	<i>Virola koschnyi</i> Warb.	S	S	S	S
58	San Juan	<i>Vochysia guatemalensis</i> Donn & Smith.	N	N	N	N
59	San Juan	<i>Vochysia hondurensis</i> Sprague	S	S	N	N
60	Lagarto	<i>Zanthoxylum belizense</i> Lundell.	N	N	S	N
61	Lagarto	<i>Zanthoxylum mayanum</i> Standl.	N	N	N	N
62	Lagarto	<i>Zanthoxylum nigripunctatum</i> Lundell.	N	N	N	N
63	Lagarto	<i>Zanthoxylum</i> sp.	S	N	N	S

Leyenda: S: Sí posee estudios  
N: No posee estudios  
NC: Nombre común

EA: Estudios anatómicos  
EF: Estudios físicos  
EM: Estudios mecánicos  
OE: Otros estudios

Fuente: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía (22).

tipo de estudio que poseen al momento, algunas de las especies maderables ocurrentes en el Petén (22).

### **3.2.2 Marco regional**

#### **3.2.2.1 Localización geográfica**

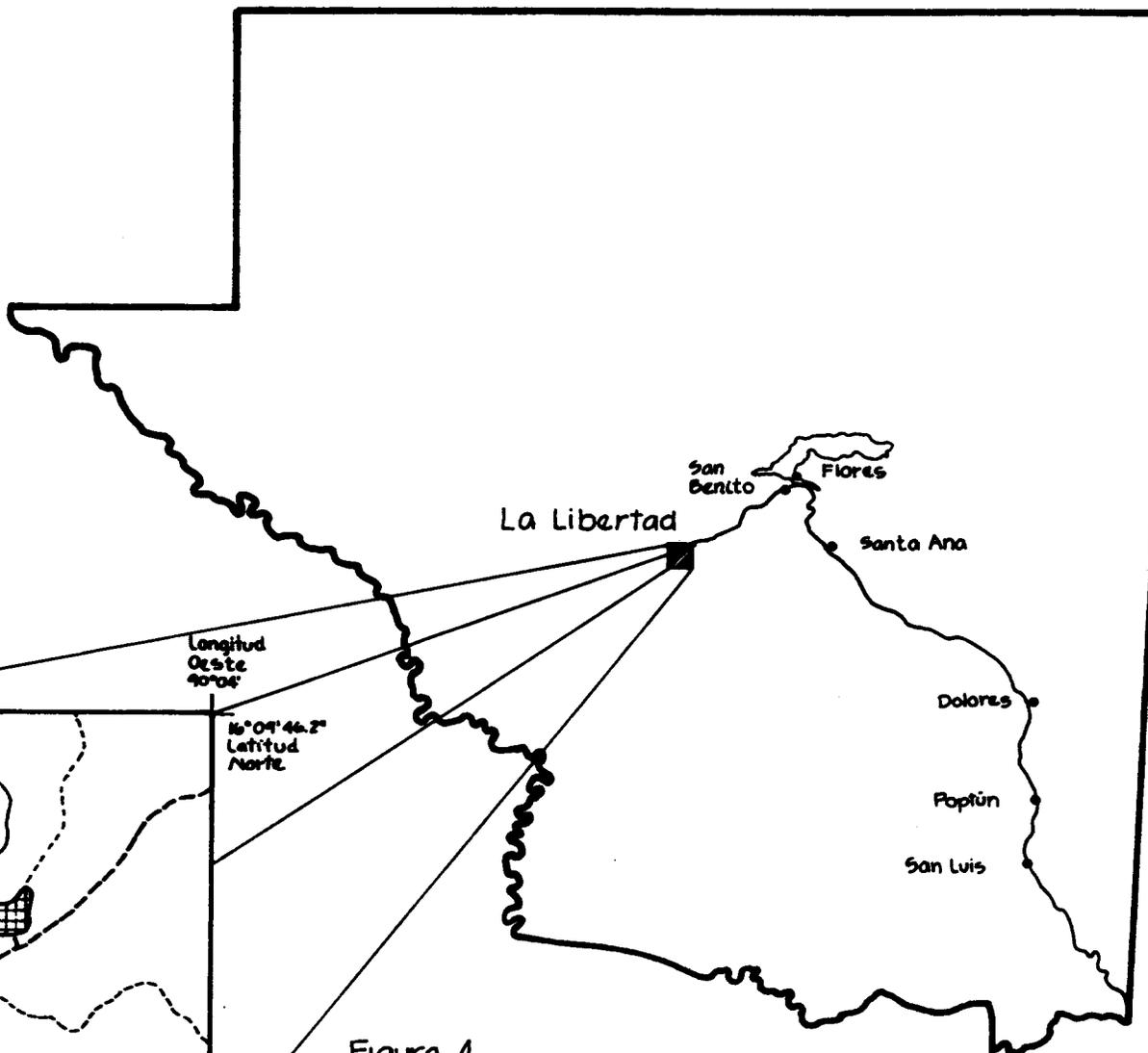
El departamento de Petén está localizado en la parte más septentrional del país, entre las coordenadas siguientes: 16° 00' y 17° 50' de latitud Norte y 89° 10' y 91° 20' de longitud Oeste (10,14). Petén cubre una superficie de 35,858 km<sup>2</sup> que representa el 33% del territorio nacional. Al Norte y al Oeste se encuentra limitado por México, el Este colinda con el territorio de Belice y al Sur con los departamentos de Alta Verapáz e Izabal (figura 1) (10,14).

#### **3.2.2.2 Geología y Geomorfología**

Las tierras bajas de Petén están constituidas, en su mayoría, por una cuenca sedimentaria con depósitos de los períodos Mesozoico y Terciario. Cuenta además con calizas y dolomitas del Período Cretácico, que caracterizan las formaciones kársticas, de relieve muy accidentado (10,14,21).

En la cuenca los depósitos sedimentarios aumentan de grosor hacia el centro, en la mayor parte de los casos, se acompaña de un cambio de gáses de carbonatos cretácicos hacia evaporitas, que probablemente tengan un espesor mayor de 3,000 m. El espesor sedimentario total, en las partes más profundas de la cuenca, posiblemente exceda de 10,000 m. En la parte sur de las tierras bajas, los carbonatos cretácicos están cubiertos por rocas clásticas del Cretácico Superior y Terciario Inferior. Al Norte, afloran carbonatos, rocas clásticas y evaporitas de los períodos Terciario y Cuaternario (10,14,21).

Sedimentos clásticos del Pensilvanico-Pérmico se encuentran en las Montañas Mayas. En el margen Este de la cuenca de Petén se ubica un gran depósito de rocas metamórficas y graníticas. Además, se presenta una franja delgada de capas rojas Jurásicas-cretácicas alrededor del extremo Suroeste. Afloran en la faja plegada cordillerana hacia el Sur las rocas Cretácicas y Precretácicas del subsuelo (10,14,21).



Longitud Oeste  
 $90^{\circ}10'32.62''$

Longitud Oeste  
 $90^{\circ}04''$

$16^{\circ}09'46.2''$   
Latitud Norte

$16^{\circ}04'20.62''$   
Latitud Norte



10 0 30 50 Km

escala gráfica

Figura 1  
Localización y área de colecta de muestras de madera. La Libertad, Petén, Guatemala.

*En las márgenes de los ríos principales y en un depósito que se extiende hacia México se localizan sedimentos del periodo Cuaternario, en donde se observa una topografía que va de plana a ondulada, con áreas de drenaje insuficiente y con suelos aptos para la producción de pastos y desarrollo ganadero (14,21).*

*Parece ser que la estructura geológica en la región no ofrece buenas perspectivas para yacimientos de minería metálica. Existen algunos yacimientos de yeso y en el Norte hay posibilidades de encontrar petróleo (10,14).*

### **3.2.2.3 Fisiografía y Relieve**

*La mayor parte está comprendida entre la cota de 100 a 500 msnm, la pendiente promedio es de 5%. En el vértice Noroccidental el relieve es menor a 100 msnm. Con una pendiente de 1%. Las mayores alturas se localizan en el extremo Suroriental con cotas de 500 a 1,000 msnm y una pendiente promedio de 10%. A esta área se le llama Montañas Mayas con alturas de 1,012 msnm, en los nacimientos del río Mopán y Machaquilá (6,10,14). Se presentan las áreas fisiográficas siguientes:*

#### **A. Plataforma de Yucatán**

*Esta Región Fisiográfica corresponde a una sección Norte de Petén, asociada fisiográficamente con la península de Yucatán, está formada sobre capas horizontales de rocas sedimentarias del Cretácico Superior y del Eoceno. Aquí se encuentran depresiones de solución ocasional que se incrementan ligeramente en frecuencia hacia el Este, con un drenaje que en su mayor parte está pobremente desarrollado por la naturaleza soluble de la capa de roca caliza. En el extremo Oeste de la región se localizan grandes pantanos y numerosos lagos y lagunas, cuyo número disminuye hacia el Este, en donde se encuentran varios ríos asociados con algunas fallas normales que delinear el margen del área (6).*

## **B. Cinturón Plegado del Lacandón**

*Se ubica inmediatamente al Sur de la Plataforma de Yucatán, formando un arco desde el Oeste a Este, con la concavidad al Sur y ramificaciones al Sur del Lago Petén Itzá, las que luego se unen a la Montañas Mayas (6,14).*

*Se caracteriza por rocas sedimentarias plegadas que sobresalen sobre el relieve plano de Petén. Las rocas son calizas y dolomitas del Cretácico-Terciario. El relieve en su mayor parte es Kárstico, con sumideros, predominando colinas de poca elevación que aumentan al unirse a las Montañas Mayas (14).*

*La red de drenaje superficial no es completa, la mayor parte de ríos no tienen continuación, se pierden en los sumideros y pasan a formar parte del drenaje subterráneo. Las dos terceras partes del área están cubiertas por bosque denso, una quinta parte se destina a producción de maíz, pastos naturales y/o arbustos (14).*

*El 80% de la tierra del Cinturón Plegado del Lacandón es de vocación forestal o parques nacionales, recreación y vida silvestre, 18% son aptas para cultivos con severas limitaciones. El resto corresponde a pastos, cultivos perennes o forestales y cuerpos de agua (14).*

## **C. Planicie Baja Interior de Petén**

*Se encuentra limitada al Norte y parte del Este por el Cinturón Plegado del Lacandón, al Este por las Montañas mayas y al Oeste por el río Salinas. Su topografía es plana. El material predominante fue depositado en el Cretácico-Terciario, principalmente evaporitas. Alrededor del drenaje central del río La Pasión, predominan sedimentos marinos del Paleoceno, y junto al río Salinas existen áreas de los períodos Terciario Superior y Cuaternario, no hay evidencia de relieve kárstico. Aquí se ubican los suelos más apropiados para uso agrícola (14,21).*

*El bosque denso cubre 73% del área, 8% está cultivado con maíz y una cantidad semejante ocupa el maíz y pastos naturales. Lo restante son pastos naturales, bosque abierto y pastos y/o arbustos (14).*

#### **3.2.2.4 Clima**

*El clima es de tipo tropical de lluvia, con una estación moderadamente seca, variando de Norte a Sur. En el Sur el período de baja precipitación es muy corto y al avanzar hacia el Norte se extiende por cuatro o cinco meses. La temperatura promedio anual es alta, superando los 23° C. La precipitación es superior a 1,000 mm. Los vientos provienen del Norte y Noreste, Este, Sur y Sureste. La temperatura mínima absoluta registrada es 9° C en Tikal y la máxima de 44° C en Sayaxché. La humedad relativa varía entre 79% en el período seco y 85% en la estación lluviosa (14).*

*Las características climáticas de la región posibilitan una amplia gama de actividades agropecuarias de tipo tropical, los factores limitantes para algunos cultivos son la intensidad y alta precipitación, la presencia de un período seco y, ocasionalmente, vientos muy fuertes. La red de estaciones climatológicas existentes es insuficiente (14).*

#### **3.2.2.5 Formaciones vegetales**

*Lundell clasificó en 1,937 a Petén en doce zonas diferentes: El Zapotal, El Ramonal, El Caobal, Vegetación de los Akalches o Bajos, Vegetación de Corozo, Vegetación de Sabana, Sabana Abierta, Vegetación de las Aguadas, Vegetación de los Sukchies, Vegetación de Bosque Alto de Bajura, Vegetación de Chiquibul y Sabana de Poptún (formación de Pino del Caribe). La vegetación, en general, corresponde a comunidades climax, cambiando en algunas partes completamente su fisonomía natural (14).*

### 3.2.3 Marco local

#### 3.2.3.1 Localización Geográfica

El área donde se recolectaron las muestras se localiza en el Municipio de La Libertad, del departamento de Petén, entre las coordenadas  $16^{\circ}04'21''$  y  $16^{\circ}09'46''$  latitud Norte y  $90^{\circ}04'21''$  y  $90^{\circ}10'08''$  longitud Oeste, abarcando un área de 100 kilómetros cuadrados (figura 1). Dicha área colinda al Norte con la Finca La Tinta y Finca Santa Clara Quinin, al Sur con el Paraje Chicha y Bosque Yaxtunix, al Este con los Parajes Chacalté y Junché y al Oeste con Rinconada de Caltó, Paraje Polol y Montaña Itzhuitz (7).

#### 3.2.3.2 Vías de Acceso

La Libertad se comunica con la Cabecera departamental por una carretera balastrada, por la ruta Nacional 5, a 31 kilómetros de distancia a partir de Flores. Esta es una carretera de tercer orden. La carretera es transitada durante todo el año, para cualquier tipo de vehículo (10).

#### 3.2.3.3 Geología y Geomorfología

El área de colecta está ubicada en la región fisiográfica Plataforma de Yucatán, que corresponde a la prolongación meridional de la Península de Yucatán, con la que se encuentra asociada fisiográficamente. Dominan las rocas sedimentarias con depósitos marinos de yeso y margas. Además de presentar aluviones que se caracterizan por un drenaje deficiente y varios pantanos (6,14,21).

Su geología es de origen cretácico, con carbonatos Neocomiano-campanianos; incluyendo, formaciones Cobán, Ixcoy, Campan, Sierra Madre y Grupo Yalca. Según Simmons, Tárano y Pinto, dicha área abarca la Serie de Suelos Chacalté, Eckixil, Sotz y Chachaclun. Presenta un relieve de sumideros y colinas, agregándose algunas áreas planas constituidas por sabanas. Los suelos enmarcados en el área pertenecen a las clases agrológicas III, VII y VIII, constituidas por montes bajos y sabanas (9,12,13).

### 3.2.3.4 Clima

El clima que se presenta es cálido, con invierno benigno, húmedo y sin estación seca bien definida. La precipitación oscila entre 1,690 mm y 2,446 mm, disminuyendo a 1,007 mm de promedio anual. Los meses secos se observan de enero a abril y de lluvia de septiembre a octubre (8).

### 3.2.3.5 Zonas de Vida

El área de recolección según De la Cruz (5), se ubica en un Bosque Húmedo Subtropical Cálido [Bh-s(c)], presentando una precipitación que varía de 1,150 a 2,000 mm anuales, la biotemperatura oscila de 22°C a 27°C, con altitudes entre 0 y 200 msnm. Las especies forestales indicadoras Brosimum sp., Manilkara achras (Mill.) Fosberg, Aspidosperma sp., Bucida buceras L., Swietenia macrophylla G., Sterculia apetala (Jack.) Karst., Platymiscium dimorphandrum Donn & Smith y otras.

### 3.2.3.6 Cuencas

Los cien kilómetros cuadrados que abarcó el área de colecta de las muestras de madera, están ubicadas dentro de tres cuencas, las cuales son (12):

Cuenca	Area de la cuenca
- Río La Pasión	11,993 kilómetros cuadrados
- Río Usumacinta	2,638 kilómetros cuadrados
- Río San Pedro	14,335 kilómetros cuadrados

## 4. OBJETIVOS

### 4.1. Generales:

4.1.1 Establecer la anatomía, propiedades físicas y algunos usos sugeridos de la madera correspondiente a las especies conocidas como Bombax ellipticum HBK. (Amapola), Vatairea lundellii (Standl.) Killip. (Danto), Astronium graveolens Jack. (Jobillo), Zanthoxylum belizense Lundell. (Lagarto), Bursera simaruba (L.) Sarg. (Palo jiote) y Schizolobium parahybum (Vell.) Blake. (Plumajillo) frecuentes en el municipio de La Libertad, Petén.

### 4.2. Específicos:

4.2.1 Estudiar cualitativa y cuantitativamente la anatomía de la madera a nivel macroscópico y microscópico, y con base en ello construir una clave anatómica de identificación.

4.2.2 Determinar las propiedades físicas y sugerir algunos usos con base en las características anatómicas y físicas de la madera.

## 5. METODOLOGIA

### 5.1 Elección de Especies a estudiar

Según investigaciones realizadas por el Instituto de Investigaciones Agronómicas IIA, 1990 (22), se determinaron quince especies prioritarias a examinar, las cuales fueron elegidas en función de estudios ya realizados, uso y abundancia, donde se determinó que las especies a investigar son en su orden: Plumajillo, Danto, Amapola, Jobillo, Palo jiote y Lagarto; las cuales se muestran en el cuadro 2.

Cuadro 2 *Especies prioritarias del proyecto Anatomía y Propiedades físico-mecánicas de veinte Maderas de Guatemala, del Instituto de Investigaciones Agronómicas IIA, de la Facultad de Agronomía, USAC.*

No.	Especie	Nombre común
1	<i>Schissolebium parahybum</i> (Vell.) Blake.	Plumajillo
2	<i>Vatairea lundellii</i> (Standl.) Killip.	Dante
3	<i>Bombax ellipticum</i> HBK.	Anapola
4	<i>Astronium graveolens</i> Jack.	Jobillo
5	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	Palo jiote
6	<i>Zanthoxylum belisense</i> Lundell.	Lagarto
7	<i>Tapiria macrophylla</i> Lundell.	Culinsis
8	<i>Hura crepitans</i> L.	Jobillo
9	<i>Bursera graveolens</i> HBK.	Palo jiote
10	<i>Zanthoxylum mayanum</i> Standl.	Lagarto
11	<i>Pithecolobium arboreum</i> (L.) Urban.	Cola de coche
12	<i>Aspidosperma cruentum</i> Woodson.	Chíchique
13	<i>Cordia dodecandra</i> A. DC. in DC.	Cericote
14	<i>Ceiba</i> sp.	Ceiba
15	<i>Croton draco</i> Schlet.	Llora sangre

Fuente: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía (22).

## 5.2 Selección del Area

Se procedió a buscar un área de fácil acceso y abundancia de las especies de interés, siguiéndose la priorización por el Instituto de Investigaciones Agronómicas IIA, (22), definiéndose el municipio de La Libertad como el más adecuado para recolectar las muestras de madera para la realización del presente estudio (22). A todo ello se une el

aspecto económico, que vino a ser según cálculos previos, el lugar mas apropiado para la extracción de muestras.

### 5.3 Recolección de Muestras

Según Noack citado por Arostegui et al. (3), para los fines prácticos de un estudio de orientación sobre las propiedades tecnológicas, es suficiente tener  $\pm 15\%$  de precisión del valor promedio; por lo que para ello se necesitan solamente 5 árboles por especie, seleccionados al azar.

Pearson et al. citado por Arostegui et al. (3), han demostrado que las variaciones de las propiedades entre árboles son más significativas que las variaciones dentro de un árbol, así que se obtiene mayor precisión de valores promedios al incluir más árboles y menos muestras de cada árbol.

La muestra del número de árboles, fue ampliada en un 60% en relación con lo recomendado, por lo que se tomaron ocho árboles de cada especie. Las especies diferentes estuvieron distanciados al menos cien metros entre una y otra, quedando entre individuos de la misma especie una distancia mínima de quinientos metros, los cuales fueron seleccionados dentro de las zonas de abundancia previamente detectadas.

Los árboles seleccionados, fueron aquellos considerados como representativos de la especie, tanto en forma como en dimensiones, evitándose ejemplares excepcionales o que presentaran madera de reacción (madera presente en árboles inclinados), con un diámetro a la altura del pecho (DAP) mínimo de cuarenta centímetros, fuste comercial mínimo de cinco metros de longitud, libres de defectos aparentes (copas quebradas, ataque de hongos e insectos).

Para los estudios anatómicos se procedió a extraer de cada árbol un disco de diez centímetros de espesor, el cual fué cortado a una altura de 1.5 metros medidos a partir de la base comercial del árbol (esto es por arriba de las protuberancias y/o gambas de crecimiento normal que desarrollan algunos árboles de hábito tropical en el tocón de anclaje al suelo).

Para los estudios físicos se procedió a seccionar la troza según la norma ASTM D 143-52 sección 5(2). La identificación de la especie en el campo se realizó haciéndose

acompañar por una persona conocedora, siendo complementada con la recolección de muestras botánicas completas, que posteriormente se identificaron en el Herbario de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

#### 5.4 Evaluaciones realizadas

##### 5.4.1 Estudio de la características anatómicas

###### 5.4.1.1 Observaciones macroscópicas

De cada disco de 10 centímetros de espesor se extrajo una muestra del mismo grosor del disco por 1/4 de la superficie total del disco. Este se pulió completamente para poder observar las características macroscópicas, según tablas de clasificación de maderas (cuadros 3 y 4), que fueron utilizadas por Acosta (1) y Valle Dawson (24). Para ello se contó con una lupa de 10 aumentos.

###### 5.4.1.2 Observaciones microscópicas

De cada disco se extrajeron cinco bloques de 1.5 x 1.5 x 2 centímetros, perfectamente orientados, mostrando los tres planos de la madera (transversal, radial y tangencial).

#### A. Vasos, Tipo de perforación, Punteaduras, Parénquima y Radios

Para la observación microscópica de estas estructuras, se elaboraron cortes en los tres planos (radial, tangencial y transversal) de cada una de las seis especies estudiadas, y para facilitar dichos cortes, el material fué previamente ablandado con agua hirviendo hasta que se notó turgencia en el bloque. De las seis especies estudiadas tres especies presentaron problema en el desarrollo del corte, siendo el primero de ellos el Jobillo (Astronium graveolens Jack.) que presentó alta resistencia al corte, desarrollándosele un proceso de ablandamiento de la siguiente forma: se trató la muestra con carbonato de sodio al 10% en frío durante 24 horas y luego se trasladó a una solución de ácido acético glacial mas peróxido de hidrógeno de 30 volúmenes en una proporción de 1:3, manteniéndose en ebullición durante 1, 1/2 y 1/4 de hora respectivamente, sin dejar que la muestra se

Cuadro 3

Tabla de clasificación de características anatómicas generales de la madera.

<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES (ARBOL RECIEN CORTADO)</b>	
Color (x,r)	Albura Duramen
Transición Albura/duramen (x)	Poca o ninguna diferencia Gradual o abrupta
Anillos (x)	Descripción Visibilidad
Manchas en la madera (x,t)	Exudación conductos gomíferos Decoloración de hongos Concentración de sustancias minerales Oxidación de contenidos celulares
Lustre o brillo	Poco lustrosa Medianamente lustrosa Muy lustrosa
Olor	Ausente o no distintivo Aromático Desagradable Otros
Sabor	Ausente o no distintivo Amargo, dulce, picante, otros
Diseño o dibujo (r,t)	Rayado Parabólico Veteado Jaspeado o floreado Espigado Cromático Liso
Grano (madera rajada) (r,t)	Recto      Entrecruzado Inclinado      Ondulado Espiralado      Crespo Irregular
Textura (r,t)	Gruesa: Células amplias, diámetro tangencial de los vasos mayor de 250 micras, radios grandes, parénquima abundante.
	Fina: Células pequeñas, diámetro tangencial de los vasos menor de 150 micras, parénquima escaso, muchas fibras.
	Mediana: Término medio de las anteriores, diámetro de vasos de 150 a 250 micras.
	Homogénea: Elementos grandes o pequeños sin variación en todo el leño.
	Heterogénea: Diferencia entre leño temprano y leño tardío.

Fuente: Valdés Marckwordt, H.C. (23).

Cuadro 4 *Tabla de clasificación de características anatómicas macroscópicas de la madera.*

<b>CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS</b>	
<b>Porosidad</b>	-Difusa. -Circular. -Semicircular.
<b>Anillos de Crecimiento demarcados por (x)</b>	-Porosidad circular. -Porosidad semicircular. -Parénquima marginal. -Zona oscura del leño tardío. -Compactación de líneas de parénquima. -Disminución de líneas de parénquima. -Ausencia de vasos en una zona angosta de leño tardío de igual color al temprano. -Otros.
<b>Poros</b>	<b>Agrupación:</b> Solitarios, múltiples, radiales, múltiples racemiformes.
	<b>Disposición:</b> Ondulada, tangencial, concéntrica, diagonal, series radiales, series radiales oblicuas, dendrítica o flami forme, rara vez en contacto con los radios, mas anchos que los radios, otros.
	<b>Visibilidad:</b> Simple vista o con lente
	<b>Contenido:</b> Gomas, tálides, sustancias minerales (x,r,t). Generalmente cerrados.
<b>Parénquima</b>	-Visible con o sin lente -Asociado o no a vasos (x,r,t). -Bandas tangenciales largas, cortas, onduladas, formando reticulos con los radios, marginal, otros. -Contraste de color con tejido de fondo.
<b>Radios (x,r,t)</b>	-Visibilidad con o sin lente -Forma (t): Fusi forme, oblongos, lineales, como puntos, otros. -Claramente de dos tipos: Agregados y compuestos.

Fuente: Valdés Marckwordt, H.C. (23).

desmenuzara. Un indicativo de ablandamiento fué cuando la muestra perdió su color original, tornándose de amarillo cremoso a blanco.

Las otras dos especies que son Amapola (Bombax ellipticum HBK.) y Plumajillo (Schizolobium parahybum (Vell.) Blake., presentaron problema al efectuar el corte, no por ser altamente resistentes al mismo, sino por ser muy suaves, originando un corte poco uniforme; para resolver tal problema se deshidrataron las muestras completamente para así emparafinarlas, en un proceso controlado en un "Autotechnicon"; Dicho aparato se maneja automáticamente y contiene:

a. 2 formoles al 10%, neutralizado con Fosfato de Sodio Monobásico y Dibásico (una hora en cada solución), donde esto evita que el tejido se autolise o bien cambie de estructura.

b. 5 alcoholes isopropilicos al 95% (una hora en cada solución), ello deshidrata el tejido.

c. 4 xiloles que aclaran el tejido (una hora en cada solución).

d. 2 cambios de parafina. (Dos horas en cada parafina a 60° C).

Con estos tratamientos los cortes de las seis maderas fueron elaborados en sus tres planos (radial, tangencial y transversal) sin ninguna dificultad en un micrótopo manual de deslizamiento horizontal de cuchilla móvil desmontable, que resultó ser el mejor y mas efectivo, pese a ser un modelo antiguo (AOC, Buffalo 15, Modelo 860). En relación este la velocidad de deslizamiento de la cuchilla y el grado de inclinación (de 3 a 5 grados), son factores de alta influencia en la elaboración de un buen corte. El procedimiento llevado a cabo desde la elaboración del corte hasta su montaje fué:

a. Se remojó previamente la cuchilla del micrótopo en una mezcla 1:1 de glicerina y etanol absoluto, evitando así que los cortes de madera se enrollaran, elaborando cortes de los

- mismos entre 3 y 5 grados de inclinación de la cuchilla y un grosor de corte entre 10 y 20 micras.
- b. Con un pincel se tomaron los cortes colocándose seguidamente en etanol absoluto, para extraer la glicerina durante un período de 5 minutos.
- c. Se extrajeron los cortes del etanol y se hidrataron en dos series de agua destilada (cada serie se constituye acá por un recipiente) por tres minutos en cada serie, seleccionándose posteriormente los mejores cortes.
- d. Seguidamente se tifieron los cortes con Safranina acuosa al 1% durante 3 minutos aproximadamente.
- e. Los cortes se deshidrataron en una cadena alcohólica ascendente en soluciones de etanol al 30%, 50%, 70%, 95% y 100%, dejándose por un período de 7 minutos en cada alcohol.
- f. Seguidamente se trasladaron los cortes a un papel absorbente para eliminar el exceso de alcohol y así mismo evitar una entrada brusca en el xilol.
- g. Los cortes se depositaron permanentemente en xilol hasta el momento de su montaje.
- h. Con un pincel se extrajo el corte de interés, y se colocó en un portaobjeto, sin dejar que el xilol se evaporara. seguidamente se le agregaron de dos a tres gotas de medio de montaje para microscopía (en este estudio se utilizó Entellan, que resultó ser muy apropiado), luego se sobrepuso el cubreobjetos suave y lentamente, evitando que se produjeran burbujas de aire.
- i. Con un pincel más xilol se extrajo el exceso de medio de montaje que sobresalía del cubreobjetos, dejando el montaje al

aire libre durante un período no menor de 12 horas para así asegurar un secado completo.

j. Cada corte después de su montaje se identificó con una etiqueta, indicando la especie, plano de corte (transversal, tangencial o radial) y fecha.

k. A partir de estos montajes y con la ayuda de un microscópio compuesto con micrómetro incorporado, se procedió a hacer las lecturas respectivas para los planos transversal, tangencial y radial (cuadros 5 y 6).

Se elaboró un promedio de 15 montajes por cada plano de orientación de la probeta (transversal, tangencial y radial) por especie.

## **B. Fibras**

Para la observación de fibras se realizó una maceración para cada una de las especies estudiadas, para poder así observar las fibras sueltas y en forma completa. Ello fué necesario ya que para poder tomar las medidas que se especifican en el Cuadro 6 en la sección de fibras, se necesitan tener las mismas en forma libre. Para realizar dicha maceración se prepararon finas astillas o chips de cada una de las seis especies.

El método de maceración Franklin's (18) modificado por el autor, fue el utilizado para dicha maceración y este método consiste de las siguientes etapas:

a. Se preparó una solución de volúmenes iguales de ácido acético glacial y peróxido de hidrógeno.

b. Los chips de madera se colocaron en tubos de ensayo previamente identificados para cada especie, cubriéndose los chips por completo con la solución antes preparada;

Cuadro 5 Tabla de clasificación de características anatómicas microscópicas de Vasos y parénquima de madera.

CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS DE VASOS Y PARENQUIMA			
Vasos	Abundancia por milímetro Cuadrado (x)	Muy pocos Pocos Moderadamente pocos Moderadamente numerosos Numerosos Muy numerosos	menos de 16 16 a 25 26 a 50 51 a 75 76 a 100 mas de 100
	Tamaño, Diámetro tangencial con espesor de pared (x)	Muy pequeños Pequeños Medianos Grandes Muy grandes Extremadamente grandes	menos de 50 micras 51 a 100 micras 101 a 150 micras 151 a 200 micras 201 a 300 micras 301 micras y mas
	Maderas con porosidad circular, o con dos tipos muy de finidos no se toma el número por milímetro cuadrado, o si se da el dato, hacerlo por separado para cada zona. Los poros en múltiples o agrupaciones recemiformes se cuentan por uno sólo para el número por milímetro cuadrado.		
Tipo de perforación	Simple, simple orlada, escaleriforme, reticulada y otros.		
Puncaduras intervasculares	Tipo (r1)	Simples (la cavidad permanece igual) Acoladas (la cavidad se estrecha hacia el lumen).	
		Tipos de areolas	Opuestas, escaleriformes en cribas, alternas.
	Abertura	Incluida, extendida, tocando el borde de la puncadura.	
	Tamaño	Pequeñas Medianas Grandes	2 a 4 micras 5 a 10 micras 11 a 50 micras
	En muchas maderas es difícil encontrar puncaduras intervasculares, debido a la ausencia de verdaderos pares de vasos.		
Parénquima	Apoiraqueal (x,r1)	Di fuso, reticular, escaleriforme, di fuso en agregados (bandas o islotes tangenciales cortos), líneas o bandas concéntricas continuas.	
	Paratraqueal (x,r1)	Escaso o angostamente paratraqueal, unilateralmente paratraqueal tangencial o radial, vascicéntrico, ali forme, confluyente horizontal o diagonal ali forme-confluyente, en líneas o bandas tangenciales onduladas, en líneas o bandas concéntricas.	
	Marginal (r1)	Término utilizado por parénquima inicial y terminal, los cuales presentan dificultades al decidir si la banda esta al comienzo o al final del anillo de crecimiento.	
	Contenido (r1)	Cristales: Cuadrado, romboides, acilulares, drusas, arena cristali fera, otros. Depositos: Tipo y color de sustancia.	

Fuente: Valdés Marckwordt, H.C. (23).

Cuadro 6 Tabla de clasificación de características anatómicas microscópicas de radios y fibras de la madera.

CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS DE RADIOS Y FIBRAS				
Radios	Clase	Uniseriados, biseriados y multiseriados.		
	Abundancia número por milímetro cuadrado (x <sub>f</sub> )	Muy numerosos	mas de 20	
		Numerosos	de 6 a 20	
		Escasos	menos de 5	
	Algunas veces es difícil determinarla en (x), pues se confunden con células longitudinales.			
	Espaciamiento número por milímetro lineal (t,x)	Ampliamente espaciados	5 o menos	
Normalmente espaciados		6 a 9		
Ligeramente espaciados		10 a 13		
Compactados		14 a 20		
Estrechamente compactados		21 a mas		
Anchura (t)	Muy finos	Menos de 25 micras		
	Finos	25 a 50 micras		
	Medianos	51 a 100 micras		
	Anchos	101 a 200 micras		
	Muy anchos	201 micras a mas		
Altura (t)	Muy bajos	Menos de 200 micras		
	Bajos	200 a 500 micras		
	Medianos	501 a 800 micras		
	Altos	801 a 2 mm.		
	Muy altos	mas de 2 mm.		
Al medir el ancho no se toman en cuenta las células acompañantes; al medir la altura se toman en cuenta las células oleíferas, pero no se incluyen los radios con mas de una parte multiseriada (fusionados longitudinalmente). Los radios compuestos y agregados se describen por separado.				
Las puntaduras se describen similar a las intervasculares.				
Fibras (tejido macerado)	Longitud (t)	Cortas	Menos de 900 micras	
		Medianas	900 a 1600 micras	
		Largas	mas de 1600 micras	
	Tamano (diámetro) (t)	Pequeñas	menos de 16 micras	
		Medianas	16 a 25 micras	
		Grandes	26 a 30 micras	
		Muy grandes	mas 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 lúmen.				
Espesor de la pared	Muy delgada	Mas de 0.75		
	Delgada	0.75 a 0.50		
		Gruesa	0.50 a 0.30	
		Muy gruesa	0.30 y mas	
Segun la relación: Diámetro del lúmen DL / diámetro total DT. Se medirá el diámetro del lúmen (micras) en la parte media de la longitud total de la fibra.				

Fuente: Valdés Marckwordt, H.C. (23), modificado por el autor.

*seguidamente, se le colocaron tapones plásticos de estria interna para evitar un cierre hermético.*

*c. Con una pinza se tomó el tubo de ensayo que contenía los chips mas la solución maceradora y con un mechero convencional se le llevó a ebullición por varios lapsos, evitando que cada lapso de ebullición no fuera mayor de un minuto, y a la vez entre cada lapso de ebullición se dejó un minuto de tiempo.*

*d. Al observar que las astillas o chips estaban translúcidas (blanco transparente) y sueltas, entonces cesaron los lapsos de ebullición, dejando en reposo las muestras para su enfriamiento.*

*e. Ya en condición fría se le agregó al tubo de ensayo tres perlas de agitación y se tapó el mismo herméticamente con un tapon de hule, para así agitar vigorosamente la mezcla ácido\_chips y lograr de esta forma que el material macerado se soltara completamente.*

*f. Con una centrifuga manual (se usó dicha centrifuga para evitar altas revoluciones, ya que de lo contrario las fibras se aplastarian y se deformarian por completo) se procedió a lavar la solución ácida, utilizando para ello agua destilada. Despues del lavado el material macerado se tiñó con Safranina acuosa al 1% por un lapso de cinco minutos y luego se deshidrató en una cadena alcohólica (etanol) ascendente de 30%, 50%, 70%, 95% y 100%, luego se trasladó a tres soluciones de etanol-xilol en proporciones de 1:1, 1:2, 1:3, dejando un tiempo de cinco minutos en cada solución, y por último se dejó en xilol puro permanentemente para su montaje con Entellan (medio de montaje especial para microscopía).*

*g. Los montajes se elaboraron e identificaron de la misma forma como se hicieron los montajes de los cortes de los planos transversal, tangencial y radial.*

#### 5.4.2 Estudio de las propiedades físicas

El seccionamiento de la troza para extracción de las probetas se realizó según lo estipulado en la norma ASTM D 143-52 sección 5 (2), a partir de la porción de la troza donde se extrajo el disco para las características anatómicas.

Las probetas para la densidad aparente, contracción volumétrica y contenido de humedad, se prepararon según ASTM D 143-52 sección 38 y 114 (2), la cual indica que se deben cortar 6 probetas de 5 x 5 x 15 centímetros por árbol, localizándose una cerca de la parte central, una cerca de la periferia y cuatro distribuidas entre el centro y la periferia.

Las probetas para contracción tangencial y radial, se prepararon según ASTM D 143-52 secciones 39, 40 y 116 (2), la cual indica que se deben de cortar 4 probetas de 2.5 x 2.5 x 10 centímetros, logrando que la mayor dimensión correspondiera al plano tangencial o radial según fuera el caso; se cortaron 2 probetas de la parte central y 2 de la periferia.

Para la contracción longitudinal se utilizaron las mismas probetas que para la contracción volumétrica.

Las probetas obtenidas fueron sometidas a los análisis respectivos, se pesó y se anotó sus dimensiones y volumen en estado verde y posteriormente fueron secadas al horno ( $103^{\circ}\text{C} \pm 2$ ) gradualmente.

Para el cálculo del contenido de humedad, se pesó periódicamente conforme se sucedió el secado, hasta lograr un peso constante y aplicar así la relación de porcentaje del contenido de humedad =  $[(\text{peso fresco} - \text{peso seco}) / \text{peso seco}] \times 100$ .

Para calcular el peso específico aparente se utilizaron las dos relaciones siguientes:

$$PEAV(\text{g/cc}) = PV/VV$$

$$PEAS(\text{g/cc}) = PSH/VV$$

Donde:

$$PEAV(\text{g/cc}) = \text{Peso específico aparente verde en g/cc.}$$

$$PV = \text{Peso verde}$$

$$VV = \text{Volúmen verde}$$

$PEAS(d/cc) = \text{Peso específico aparente seco en g/cc.}$

Estas relaciones se utilizaron para clasificar las maderas de acuerdo a la tabla que para el efecto desarrollaron Markwardt y Heck citados por Llach Cordero, lo cual se muestra en el cuadro 7 (17).

Cuadro 7 Tabla de clasificación de la madera según densidad aparente seca.

Grupo número	Rango	Clasificación
1	Menor de 0.20	Extremadamente liviana
2	De 0.20 a 0.25	Excesivamente liviana
3	De 0.25 a 0.30	Muy liviana
4	De 0.30 a 0.36	Liviana
5	De 0.36 a 0.42	Moderadamente liviana
6	De 0.42 a 0.50	Moderadamente pesada
7	De 0.50 a 0.60	Pesada
8	De 0.60 a 0.72	Muy pesada
9	De 0.72 a 0.86	Excesivamente pesada
10	Mayor de 0.86	Extremadamente pesada

Fuente: Markwardt y Heck, citados por Llach (17)

Para el cálculo de las contracciones se utilizaron las 5 relaciones:

$$CT\% = [(DVT - DST) / DVT] \times 100$$

$$CR\% = [(DVR - DSR) / DVR] \times 100$$

$$CL\% = [(DVL - DSL) / DVL] \times 100$$

$$CVC\% = \{ [(100 + CR) \times (100 + CT) \times (100 + CL)] / 10,000 \} - 100$$

$$CVMD\% = [(VPV - VPS) / VPV] \times 100$$

Donde:

CT:	Contracción Tangencial
CR:	Contracción Radial
CL:	Contracción Longitudinal
DVT:	Dimensión verde tangencial
DST:	Dimensión seca tangencial
DVR:	Dimensión verde radial
DSR:	Dimensión seca radial
DVL:	Dimensión verde longitudinal
DSL:	Dimensión seca longitudinal
CVC:	Contracción volumétrica calculada
CVMD:	Contracción volumétrica por medición directa
VPV:	Volumen de probeta verde
VPS:	Volumen de probeta seca

Con el valor de contracción volumétrica calculada se clasificaron las maderas de acuerdo a la tabla utilizada por Arostegui *et. al.* (cuadro 8) (3). La relación Contracción tangencial (CT)/Contracción radial (CR) tuvo interés para determinar el grado de estabilidad dimensional de las maderas. Esta relación se clasificó de acuerdo a la tabla utilizada por Arostegui *et. al.* (3) y modificada por Valdés (23) (cuadro 9).

Cuadro 8 Tabla de clasificación de la madera según la contracción volumétrica.

Grupo número	Rango (%)	Clasificación
1	Menor de 9	Muy baja
2	De 9.1 a 11	Baja
3	De 11.1 a 13	Media
4	De 13.1 a 15	Alta
5	Mayor de 15	Muy alta

Fuente: Arostegui *et al.* (3)

Cuadro 9 Tabla de clasificación de la madera según la relación de contracción tangencial y radial (CT/CR).

Grupo número	Rango	Clasificación	Estabilidad
1	Menor de 1.5	Muy baja	Muy estable (no se agrietan. buen secado)
2	De 1.51 a 2	Baja	Estable (Muy pocas grietas. muy leve atención al secado)
3	De 2.1 a 2.5	Media	Moderadamente estable (pocas grietas. leve atención al secado)
4	De 2.51 a 3	Alta	Inestable (se agrietan. atención al secado)
5	Mayor de 3	Muy alta	Muy inestable (fuertes grietas. secado cuidadoso)

Fuente: Arostegui *et al.* (3), modificada por Valdés (23)

### 5.5 Definición para determinar algunos usos sugeridos de la madera

La definición para determinar algunos usos sugeridos de las seis maderas estudiadas se basó en los siguientes criterios:

#### 5.5.1 Anatomía y propiedades físicas

Para ello fueron tomadas en cuenta las características físicas generales del árbol recién cortado, las características macroscópicas que se revelan en una sección discoidal bien pulida y con la ayuda de una lupa 10X, y sus características microscópicas (cuadros 3,4,5 y 6). En cuanto a las propiedades físicas, fue importante la clasificación según densidad aparente seca, la contracción volumétrica y la relación de contracción tangencial y radial (cuadros 7,8 y 9). Todo ello sirvió para definir algunos usos con base en ciertos requisitos básicos de las maderas para determinar su uso adecuado.

### **5.5.2 Requisitos básicos de las maderas para determinar su uso adecuado (20).**

**5.5.2.1 Estructuras:** *Ello se refiere al conjunto de elementos que constituyen la parte resistente y de soporte de una edificación.*

- A. *Peso específico aparente de 0.4 a 0.8*
- B. *De moderada a baja contracción volumétrica menor del 12%.*
- C. *Buena estabilidad, relación CT/CR menor o igual que 2.0.*
- D. *Resistente al ataque de hongos e insectos o fácil de tratar.*

**5.5.2.2 Encofrados:** *Se refiere a la armazón de madera, metal o material análogo, destinado a servir de molde para la fabricación de un elemento de hormigón.*

- A. *Peso específico aparente seca de 0.4 a 0.6*
- B. *Estabilidad dimensional (Contracción volumétrica menor o igual a 1.6)*
- C. *Color uniforme.*
- D. *Adecuada resistencia mecánica.*
- E. *Baja absorción de humedad.*
- F. *Facilidad de trabajo.*

**5.5.2.3 Carpintería de obra:** *Se refiere a la construcción realizada a partir de regletas, tablas, tablones, etc, en obras pequeñas de construcción sin conllevar arte.*

- A. *Buen comportamiento al trabajo con máquinas de carpintería.*
- B. *Estabilidad dimensional (Contracción volumétrica menor o igual a 12%; Relación CT/CR menor o igual a 2.0)*
- C. *Buena apariencia.*
- D. *Textura media a fina y uniforme.*
- E. *Acabado bueno a regular.*
- F. *Liviana a moderadamente pesada.*

**5.5.2.4 Pisos**

- A. *Peso específico aparente seco mayor o igual a 0.7*
- B. *Poca o moderada contracción volumétrica (10% a 15%)*
- C. *Buena característica para el trabajo a máquina.*
- D. *Buena apariencia.*

**5.5.2.5 Mango de herramientas, artículos atléticos y deportivos**

- A. *Peso específico aparente seco entre 0.55 y 0.65 a 12% de humedad.*
- B. *Grano recto.*
- C. *Buena apariencia.*
- D. *Fácil de trabajar mecánicamente.*

**5.5.2.6 Ebanistería: Se refiere a la elaboración de muebles y otros que conlleven arte y creatividad.**

- A. *Poca contracción.*
- B. *Buena apariencia.*
- C. *Buen acabado.*
- D. *Buen comportamiento al encolado.*
- E. *Buena resistencia y dureza.*

**5.5.2.7 Durmientes**

- A. *Buena durabilidad o aceptar tratamiento.*
- B. *Poca tendencia a agrietarse durante el secado.*

**5.5.3 Características para pulpa y papel**

*Según las consideraciones de Runkel citado por Acosta (1), 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.*

Poco se conoce sobre la influencia de la longitud de las fibras sobre el dobléz, la reventazón y la longitud de ruptura, siendo la resistencia al desgarre disminuída directamente con la disminución de dicha longitud. Las mediciones que se hacen para analizar las posibilidades de las especies maderables en la industria de pulpa y papel, se realizan sobre tejido macerado (1).

Teniendo en cuenta del espesor de las paredes y el diámetro del lumen de las fibras, Runkel citado por acosta (1), hizo una clasificación de las maderas para pulpa y papel, la cual se presenta en el cuadro 10.

Cuadro 10 Tabla de clasificación de la madera según la relación Runkel.

Grupo número	Rango	Clasificación
I	Menor de 0.25	Excelente para papel
II	De 0.25 a 0.49	Muy buena para papel
III	De 0.50 a 0.9	Buena para papel
IV	De 1 a 2	Regular para papel
V	Mayor de 2	Mala para papel

Fuente: Acosta (1), modificada por Valdés (23)

Los grupos del cuadro 10 tienen las siguientes características:

- 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 semipesada, 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 resistente. Mena de Enríquez citada por Valdés (23), señala que las características recomendables para esperar de una madera mejores posibilidades para la elaboración de pulpa química para papel son: Baja contenido de extraíbles, bajo contenido de lignina, alto contenido de celulosa, alto rendimiento de pulpa producida, largo de fibras mayor y factor Runkel menor o igual a 1.

## 5.6 Clave anatómica de identificación

### 5.6.1 Elaboración de descriptores

Para cada una de las especies estudiadas se elaboró un descriptor, donde se incluyeron desde características generales a las más específicas. Se enfatiza que solamente se tomaron valores y cualidades que tuvieran cierto contraste dentro de las seis especies estudiadas, simplificándose así la clave, y por ende su manejo.

### 5.6.2 Construcción de la clave

Con base en los descriptores se construyó la clave de identificación, haciendo contrastar valores o cualidades de una misma variable, creando así una doble alternativa de entrada a la clave, donde una y solo una se puede cumplir, hasta llegar a la identificación del ente trabajado.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSION

### 6.1 Anatomía de la madera.

#### 6.1.1 Características macroscópicas generales.

En el cuadro 11 se presentan tabuladas las características macroscópicas generales de las especies estudiadas. La transición entre albura y duramen es abrupta para Astronium graveolens Jack, Vatairea lundellii (Standl.) Killip, y Zanthoxylum belizense Lundell, haciendo notar que V. lundellii (Standl.) Killip presenta una banda amarillo-cremoso entre ambos, siendo denotada la misma banda por parénquima aliforme. Para Bombax ellipticum HBK y Schizolobium parahybum (Vell.) Blake no se distingue la transición entre albura y duramen; en Bursera simaruba (L.) Sarg la transición es gradual a escasamente notoria.

El olor en Astronium graveolens Jack es típico de la familia Anacardiaceae (parecido al jocote), Vatairea lundellii (Standl.) Killip presenta un olor amargo penetrante, Bombax ellipticum HBK, Bursera simaruba (L.) Sarg, Schizolobium parahybum (Vell.) Blake y Zanthoxylum belizense Lundell no presentan olor distintivo; el sabor en Astronium graveolens Jack se presenta no distintivo en la albura y ligeramente amargo en el duramen, Bombax ellipticum HBK y Schizolobium parahybum (Vell.) Blake no es distintivo el sabor, en Bursera simaruba (L.) Sarg y Zanthoxylum belizense Lundell es amargo y en Vatairea lundellii (Standl.) Killip el duramen es extremadamente amargo, la transición entre albura y duramen denotada por una banda amarilla es amargo picante y en la albura no es distintivo.

En lo que respecta al brillo, la madera de Bombax ellipticum HBK es opaca, la de Astronium graveolens Jack y Vatairea lundellii (Standl.) Killip es poco lustrosa y la de Bursera simaruba (L.) Sarg, Schizolobium parahybum (Vell.) Blake y Zanthoxylum belizense Lundell es medianamente lustrosa.

El diseño de la madera está relacionado con la transición de albura-duramen, ya que las mismas especies que presentan una transición abrupta presentan un diseño cromático; y, las que no tienen una distinción clara entre ambos (albura/duramen)

Cuadro 11 Características macroscópicas generales de las especies estudiadas.

ESPECIE	COLOR		TRANSICION ALBURA/DURAMEN	OLOR	SABOR	BRILLO	DISEÑO	GRANO	TEXTURA
	ALBURA	DURAMEN							
<i>Astronium graveolens</i> Jack. Jobillo	10 YR 9/4 Blanco amarillento	5 YR 6/6 De beige-rosado a café rojizo, con franjas de café oscuro a casi negro	Abrupta	Típico de la familia Anacardiaceae (parecido al jocote)	En la albura no distinguible y en el duramen es ligeramente amargo	Poco lustrosa.	Cromático	Ligeramente inclinado a entrelazado	Media
<i>Bombax ellipticum</i> HBK. Anapola	Hue 5 YR 7/6 Café rosado	Café-rojizo pálido	No se distingue la transición	No distintivo	No distintivo	Opaca	Jaspeado Floreado	Recto	Gruesa
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg. Chaca; Palo jote	Hue 2.5 y 8/4 Amarillo pálido a blanco	Hue 2.5 y 9/2 Blanco a blanco amarillento	Gradual a escasamente notoria.	No distintivo	Amargo	Medianamente lustrosa	Liso	Recto	Fina a mediana
<i>Schizobolium paralyxum</i> (Vell.) Blake. Zorra. Pluma jillo	Hue 2.5 Y 9/2 Blanco cremoso a amarillento.	Hue 2.5 Y 9/2 Blanco cremoso a amarillento.	No se distingue la transición	No distintivo	No distintivo	Medianamente Lustrosa	Veteado nu y suave	Estrechamente entrelazado	Gruesa
<i>Vatairea lundellii</i> (Standl.) Killip. Danito	10 YR 7/4 Café pálido	2.5 Y 5/4 Café amarillento	Abrupta Con una banda entre albura y duramen amarillo cremoso (7.5Y 8.5/6), denotada por el parénquima aliforme.	Amargo penetrante	Duramen extremadamente amargo, banda amarilla amargo-picante y la albura no distintivo.	Poco lustrosa.	Cromático	Estrechamente entrecruzado	Gruesa
<i>Zanthoxylum belizense</i> Lundell. Lagarto	Hue 5 Y 8.5/4 Cremoso a amarillento con bandas amarillas cerca de la albura	Hue 2.5 Y 6/4 Café amarillento	Abrupta	No distintivo	Amargo	Medianamente lustrosa	Cromático	Estrechamente entrecruzado	Gruesa

presentan un diseño diferente, como lo es el jaspeado en Bombax ellipticum HBK, el liso en Bursera simaruba (L.) Sarg y el veteado muy suave en Schizolobium parahybum (Vell.) Blake. De las especies estudiadas Bombax ellipticum HBK y Bursera simaruba (L.) Sarg presentan grano recto, Astronium graveolens Jack presenta un grano ligeramente inclinado a entrelazado y Schizolobium parahybum (Vell.) Blake, Vatairea lundellii (Standl.) Killip y Zanthoxylum belizense Lundell presentan el grano estrechamente entrelazado (entrecruzado). Otro factor que puede ser afectado por la dirección del hilo o grano es la labrabilidad de la madera, ya que un grano recto presentará menor resistencia al laboreo que un grano inclinado a entrelazado.

La textura se relaciona mucho con el acabado, ya que una textura fina presenta un buen acabado, no siendo así la textura gruesa. En el presente estudio se muestra que las especies Bombax ellipticum HBK, Schizolobium parahybum (Vell.) Blake, Vatairea lundellii (Standl.) Killip y Zanthoxylum belizense Lundell presentan textura gruesa, Astronium graveolens Jack posee una textura media y Bursera simaruba (L.) Sarg presenta una textura que va de fina a mediana.

#### 6.1.2 Características anatómicas macroscópicas.

En el cuadro 12 se presentan las características anatómicas macroscópicas de la madera de las especies estudiadas. La distribución de los poros se presenta para Astronium graveolens Jack y Zanthoxylum belizense Lundell en forma semicircular, Bombax ellipticum HBK, Bursera simaruba (L.) Sarg y Schizolobium parahybum (Vell.) Blake presentan una porosidad difusa y Vatairea lundellii (Standl.) Killip de difusa a semicircular. La agrupación de los poros para todas las especies se presentan de solitarios a grupos de 2,3,4,y 5; Bombax ellipticum HBK presenta hasta grupos de 6. La disposición de los mismos se presenta en una directriz radial para todas las especies, exceptuando a Vatairea lundellii (Standl.) Killip en la que se presenta en forma oblicua, por confluencia de parénquima aliforme.

El parénquima que se presenta es paratraqueal para todas las especies, exceptuando a Bursera simaruba (L.) Sarg en que es apotraqueal. El parénquima para todas las especies se presentó siempre mas claro en contraste con el tejido de fondo. En cuanto al color de los radios, se encontró que solamente Astronium graveolens Jack los presenta más oscuros en contraste con el tejido de fondo, siendo las demás especies estudiadas el color mas claro en contraste con el tejido

Cuadro 12 Características anatómicas macroscópicas de las especies estudiadas.

ESPECIE	P O R O S					P A P E S Q U I M A				R A D I O S			DENARACION DE AVILLOS DE CRECIMIENTO
	DISTRIBUCION	AGREGACION	DISPOSICION	VISIBILIDAD	CONTENIDO	DISPOSICION	CONTRASTE EN COLOR	VISIBILIDAD	CONTRASTE EN COLOR	FORMA	TIPO	VISIBILIDAD	
<i>Asterium gracile</i> Jack. Lobelia	Semicircular	De solitarios a ramificados de 2 a 5	Significado en dirección radial	Simple vista	Bandas de fibras y gonias	Paratraqueal asociado a los vasos. No completamente vasocéntrica	Más claro que el tejido de fondo.	Estereoscopio (25 X)	Más oscuro que el tejido de fondo.	Lineares a fasciar oblongas a difusas.	Simple no en grupos	Estereoscopio (25 X)	Por porosidad semicircular y bandas de fibras de paredes gruesas
<i>Roestelia diplocoma</i> HBK. Anacardium	Difusa	De solitarios a grupos de 2, 3, algunas veces 4, raramente de 6 en bandas radiales.	Significado en dirección radial, algunas son más anchos raramente de 6 en bandas radiales.	Simple vista	Gonias Tubos	Aperturales Asociado a los vasos en forma vasocéntrica y formando bandas tangenciales. (Paratraqueal)	Más claro que el tejido de fondo.	Simple vista.	Más claro que el tejido de fondo.	Lineares a oblongas, pero deformes a 1/2 y 1/4, tornándose difusas.	Simple no en grupos	Estereoscopio (25 X)	Por paratraquea a paratraqueal en bandas tangenciales
<i>Porsonia sinuata</i> (L.) Sarg. Cinnamomum, Ptelea	Difusa	De solitarios a grupos de 2 y 3, raramente de 4 o 5	Significado una dirección radial. Mas anchos que los radios	Estereoscopio (25 X)	Gonias	Aperturales Solamente el paratraquea de los radios medulares.	Más claro en contraste con el tejido de fondo.	Estereoscopio (25 X)	Más claro en contraste con el tejido de fondo.	Oblongas.	Simple no en grupos	Estereoscopio (25 X)	Por leño tardío y temprano, porosidad semicircular
<i>Schizothecium parvifolium</i> (Vahl) Burt. Zinnia, Plumbago	Difusa	De solitarios a grupos de 2 y 3, raramente 4.	Significado una dirección radial. Mas anchos que los radios	Simple vista	Resinas Gonias	Paratraqueal Asociado a los vasos en forma vasocéntrica.	Más claro en contraste con el tejido de fondo.	Estereoscopio (25 X)	Más claro en contraste con el tejido de fondo.	Ligeramente fasciadas a fasciadas.	Simple no en grupos	Estereoscopio (25 X)	Por leño tardío y temprano
<i>Valsarva luteola</i> (Swartz) Kütz. Duro	Difusa a semicircular	De solitarios a grupos de 2, 3 a 5, raramente mas de 5.	Oblonga, por constitución de paratraquea ancha. Mas anchos que los radios.	Simple vista	Gonias Resinas	Paratraqueal Asociado a los vasos en forma ancha a constitución oblicua.	Más claro en contraste con el tejido de fondo.	Simple vista.	Más claro en contraste con el tejido de fondo.	De oblongas a fasciar oblongas.	Simple no en grupos	Estereoscopio (25 X)	Demarcándose el límite del anillo por poros más pequeños que los demás, adyacentes en bandas constituidas de paratraquea en posición tangencial
<i>Zanthoxylum bicepse</i> Lundell Ligusticum	Semicircular	Principalmente en grupos de 2, pocos solitarios y raramente de 3 a 4.	Significado una dirección radial. Mas anchos que los radios	Simple vista	Gonias Resinas	Paratraqueal, asociado a los vasos en bandas radiales, sin rodear completamente los vasos.	Más claro en contraste con el tejido de fondo.	Estereoscopio (25 X)	Más claro en contraste con el tejido de fondo.	Ligeramente oblongas	Simple no en grupos	Estereoscopio (25 X)	Porosidad semicircular y leño tardío oscuro

de fondo. La forma de los radios varía de lineares a oblongos en todas las especies exceptuando a Bursera simaruba (L.) Sarg que los presenta solamente oblongos, y Bombax ellipticum HBK presenta los radios deformes a  $\frac{1}{2}$  y  $\frac{1}{4}$  de su largo, tornándose oblicuos. El tipo de radio para todas las especies es simple y no en grupos.

La demarcación de los anillos de crecimiento en Astronium graveolens Jack se denota por porosidad semicircular y bandas de fibras de paredes gruesas, en Bombax ellipticum HBK se diferencia por parénquima apotraqueal en bandas tangenciales, en Bursera simaruba (L.) Sarg por leño tardío y temprano y por porosidad semicircular; en Schizolobium parahybum (Vell.) Blake únicamente por leño tardío y temprano, en Vatairea lundelli (Standl.) Killip se demarca el límite del anillo por poros mas pequeños que los demas, alineandose en bandas confluentes de parénquima en posición tangencial, y en Zanthoxylum belizense Lundell se diferencian los anillos por porosidad semicircular y células del leño tardío oscuras.

### 6.1.3 Características anatómicas microscópicas de los vasos (poros), placa de perforación, punteaduras y parénquima.

En el cuadro 13 se presentan las características anatómicas microscópicas de los vasos, placa de perforación, punteaduras y parénquima. En cuanto a la abundancia de los poros o vasos se observa que para Bursera simaruba (L.) Sarg se presentan de pocos a moderadamente pocos y el resto de especies estudiadas contienen muy pocos vasos o poros. En relación con el diámetro de los poros, se observa que en Astronium graveolens Jack y Bursera simaruba (L.) Sarg son pequeños (figuras 2 y 12), con valores medios de 96.037 y 76.89 micras respectivamente. Zanthoxylum belizense Lundell presenta poros medianos (figura 27), con un valor promedio de 109.39 micras, los poros grandes los presentó Bombax ellipticum HBK con un valor medio de 185.42 micras (figura 7), y por último Schizolobium parahybum (Vell.) Blake y Vatairea lundelli (Standl.) Killip presentan poros muy grandes (figuras 17 y 22) con valores medios de 231.516 y 203.596 micras respectivamente.

La abundancia y el diámetro de los poros, son características que definen en un alto grado la textura de la madera, y combinando a ello la densidad de la misma, se encuentra una estrecha relación con el acabado. Ya que a menor tamaño de poro, textura fina, densidad mayor y un mejor acabado. Ello se demuestra claramente al relacionar el tamaño de los poros con la textura (cuadro 13), donde esta relación

Cuadro 13. Características anatómicas microscópicas de los vasos (poros), placa de perforación, punteaduras y parénquima de las especies estudiadas.

ESPECIE	VASOS (POROS)				PLACA DE PERFORACION	PUNTEADURAS			PARENQUIMA
	ABUNDANCIA		TAMANO			TIPO	TAMANO		
	No. mm <sup>-2</sup>	CLASIFICACION	DIAMETRO TANGENCIAL (micras)	CLASIFICACION			DIAM. TANG. (micras)	CLASIFICACION	
<i>Atrium graveolens</i> Jack. Jabillo	Media=8 Moda=6,017 S=4,1736 S <sup>2</sup> =17,419 Val Max=18 Val Min=6,017 CV%=52,15	Muy pocos	Media=96,037 Moda=83,25 S=21,4 S <sup>2</sup> =457,9 Val Max=143,19 Val Min=49,95 CV%=22,28	Pequeños	Simple	Areolada Altern. con abertura incluida.	Media=10,1592 Moda=9,52 S=1,4193 S <sup>2</sup> =2,014 Val Max=14,56 Val Min=6,8 CV%=13,97	Medianas	Paratraqueal escaso no completamente vascicéntrico, tornandose unilateral.
<i>Bombax ellipticum</i> HBK. Amajala	Media=2 Moda=1,472 S=0,369 S <sup>2</sup> =0,136 Val Max=2,57 Val Min=1,10 CV%=24,186	Muy pocos	Media=185,42 Moda=213,28 S=53,336 S <sup>2</sup> =2867,267 Val Max=266,6 Val Min=119,97 CV%=17,989	Grandes	Simple	Areolada Altern. con abertura incluida.	Media=13,77 Moda=13,6 S=1,7138 S <sup>2</sup> =2,9371 Val Max=19,04 Val Min=10,88 CV%=12,44	Grandes	Paratraqueal vascicéntrico, a potraqueal formando bandas tangenciales. Abundante parénquima xilemático conteniendo cristales de CaCO <sub>3</sub> .
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg. Chocaj. Palo jote	Media=25 Moda=23,43 S=6,156 S <sup>2</sup> =37,9 Val Max=41,007 Val Min=11,716 CV%=24,214	De pocos a moderadamente pocos	Media=76,89 Moda=79,99 S=12,906 S <sup>2</sup> =166,56 Val Max=113,22 Val Min=49,95 CV%=16,78	Pequeños	Simple	Areolada Altern. con abertura incluida.	Media=10,42 Moda=10,786 S=1,64 S <sup>2</sup> =2,69 Val Max=16,152 Val Min=6,73 CV%=15,74	Medianas	Paratraqueal y a potraqueal muy escaso, tornandose casi indistinguible.
<i>Schizobolium parahybum</i> (Vell.) Blake. Zorra. Pluma jillo	Media=1 Moda=1,104 S=0,3053 S <sup>2</sup> =0,0932 Val Max=1,47 Val Min=0,368 CV%=32,665	Muy pocos	Media=231,316 Moda=217,24 S=39,838 S <sup>2</sup> =1587,09 Val Max=351,72 Val Min=98,27 CV%=17,2	Muy grandes	Simple	Areolada Altern. con abertura incluida.	Media=8,663 Moda=8,16 S=0,9883 S <sup>2</sup> =0,976 Val Max=10,88 Val Min=5,44 CV%=11,408	Medianas	Paratraqueal vascicéntrico
<i>Vatairea lancifolia</i> (Standl.) Killip. Danto	Media=4 Moda=3,248 S=1,208 S <sup>2</sup> =1,45 Val Max=7,14 Val Min=1,948 CV%=31,5711	Muy pocos	Media=203,596 Moda=229,77 S=45,19 S <sup>2</sup> =2042,136 Val Max=362,97 Val Min=66,6 CV%=22,195	Muy grandes	Simple	Areolada De opuesta a alterna en grupos o cribas con abertura incluida.	Media=9,155 Moda=9,422 S=1,7313 S <sup>2</sup> =2,997 Val Max=16,152 Val Min=6,73 CV%=18,91	Medianas	Paratraqueal aliforme confluyente en bandas oblicuas y tangenciales (definiendo anillos).
<i>Zanthoxylum belizense</i> Lundell. Lagarto	Media=3 Moda=2,576 S=0,6879 S <sup>2</sup> =0,47 Val Max=4,78 Val Min=2,208 CV%=22,908	Muy pocos	Media=109,39 Moda=106,56 S=22,4342 S <sup>2</sup> =503,297 Val Max=163,17 Val Min=66,6 CV%=20,508	Medianos	Simple	Areolada Altern. con abertura incluida.	Media=6,98 Moda=6,8 S=1,1126 S <sup>2</sup> =1,237 Val Max=10,88 Val Min=5,44 CV%=15,93	Medianas	Paratraqueal escaso, terminal en bandas radiales, sin rodear completamente los vasos, llegando a ser unilateral.

es directamente proporcional.

La placa de perforación de los vasos para todas las especies estudiadas son simples (figuras 6,11,16,21,26 y 31). Las punteaduras en Vatairea lundelli (Standl.) Killip son areoladas y de opuestas a alternas en grupos o cribas, con abertura incluida (figura 25), lo cual indica que son especies que sobreviven en un régimen de humedad prolongado y una alta velocidad metabólica, acompañada de temperaturas altas, obligando a una evapotranspiración acelerada. Las cinco especies restantes presentan punteaduras areoladas y alternas con abertura incluida (figuras 5,10,15,20, y 30), explicándose ello por los mismos términos de las placas de perforación.

En relación al tamaño de las punteaduras, las mismas se presentan grandes en Bombax ellipticum HBK (figura 10) y el resto de especies estudiadas las presenta medianas (figuras 5,10,15,20,25 y 30). Astronium graveolens Jack presenta un parénquima paratraqueal escaso y no completamente vasicéntrico, visualizándose unilateral (figura 2), en Bombax ellipticum HBK el parénquima es paratraqueal vasicéntrico, conteniendo también parénquima apotraqueal formando bandas tangenciales que definen los anillos de crecimiento, contiene abundante parénquima xilemático difuso con punteaduras sin borde, conteniendo cristales de calcio (figuras 7 y 11). En Bursera simaruba (L.) Sarg el parénquima es casi indistinguible, dando la apariencia de ser nula su presencia (figura 12). Schizolobium parahybum (Vell.) Blake presenta parénquima paratraqueal vasicéntrico, casi indistinto (figura 17). Vatairea lundelli (Standl.) Killip es paratraqueal aliforme, confluyente en bandas oblicuas y tangenciales (definiendo anillos de crecimiento) (figura 22) y en Zanthoxylum belizense Lundell es paratraqueal escaso terminal, en bandas radiales, sin rodear completamente los vasos, llegando a ser unilateral (figura 27).

#### 6.1.4 Características anatómicas microscópicas de los radios.

Las características anatómicas microscópicas de los radios de las maderas estudiadas, se presenta en el cuadro 14. Para las seis especies estudiadas los radios en cuanto a su abundancia se clasifican como numerosos, y en cuanto a clase de radio se observa que en Astronium graveolens Jack van de uniseriados a tetraseriados, siendo de ligeramente homocelulares a heterocelulares conteniendo

Cuadro 14 Características microscópicas de los radios de las especies estudiadas.

ESPECIE	CLASE	No. mm lineal	ABUNDANCIA	ESPACIAMIENTO	ANCHURA VALOR (micras)	CLASIFICACION	ALTURA VALOR (micras)	CLASIFICACION	PUNTEADURAS
<i>Astronon graciloides</i> Jack. Jotón	Uniseriados a tetraseriados. De ligeramente Homocelulares a Heterocelulares	Media=9 Moda=8.6956 S=1.39 S <sup>2</sup> =1.937 Val Max=13.04 Val Min=6.52 CV%=16.046	Numerosos	Normalmente espaciados	Media=36.5301 Moda=33.33 S=10.5745 S <sup>2</sup> =111.821 Val Max=86.58 Val Min=16.65 CV%=28.9475	FINOS De finos a medianos	Media=374.8438 Moda=331.0336 S=136.63451 S <sup>2</sup> =18668.99 Val Max=703.44 Val Min=93.103 CV%=36.451	BAJOS De muy bajos a medianos	Similar a las intervascuales
<i>Bambax ellipticum</i> HBK. Amapala	Uniseriados a multiseriados. De Homocelulares a Heterocelulares Alto contenido de granos de almidón	Media=6 Moda=6.5217 S=1.494 S <sup>2</sup> =2.232 Val Max=10.8695 Val Min=4.3478 CV%=25.0844	Numerosos	Normalmente espaciados	Media=51.69825 Moda=6.66 S=24.77369 S <sup>2</sup> =613.735 Val Max=99.9 Val Min=6.66 CV%=47.919	MEDIANOS De muy finos a medianos	Media=585.7225 Moda=155.72 S=338.582 S <sup>2</sup> =114638.156 Val Max=1396.548 Val Min=103.448 CV%=57.8059	MEDIANOS De muy bajos a altos	Similar a las intervascuales
<i>Barsena sinaruba</i> (L.) Sarg. Chacaj, Palo Jote	Triseriados a tetraseriados Homocelulares	Media=14 Moda=12.87 S=3.1157 S <sup>2</sup> =9.7 Val Max=21.45 Val Min=8.58 CV%=21.68	Numerosos	Compactados	Media=52.5807 Moda=56.61 S=15.0793 S <sup>2</sup> =227.387 Val Max=106.56 Val Min=23.31 CV%=28.678	MEDIANOS De muy finos a anchos	Media=276.6 Moda=320 S=104.73 S <sup>2</sup> =10968.44 Val Max=610 Val Min=90 CV%=37.863	BAJOS De muy bajos a medianos	Similar a las intervascuales
<i>Schizolebium parahybium</i> (Vell.) Blake. Zorra, Pluma jillo	Uniseriados a triseriados Homocelulares	Media=7 Moda=6.5217 S=1.6186 S <sup>2</sup> =2.62 Val Max=10.869 Val Min=4.347 CV%=23.56	Numerosos	Normalmente espaciados	Media=15.9174 Moda=16.65 S=3.67297 S <sup>2</sup> =13.49 Val Max=24.975 Val Min=6.66 CV%=23.075	MUY FINOS	Media=267.6717 Moda=268.9848 S=76.981 S <sup>2</sup> =5926.15 Val Max=486.205 Val Min=82.758 CV%=28.759	BAJOS De muy bajos a bajos	Similar a las intervascuales
<i>Vatairea Lindellii</i> (Standl.) Killip. Danto	Uniseriados a biseriados De Homocelulares a ligeramente Heterocelulares	Media=17 Moda=17.16 S=3.337 S <sup>2</sup> =11.13 Val Max=25.74 Val Min=8.58 CV%=19.79	Numerosos	Compactados	Media=25.7742 Moda=19.98 S=6.7693 S <sup>2</sup> =45.823 Val Max=46.62 Val Min=9.99 CV%=26.2639	FINOS De muy finos a finos	Media=237.1 Moda=220 S=80.713 S <sup>2</sup> =6514.59 Val Max=540 Val Min=60 CV%=34.0417	BAJOS De muy bajos a medianos	Similar a las intervascuales
<i>Zanthoxylum bolivense</i> Lundell. Lagarto	Uniseriados a pentaseriados Homocelulares Con cristales romboidales a cuadrados	Media=11 Moda=10.8695 S=1.9447 S <sup>2</sup> =3.782 Val Max=15.217 Val Min=6.521 CV%=18.408	Numerosos	Ligeramente compactados	Media=30.819 Moda=33.3 S=8.7329 S <sup>2</sup> =76.263 Val Max=49.95 Val Min=9.99 CV%=28.336	FINOS De muy finos a finos	Media=196.706 Moda=51.724 S=113.388 S <sup>2</sup> =112857.01 Val Max=527.5848 Val Min=41.379 CV%=57.6436	MUY BAJOS De muy bajos a medianos	Similar a las intervascuales

gomas y resinas (figura 4): en Bombax ellipticum HBK son de uniseriados a multiseriados, siendo de homocelulares a heterocelulares y con un alto contenido de gránulos de almidón lo cual manifiesta susceptibilidad al ataque de hongos; en Bursera simaruba (L.) Sarg son triseriados a tetraseriados y completamente homocelulares conteniendo almidones que al igual que en Bombax ellipticum HBK, la altamente susceptible al ataque de hongos (figura 14), Schizolobium parahybum (Vell.) Blake son uniseriados a triseriados y completamente homocelulares, donde su alto contenido de humedad (cuadro 16) proporciona un ambiente adecuado como receptor de agentes destructores de la madera (Figura 19), en Vatairea lundelli (Standl.) Killip son uniseriados a biseriados y van de homocelulares a ligeramente heterocelulares conteniendo alta cantidad de taninos que producen un sabor amargo y olor amargo picante (cuadro 11) (Figura 24), y en Zanthoxylum belizense Lundell son uniseriados a pentaseriados, siendo de tipo homocelular con cristales rombohédricos a tetrahédricos (figura 29).

En relación con el espaciamiento entre radios, en las especies Astronium graveolens Jack, Bombax ellipticum HBK y Schizolobium parahybum (Vell.) Blake se clasifican como normalmente espaciados; en Zanthoxylum belizense Lundell son ligeramente compactados y, en Bursera simaruba (L.) Sarg y Vatairea lundelli (Standl.) Killip se clasifican como compactados (Figuras 4,9,14,19,24 y 29).

En cuanto a la anchura de los radios se presenta que en Schizolobium parahybum (Vell.) Blake se clasifican como muy finos, en Astronium graveolens Jack, Vatairea lundelli (Standl.) Killip y Zanthoxylum belizense Lundell se clasifican como finos, y en las especies de Bombax ellipticum HBK y Bursera simaruba (L.) Sarg se clasifican como medianos. La altura varía de muy bajos como en Z. belizense Lundell, bajos en A. graveolens Jack, B. simaruba (L.) Sarg, S. parahybum (Vell.) Blake y V. lundelli (Standl.) Killip, y medianos en B. ellipticum HBK. Las punteaduras de los radios en las seis especies estudiadas son similares a las intervasculares.

Todas estas características son independientes entre sí. En cuanto a la relación existentes con algunas propiedades físicas, como lo es el peso específico aparente y la contracción volumétrica. El contenido de almidones y otras sustancias de reserva propician la invasión de hongos, provocando el deterioro de la madera, según se observó.

### 6.1.5 Características anatómicas microscópicas de las fibras.

En el cuadro 15 se presentan las características anatómicas microscópicas de las fibras de las maderas estudiadas. Una de las características que mas importancia se le atribuye en la industria maderera, y más que todo en la industria de papel, son las fibras, ya que de ellas en función de su largo, diámetro y grosor de pared celular dependerá la calidad de papel que se fabrique. Combinando los resultados de diámetro total, diámetro del lúmen y espesor de pared celular de las fibras, se obtuvo la Relación Runkel, clasificándose en el Grupo I como **EXCELENTE PARA PAPEL** a Schizolobium parahybum (Vell.) Blake, en el Grupo II a las especies Bursera simaruba (L.) Sarg, Vatairea lundelli (Standl.) Killip y Zanthoxylum belizense Lundell como **MUY BUENA PARA PAPEL**; en el Grupo III a Bombax ellipticum HBK, como **BUENA PARA PAPEL**, y por último, en el Grupo IV, a Astronium graveolens Jack, como **REGULAR PARA PAPEL**.

Hasta el momento el método Runkel ha sido un buen indicador para proponer la calidad de fibra para papel en cuanto al espesor de la pared de las mismas y amplitud del lúmen, para definir así su grado de aplastamiento y adhesión de fibra a fibra. Runkel sólo se limita al espesor, no considera el largo de la fibra, que pudiera ser muy importante en cuanto a su resistencia a la ruptura del papel o alguna otra bondad que podría presentarse en el mismo definida por la longitud de las mismas; así puede asegurarse que el método Runkel se presenta como un buen método para estimar calidades de pulpa y papel, pero a la vez se abre la puerta para desarrollar uno mejor, que considere la longitud de las fibras.

### 6.1.6 Clave anatómica de identificación de las especies estudiadas.

Siempre que se construye una clave de identificación, previamente se elaboran descriptores de cada una de las especies a estudiar, los cuales deberán ser completos, dependiendo ello a la vez del nivel de diferenciación que existirá dentro de la clave.

En la presente investigación, con base en los estudios anatómicos realizados, tanto macroscópicos como microscópicos, se elaboraron descriptores para cada una de las seis especies estudiadas, los cuales se describen a continuación:

Cuadro 15 Características anatómicas microscópicas de las fibras y relación Runkel de las especies estudiadas.

ESPECIE	LONGITUD		TAMANO		DIAMETRO DEL LUMEN (DL)		ESPESOR		RELACION RUNKEL		
	VALOR (micras)	CLASIFICACION	DIAMETRO TOTAL (DT) (micras)	CLASIFICACION	VALOR (DL DT)	CLASIFICACION	VALOR ((DT-DL)/DL)	GRUPO	CLASIFICACION PARA PAPEL		
<i>Astronium graveolens</i> Jack. Jobillo	Media=1079,058 Moda=1069,56 S=175,148 S <sup>2</sup> =30579,8359 Val Max=1553,15 Val Min=753,26 CV%=16,2315	MEDIANAS De cortas a medianas	Media=19,7292 Moda=23,31 S=3,37863 S <sup>2</sup> =11,4151 Val Max=26,64 Val Min=13,32 CV%=17,32703	MEDIANAS De pequeñas a grandes	Media=9,80685 Moda=9,99 S=2,28165 S <sup>2</sup> =5,205 Val Max=14,985 Val Min=6,66 CV%=23,2659	0,197	GRUESA	1,011	II	REGULAR	
<i>Bombax ellipticum</i> HBK. Antipola	Media=2196,5893 Moda=2197,16 S=356,7 S <sup>2</sup> =127255,1 Val Max=2733,06 Val Min=999,9 CV%=16,6326	LARGAS De medianas a largas	Media=39,244 Moda=39,9 S=5,53849 S <sup>2</sup> =30,674 Val Max=49,95 Val Min=29,97 CV%=14,1129	MUY GRANDES De grandes a muy grandes	Media=23,1102 Moda=19,98 S=5,38637 S <sup>2</sup> =29,012 Val Max=33,3 Val Min=14,985 CV%=23,3073	0,588	DELGADA	0,698	III	BUENA	
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg. Chacaj. Palo jiote	Media=1054,4278 Moda=996,9 S=144,675 S <sup>2</sup> =20931,03 Val Max=1333,2 Val Min=733,26 CV%=13,7207	MEDIANAS De cortas a medianas	Media=24,945 Moda=33,3 S=3,50705 S <sup>2</sup> =12,299 Val Max=43,29 Val Min=26,64 CV%=10,039	MUY GRANDES De grandes a muy grandes	Media=26,4668 Moda=26,64 S=3,020029 S <sup>2</sup> =9,1205 Val Max=31,635 Val Min=18,315 CV%=11,4106	0,757	MUY DELGADA	0,320	II	MUY BUENA	
<i>Schizolobium parahybum</i> (Vell.) Blake. Zorra. Pluma jillo	Media=1416,258 Moda=1199,88 S=319,642 S <sup>2</sup> =102171,047 Val Max=2666,4 Val Min=733,26 CV%=22,569	MEDIANAS De cortas a largas	Media=36,1971 Moda=33,3 S=5,79467 S <sup>2</sup> =33,578 Val Max=49,95 Val Min=26,64 CV%=16,0086	MUY GRANDES De grandes a muy grandes	Media=29,637 Moda=26,64 S=6,300655 S <sup>2</sup> =39,698 Val Max=44,955 Val Min=19,98 CV%=21,2594	0,819	MUY DELGADA	0,221	I	EXCELENTE	
<i>Vatairea lundellii</i> (Standl.) Killip. Danto	Media=1789,4877 Moda=1733,16 S=301,7668 S <sup>2</sup> =91063,22 Val Max=2449,755 Val Min=1049,895 CV%=16,8633	LARGAS De medianas a largas	Media=22,25108 Moda=19,98 S=3,85334 S <sup>2</sup> =14,848 Val Max=33,3 Val Min=13,32 CV%=17,33316	MEDIANAS De pequeñas a muy grandes	Media=15,318 Moda=13,32 S=3,76393 S <sup>2</sup> =14,167 Val Max=23,31 Val Min=6,66 CV%=24,5719	0,689	DELGADA	0,451	II	MUY BUENA	
<i>Zanthoxylum belizense</i> Lundell. Lagarto	Media=1360,563 Moda=1499,85 S=159,3538 S <sup>2</sup> =25393,65 Val Max=1699,83 Val Min=966,57 CV%=11,71233	MEDIANAS De medianas a largas	Media=27,85545 Moda=26,64 S=3,77375 S <sup>2</sup> =14,24119 Val Max=36,63 Val Min=19,98 CV%=13,547	GRANDES De medianas a muy grandes	Media=21,52845 Moda=19,98 S=3,462679 S <sup>2</sup> =11,99 Val Max=29,97 Val Min=16,65 CV%=16,0842	0,773	MUY DELGADA	0,294	II	MUY BUENA	

### 6.1.6.1 Descriptores.

#### A. Astronium graveolens Jack. (Jobillo) (figuras 2,3,4,5 y 6)

El color de la albura es blanca amarillenta y del duramen es de beige rosado a café rojizo, con franjas de café oscuro a casi negro. La transición entre albura y duramen es abrupta, su olor es típico de la familia Anacardiaceae, su sabor en la albura no es distinguible y en el duramen es ligeramente amargo. Es una madera poco lustrosa, con diseño cromático, el grano ligeramente inclinado a entrelazado y de textura media.

La distribución de los vasos o poros es semicircular, y su agrupación es de solitarios a raramente de 2 a 5 poros fusionados, la disposición de los poros sigue una directriz radial, su visibilidad a simple vista y conteniendo abundantes tálides y gomas. El parénquima es mas claro en contraste con el tejido de fondo y su visibilidad es posible con estereoscopio de 25 aumentos. Los radios son mas oscuros en contraste con el tejido de fondo, su forma son de lineares a linear oblongo a elípticos, disponiéndose en forma solitaria y no en grupos, su visibilidad es posible con estereoscopio de 25 aumentos. La demarcación de los anillos de crecimiento se define por porosidad semicircular y bandas de fibras de paredes gruesas.

El número de poros o vasos por milímetro cuadrado oscila entre 6.017 y 18, siendo su valor promedio de 8 poros o vasos/mm<sup>2</sup>, clasificándose como "muy pocos". El diámetro tangencial de los vasos o poros oscila entre 49.95 micras y 143.19 micras, siendo su valor promedio de 96.037, lo cual los clasifica como "pequeños". La placa de perforación intervascular es simple, y sus punteaduras son de tipo areolada alterna con la abertura incluida. El diámetro tangencial de las punteaduras es entre 6.8 micras y 14.56 micras, donde el valor promedio es de 10.1592, clasificándose como "medianas". Posee parénquima paratraqueal escaso, no completamente vascicéntrico, tornándose unilateral.

Los radios son de uniseriados a tetraseriados, siendo ligeramente homocelulares a heterocelulares, el número de radios por milímetro lineal oscila entre 6.52 y 13.04, donde su valor promedio es de 9, clasificándose como "muy numerosos", siendo normalmente espaciados. El ancho de los radios

varía en un rango de 16.65 micras a 86.58 micras, siendo su valor promedio de 36.5301, clasificándose como "finos". La altura de los radios oscila entre 93.103 micras y 703.44 micras, cuyo valor promedio es 374.8438 micras, clasificándose como "bajos". Las puntedaduras de los radios son similar a las intervasculares.

La longitud de las fibras oscila entre 733.26 micras y 1833.15 micras, cuyo valor promedio es de 1079.058 micras, clasificándose como "medianas". El diámetro total de las de las fibras varía de 13.32 micras a 26.64 micras, donde el valor promedio es de 19.72692 micras, clasificándose como "medianas". El diámetro del lumen oscila entre 6.66 micras y 14.985 micras, cuyo valor promedio es de 9.80685. El espesor de la fibra según la relación de diámetro del lumen/diámetro total es de 0.497, clasificándose como gruesa. La relación Runkel es de 1.01, lo cual ubica esta madera en el grupo IV, lo cual indica que es una madera pesada, fibras de paredes gruesas y lumen amplio; las fibras sufren un escaso aplastamiento y tendrán leve adhesión entre fibra y fibra, por lo que esta madera es "regular para papel".

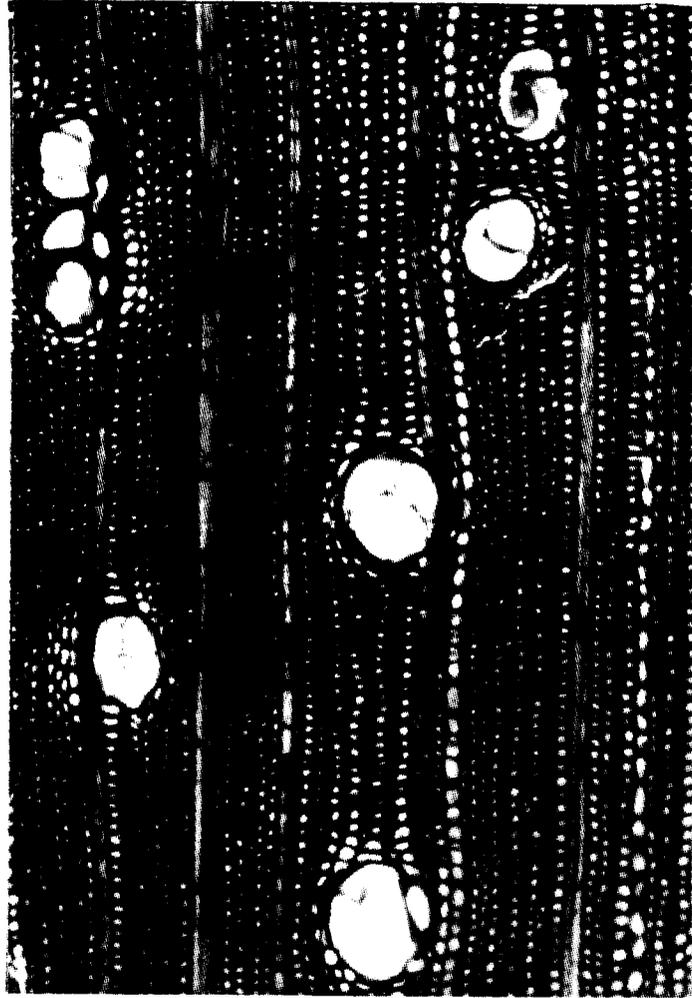


Figura 2. Poros o vasos en *Astronium graveolens* Jack. Plano Transversal (X 10) (Foto: Morataya Montenegro, R. A. 1992)

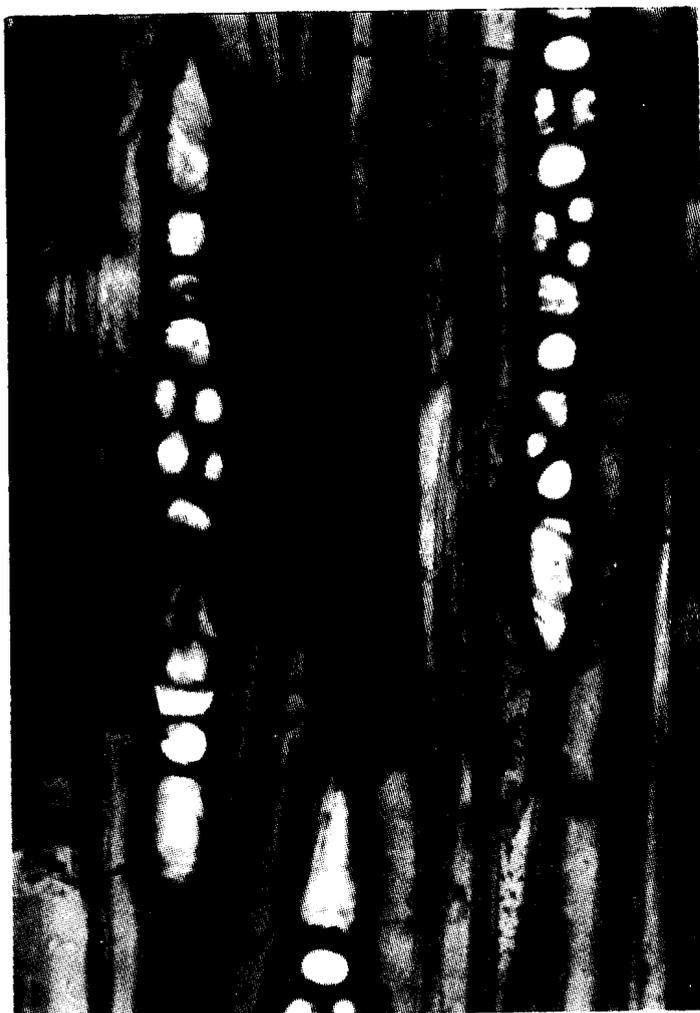


Figura 3. *Radios medulares en Astronium graveolens Jack. Plano Tangencial (X 40) (Foto: Morataya Montenegro, R. A. 1992)*



Figura 4. *Radios medulares y elementos vasculares en Astronium graveolens Jack. Plano Radial (X 4) (Foto: Morataya Montenegro, R. A. 1992)*



Figura 5. *Punctaeuras* intervasculares en *Astronium graveolens* Jack. Plano Tangencial (X 40) (Foto: Morataya Montenegro, R. A. 1992)



Figura 6. Placa de perforación intervascular simple, en Astronium graveolens Jack. Plano Tangencial (X 40) (Foto: Morataya Montenegro, R. A. 1992)

**B. Bombax ellipticum HBK. (Amapola) (figuras 7,8,9,10 y 11)**

El color de la albura es café rosado y el duramen es café-rojizo pálido, la transición entre albura y duramen no es distinguible, su olor y sabor no es distintivo, es una madera opaca, su diseño es jaspeado o floreado, su grano es recto y su textura gruesa. La distribución de los poros o vasos es difusa y se agrupan de solitarios a grupos de 2, 3, algunas veces 4 y raramente de 6, en bandas radiales. La disposición de los poros o vasos es en sentido radial, algunos son mas anchos que los radios, otros igual o menos anchos que los radios, son visibles a simple vista y contienen gomas y tilides. El parénquima en contraste con el tejido de fondo es mas claro y su visibilidad es posible claramente con estereoscopio de 25 aumentos. El color de los radios en contraste con el tejido de fondo es mas oscuro, en cuanto a su forma son lineares a linear-oblongos a elípticos, siempre se les encuentra en forma simple y no en grupos, su visibilidad es posible con estereoscopio de 25 aumentos. La demarcación de los anillos de crecimiento se define por parénquima apotraqueal en bandas tangenciales.

El número de poros por milímetro cuadrado oscila entre 1.10 y 2.57, siendo su valor promedio de 2, clasificándose como "muy pocos". El diámetro tangencial de los vaso o poros varía de 119.97 micras a 266.6 micras, cuyo valor promedio es de 185.42 micras, clasificándose como "grandes". La placa de perforación intervascular es simple, sus punteaduras intervasculares son areoladas alternas, con la abertura incluida. El diámetro tangencial de las punteaduras intervasculares se delimita en un rango de 10.88 micras a 19.04 micras, con un valor medio de 13.77 micras, clasificándose como "grandes". Posee parénquima paratraqueal vascicéntrico, apotraqueal formando bandas tangenciales. Posee abundante parénquima xilemático conteniendo cristales de calcio y oxalatos.

Los radios se clasifican como uniseriados a multiseriados, de homocelulares a heterocelulares, con un alto contenido de granos de almidón. El número de radios por milímetro lineal oscila entre 4.3478 a 10.8695, con un valor medio de 6, clasificándose como "numerosos", clasificándose también como normalmente espaciados. El ancho de los radios varía entre 6.66 micras y 99.9 micras, cuyo valor promedio es de 51.698 micras, clasificándose como

"medianos". La altura de los radios se ubica en un rango de 103.448 micras a 1396.548 micras, con un valor medio de 585.7225 micras, clasificándose como "medianos", y las punteaduras de los radios son similar a las intervasculares.

La longitud de las fibras oscila entre 999.9 micras a 2733.06 micras, donde su valor medio es de 2106.5893 micras, clasificándose como "largas". El diámetro total de las fibras varía de 29.97 a 49.95 micras, cuyo valor promedio es de 39.244 micras, clasificándose como "muy grandes". El diámetro del lumen se encuentra en un rango de 14.98 a 33.3 micras, con un valor medio de 23.1102 micras. El espesor según la relación del diámetro del lumen/diámetro total es de 0.588, clasificándose así su espesor de fibra como "delgada". La relación Runkel es de 0.698, ubicándose en el grupo III, definiéndose como una madera semipesada, de fibras de paredes gruesas y lumen medianamente amplio; las fibras se aplastan poco en la elaboración de papel y la adhesión de fibra a fibra es regular, por lo que se clasifica como "buena para papel".



Figura 7. Poro o vaso en *Bombax ellipticum* HBK. Plano Transversal (X 10) (Foto: Morataya Montenegro, R. A. 1992)

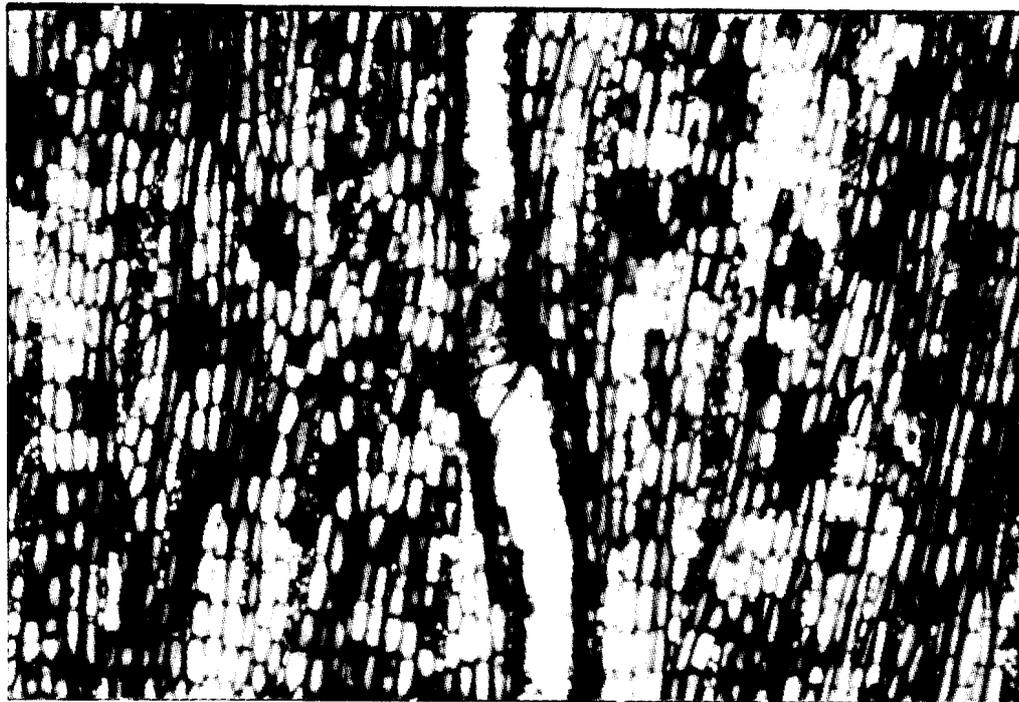


Figura 8. *Radios medulares y elementos vasculares en Bombax ellipticum HBK. Plano Tangencial (X 4) (Foto: Morataya Montenegro, R. A. 1992)*

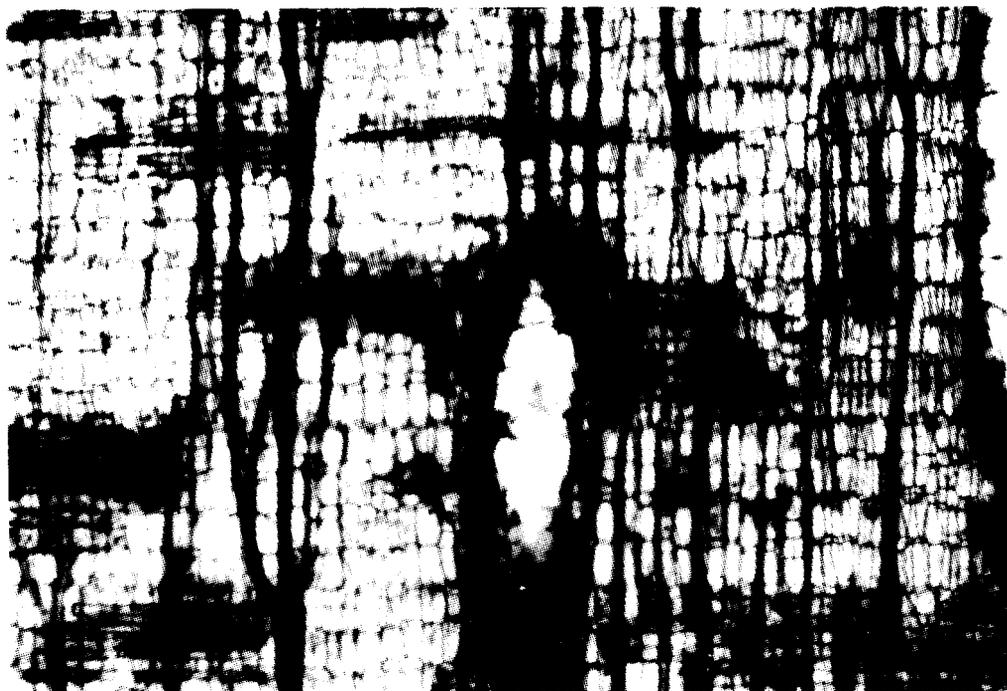


Figura 9. *Bombax ellipticum* HBK. Plano Radial (X 4)  
(Foto: Morataya Montenegro, R. A. 1992)

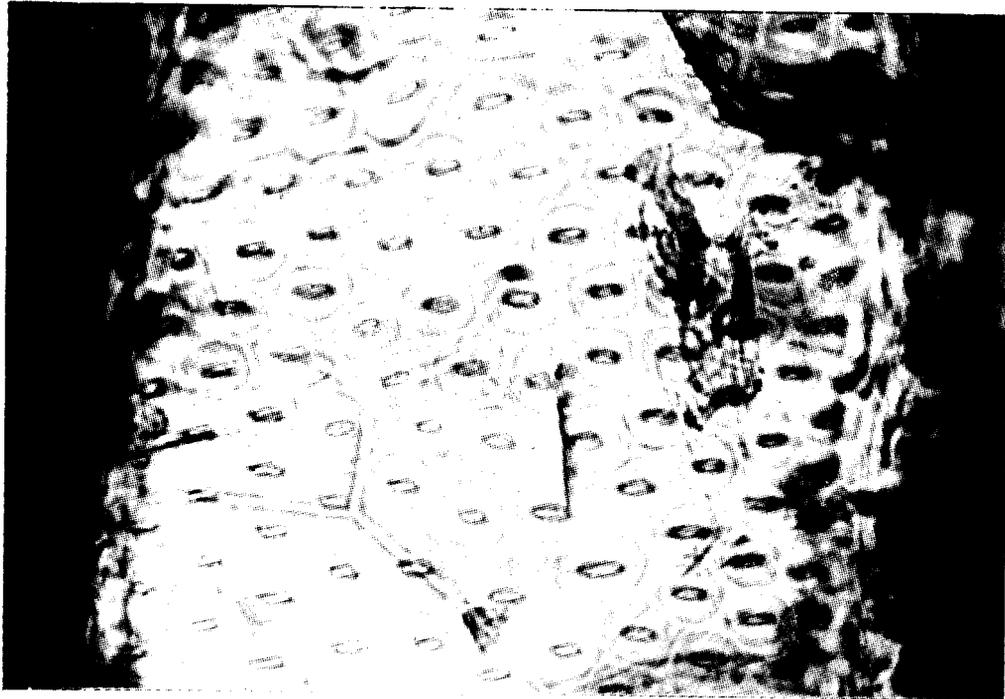


Figura 10. *Punteaduras intervasculares en Bombax ellipticum HBK.  
Plano Radial (X 100) (Foto: Morataya Montenegro, R. A.  
1992)*



Figura 11. Placa de perforación intervascular simple, Bombax ellipticum HBK. Plano Radial (X 10) (Foto: Morataya Montenegro, R. A. 1992)

C. Bursera simaruba (L.) Sarg. (Palo jiote, Chacaj) (figuras 12,13,14,15 y 16)

Albura de color amarillo pálido a blanco, el duramen es blanco a blanco amarillento, la transición de albura a duramen es gradual a escasamente notoria, su olor no es distintivo, su sabor es amargo. Es una madera medianamente lustrosa, con un diseño liso, grano recto y textura fina a mediana. La distribución de los poros o vasos es difusa y se agrupan de solitarios a grupos de 2 y 3, raramente 4 o 5, su disposición es radial y son mas anchos que los radios, su visibilidad es posible con estereoscopio de 25 aumentos, conteniendo dentro de los vasos abundantes gomas. El parénquima es mas claro en contraste con el tejido de fondo y su observación es con estereoscopio de 25 aumentos. Los radios son mas claros en contraste con el tejido de fondo y su forma es oblonga. Siempre se presentan solitarios y no en grupos y su visibilidad es posible con estereoscopio de 25 aumentos. La demarcación de los anillos de crecimiento se definen por la presencia de leño tardío y temprano, a la vez también por porosidad semicircular.

El número de poros por milímetro cuadrado varía de 11.716 a 41.007, con un valor medio de 25, clasificándose "de pocos a moderadamente pocos". El diámetro tangencial de los poros oscila entre 49.95 micras y 113.22 micras, cuyo valor promedio es de 76.89 micras, clasificándose como "pequeños". La placa de perforación intervascular es simple, y las punteaduras intervasculares son areaoladas alternas, con la abertura incluida. El diámetro de las punteaduras se ubica en un rango de 6.73 micras a 16.152 micras, con un valor medio de 10.42 micras, clasificándose como "medianas". El parénquima paratraqueal y apotraqueal es muy escaso a casi indistinguible o nulo.

Los radios se clasifican de triseriados a tetraseriados y son completamente homocelulares, conteniendo altas cantidades de sustancias de reserva alimenticia. El número de radios por milímetro lineal varía de 8.58 a 21.45, con un valor medio de 14, clasificándose como "numerosos", definiéndose como compactados. El ancho de los radios oscila entre 23.31 micras a 106.56 micras, con un valor medio 52.5807, clasificándose como "medianos". La altura de los radios se ubica en un rango de 90 a 610 micras,

*cuyo valor medio es de 276.6 micras, clasificándose como "bajos". Las punteaduras de los radios son similar a las intervasculares.*

*La longitud de las fibras oscila entre 733.26 micras a 1333.2 micras, donde el valor medio es de 1054.4278 micras, clasificándose como "medianas". El diámetro de las fibras varía de 18.315 micras a 31.635 micras, cuyo valor medio es de 26.4668 micras. El espesor de las fibras según la relación de diámetro lumen/diámetro total es de 0.757, clasificándose como "muy delgada". La relación Runkel es de 0.320, que la ubica en el grupo II, el cual define que es una 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, lo cual hace que se clasifique como "muy buena para papel".*

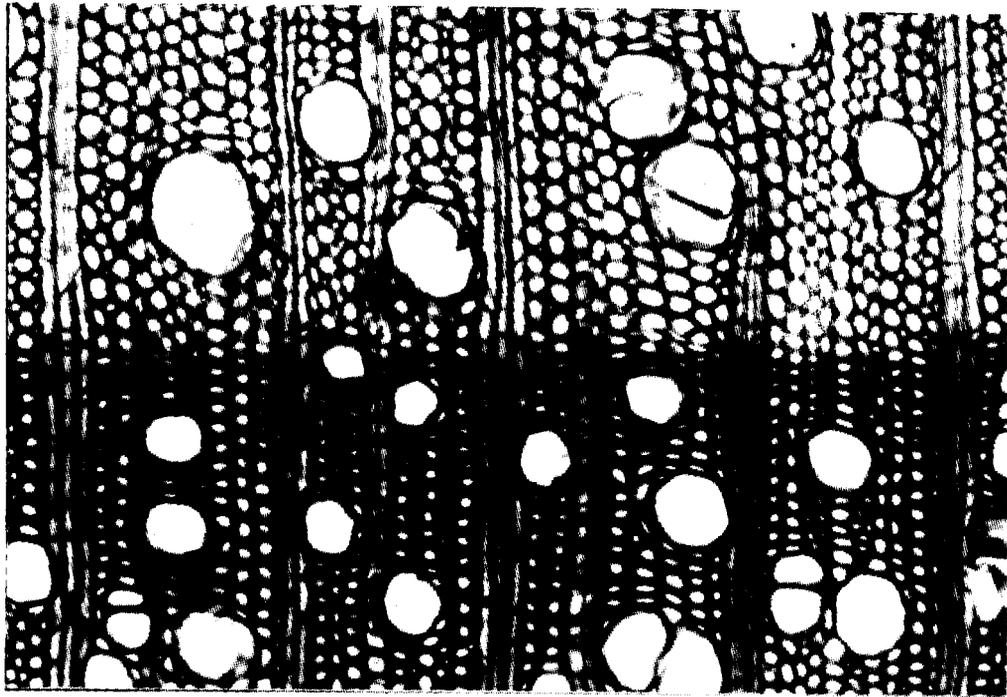


Figura 12. Poros o vasos en *Bursera simaruba* (L.) Sarg. Plano Transversal (X 10) (Foto: Morataya Montenegro, R. A. 1992)



Figura 13. *Radios medulares, fibras y elementos vasculares en Bursera simaruba (L.) Sarg. Plano Tangencial (X 10) (Foto: Morataya Montenegro, R. A. 1992)*



Figura 14. *Radios medulares, fibras, elementos vasculares y placa de perforación simple en Bursera simaruba (L.) Sarg. Plano Radial (X 10) (Foto: Morataya Montenegro, R. A. 1992)*



Figura 15. *Punteaduras intervasculares en Bursera simaruba (L.) Sarg. Plano Tangencial (X 40) (Foto: Morataya Montenegro, R. A. 1992)*

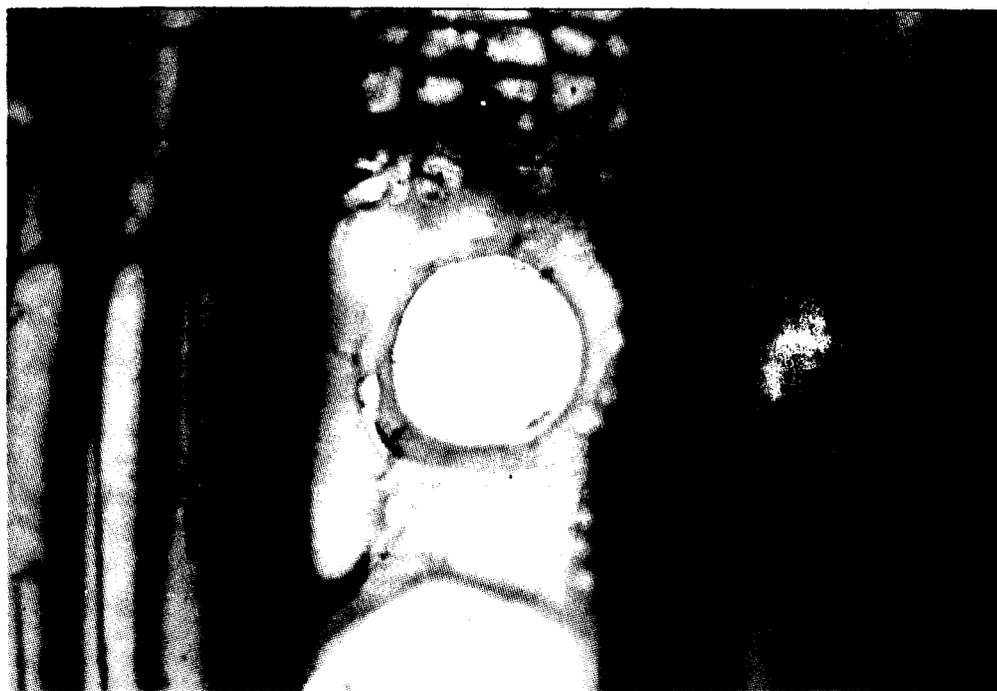


Figura 16. Placa de perforacion intervascular simple en Bursera simaruba (L.) Sarg. Plano Radial (X 40) (Foto: Morataya Montenegro, R. A. 1992)

D. Schizolobium parahybum (Vell.) Blake. (Plumajillo, Zorra) (figuras 17, 18, 19, 20 y 21)

El color de la albura es blanco cremoso a amarillento, al igual que el duramen. La transición entre albura y duramen, el olor y el sabor no son distinguibles. Es una madera medianamente lustrosa, su diseño es un veteado muy suave, el grano es estrechamente entrelazado y su textura gruesa. La distribución de los poros o vasos es difusa y se agrupan de solitarios a grupos de 2 y 3, raramente 4, su disposición sigue una directriz radial, siendo mas anchos que los radios, su visibilidad es a simple vista conteniendo resinas y gomas. El parénquima es mas claro en contraste con el tejido de fondo y su visibilidad es posible con estereoscopio de 25 aumentos. Los radios son mas claros en contraste con el tejido de fondo, siendo su forma de oblongos a linear oblongos. Los radios siempre se presentan simples y no en grupos y su visibilidad es con estereoscopio de 25 aumentos. La demarcación de los anillos de crecimiento se define claramente por la presencia de leño tardío y temprano.

El número de vasos o poros por milímetro cuadrado se ubica en un rango de 0.368 a 1.47, con un valor medio de 1 por milímetro lineal, clasificándose como muy pocos. El diámetro tangencial de los poros o vaso oscila entre 98.27 micras a 351.723 micras, cuyo valor promedio es de 231.516 micras, clasificándose como "muy grandes". La placa de perforación intervascular es simple y sus punteaduras intervasculares son areoladas alternas, con la abertura incluida. El diámetro tangencial de las punteaduras oscila entre 5.44 micras y 10.88 micras, donde el valor medio es de 8.663 micras, clasificándose como "medianas". El parénquima presente es paratraqueal vascicéntrico.

Los radios se clasifican de uniseriados a triseriados, siendo completamente homocelulares. El número de radios por milímetro lineal varía de 4.347 a 10.869, con un valor medio de 7 radios por milímetro lineal, clasificándose como "numerosos", siendo normalmente espaciados. El ancho de los radios oscila en un rango de 6.66 micras a 24.795 micras, cuyo valor medio es de 15.9174 micras, clasificándose como "muy finos". La altura de los radios se ubica en un rango de 82.758 a 486.205 micras, clasificándose

como "bajos". Las punteaduras de los radios son similar a las intervasculares.

La longitud de las fibras oscila entre 733.26 micras a 266.4 micras, con un valor medio de 1416.258 micras, clasificándose como "largas". El diámetro total de las fibras varía de 26.64 micras a 49.95 micras, cuyo valor promedio es de 36.1971, clasificándose como "muy grandes". El diámetro del lumen se ubica en un rango de 19.98 a 44.955 micras, donde el valor promedio es de 29.637 micras. El espesor de las fibras según la relación de diámetro del lumen/diámetro total es de 0.819, clasificándose como "muy delgada". La relación Runkel es de 0.221, el cual ubica a esta madera en el grupo I, siendo la mas alta categoría en aspectos de calidad de papel, la cual define que esta madera es liviana, de fibras con 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, lo cual clasifica a esta madera como "excelente para papel".

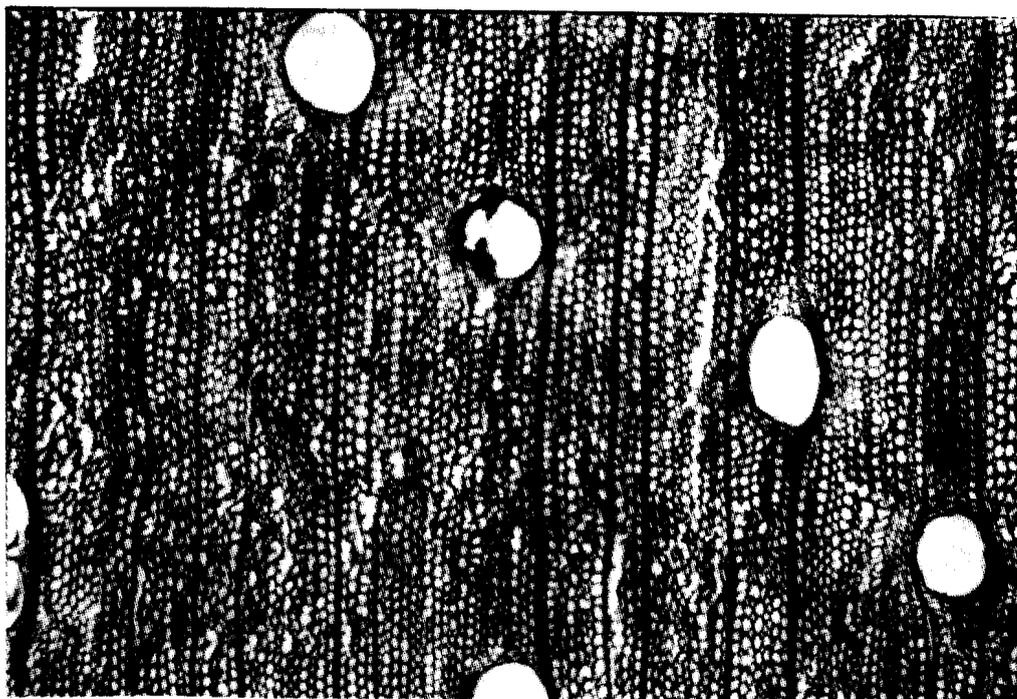


Figura 17. Poros o vasos en *Schizolobium parahybum* (Vell.) Blake. Plano Transversal (X 4) (Foto: Morataya Montenegro, R. A. 1992)

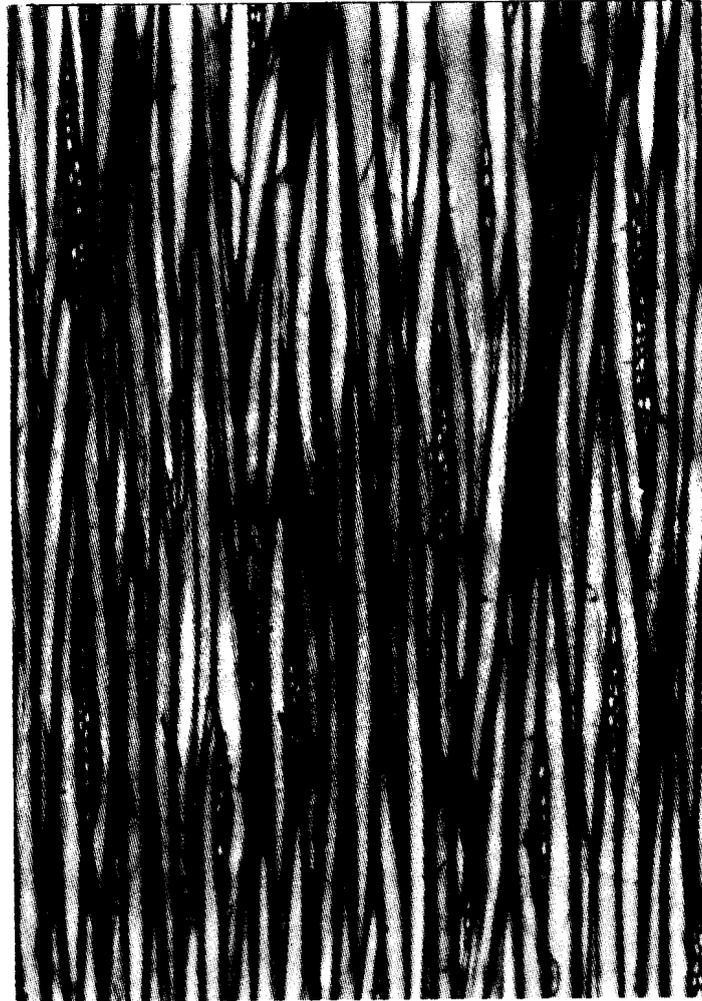


Figura 18. *Radios medulares y fibras en Schizolobium parahybum (Vell.) Blake. Plano Tangencial (X 10) (Foto: Morataya Montenegro, R. A. 1992)*

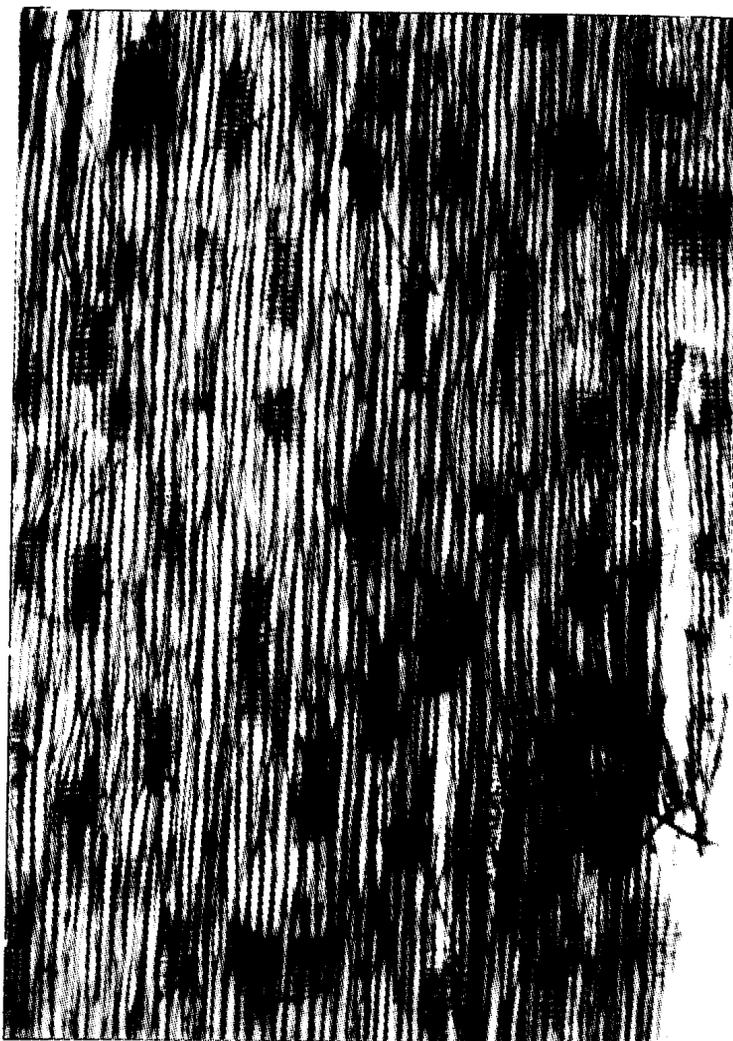


Figura 19. *Radios medulares y fibras en Schizolobium parahybum (Vell.) Blake. Plano Radial (X 4) (Foto: Morataya Montenegro, R. A. 1992)*

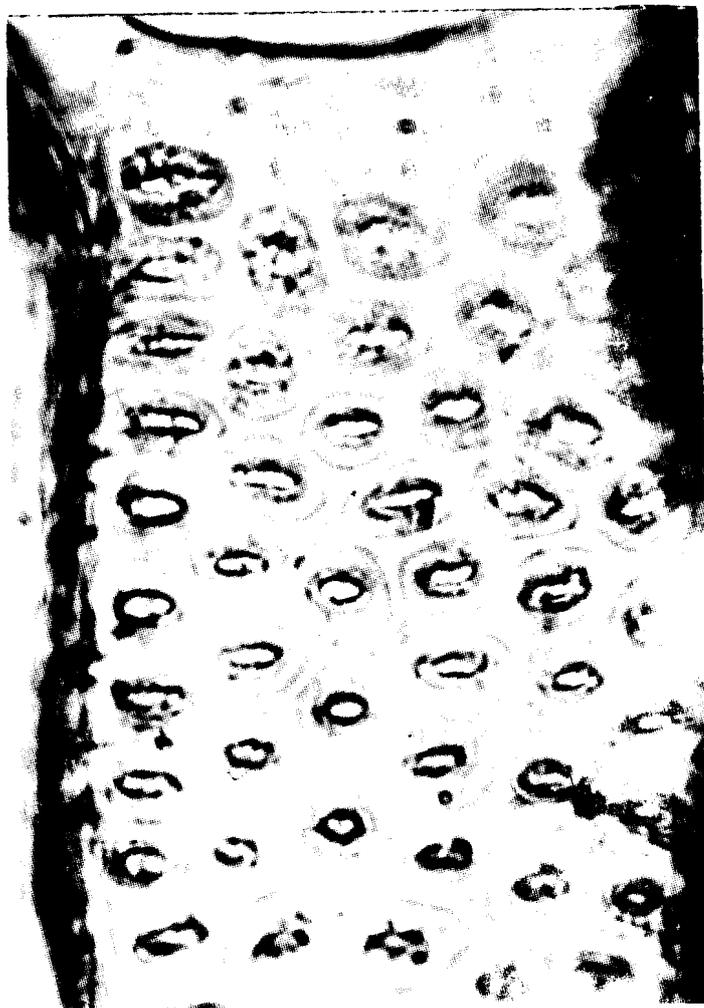


Figura 20. Punteaduras intervasculares en Schizolobium parvum (Vell.) Blake. Plano radial (X 100) (Foto: Morataya Montenegro, R. A. 1992)



Figura 21. Placa de perforación intervascular simple, Schizolobium parahybum (Vell.) Blake. Plano Radial (X 40) (Foto: Morataya Montenegro, R. A. 1992)

**E. Vatairea lundellii (Standl.) Killip. (Danto) (figuras 22, 23, 24, 25 y 26)**

El color de la albura es café pálido y el duramen es café amarillento. La transición entre albura y duramen es abrupta, definida por una banda entre albura y duramen de color amarillo cremoso, denotada por el parénquima aliforme. El olor es "amargo penetrante" y en cuanto al sabor el duramen es extremadamente amargo, la banda amarilla cremosa entre albura y duramen es amargo picante y en la albura es no distintivo. La madera es poco lustrosa, su diseño es cromático, su grano es estrechamente entrecruzado y su textura gruesa. La distribución de los poros es difusa a semicircular, agrupándose los poros de solitarios a grupos de 2, 3 a 5, raramente mas de 5. La disposición de los poros es oblicua, por confluencia de parénquima aliforme, siendo mas anchos que los radios, su visibilidad es a simple vista, conteniendo gomas y resinas, ademas de altos contenidos de sustancias repeledoras de hongos e insectos en el parénquima. El parénquima es mas claro en contraste con el tejido de fondo y su visibilidad es a simple vista. El color de los radios en contraste con el tejido de fondo es mas claro y su forma varia de oblongos a linear oblongos, presentándose simples y no en grupos, siendo su visibilidad posible con estereoscopio de 25 aumentos. El límite de los anillos de crecimiento se demarca por poros mas pequeños que los demas, alineándose en bandas confluentes de parénquima en posición tangencial.

El número por milímetro cuadrado de los vasos o poros oscila entre 1.948 y 7.14, con un valor medio de 4, clasificándose como "muy pocos". El diámetro tangencial de los poros varia de 66.6 a 362.97, cuyo valor medio es de 203.596, clasificándose como "muy grandes". La placa de perforación intervascular es simple, las punteaduras intervasculares son areoladas alternas, en grupos o cribas, con abertura incluida. El diámetro tangencial se ubica en un rango de 6.73 micras a 16.152 micras, donde el valor promedio es de 9.155 micras, clasificándose como "medianas". Presenta parénquima paratraqueal aliforme, confluyente en bandas oblicuas y tangenciales (definiendo anillos).

Los radios se clasifican de uniseriados a biseriados, siendo de

homocelulares a ligeramente heterocelulares. El número de radios por milímetro lineal varia en un rango de 8.58 a 25.74, cuyo valor medio es de 17, clasificándose como "numerosos", siendo compactados. El ancho de los radios oscila entre 9.99 micras a 46.62 micras, donde el valor promedio es de 25.7742, clasificándose como "finos". La altura de los radios se ubica en un rango de 41.379 a 527.5848 micras, donde el valor medio es de 237.1 micras, clasificándose como "bajos". Las punteaduras de los radios son similar a las intervasculares.

La longitud de las fibras variando 1049.895 a 2449.755, con un valor medio de 1789.4877, clasificándose como "largas". El diámetro total de las fibras varía de 13.32 a 33.3 micras, donde el valor medio es de 22.23108 micras, clasificándose como "medianas". El espesor de la fibra según la relación de diámetro del lumen/diámetro total es de 0.689, clasificándose como "delgada". La relación Runkel es de 0.451, lo cual la ubica en el grupo II, definiéndose así como una 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, clasificándose esta madera como "muy buena para papel".

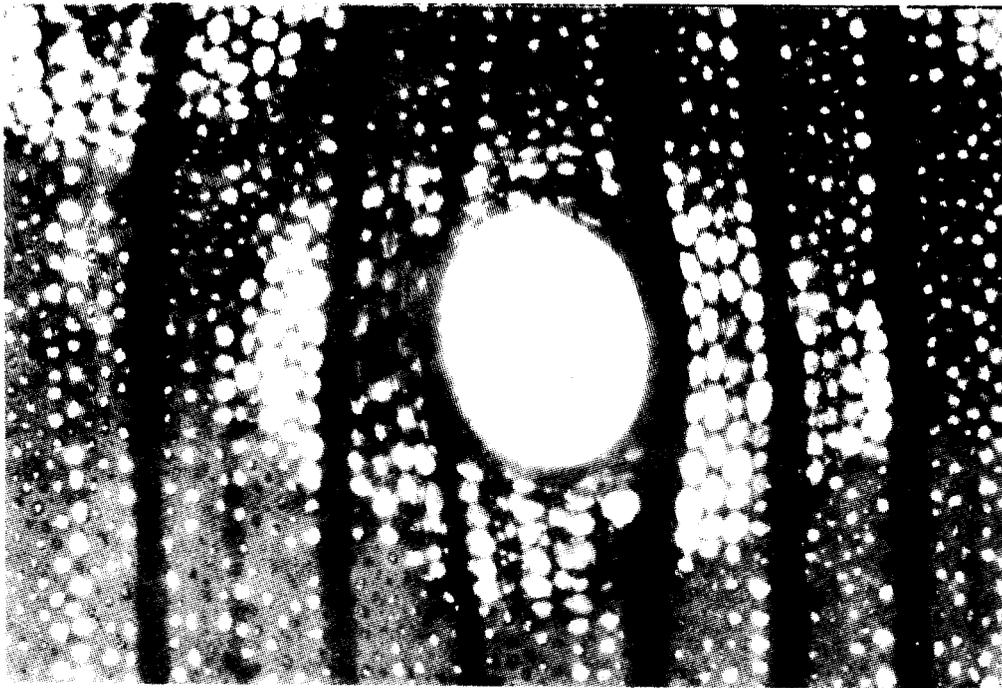


Figura 22. Poro o vaso rodeado de parénquima, el cual se denomina como poro aliforme, ello en *Vatairea lundellii* (Standl.) Killip. Plano Transversal (X 10) (Foto: Morataya Montenegro, R. A. 1992)

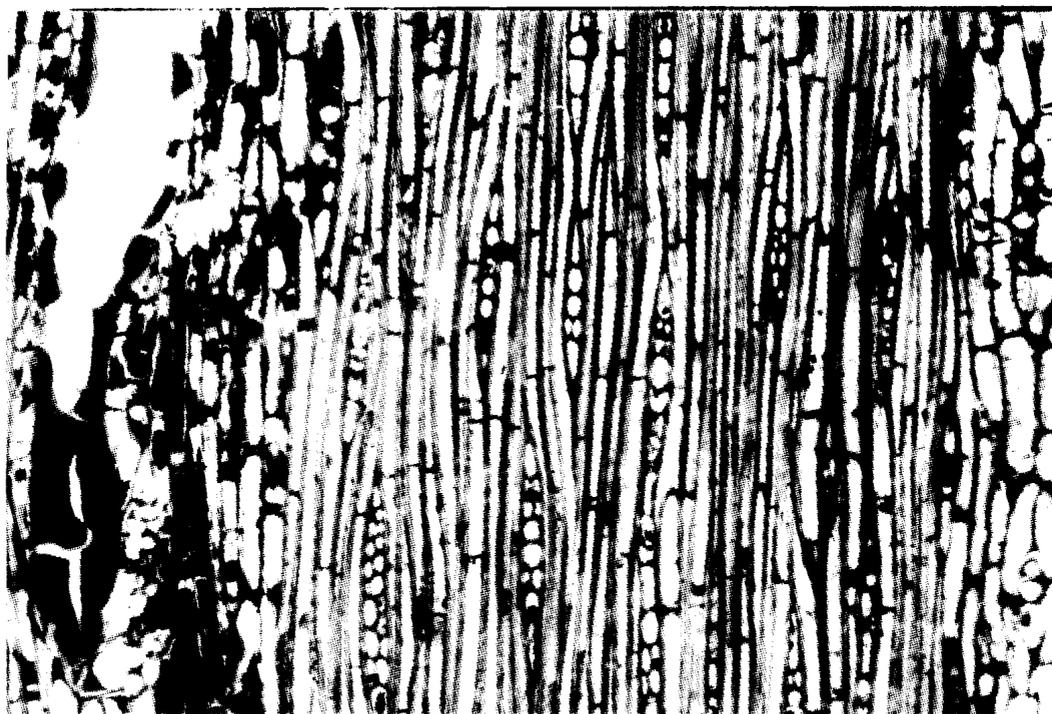


Figura 23. *Radios medulares, fibras, elementos vasculares y parénquima, el cual rodea los elementos vasculares, ello en Vatairea lundellii (Standl.) Killip. Plano Tangencial (X 10) (Foto: Morataya Montenegro, R. A. 1992)*

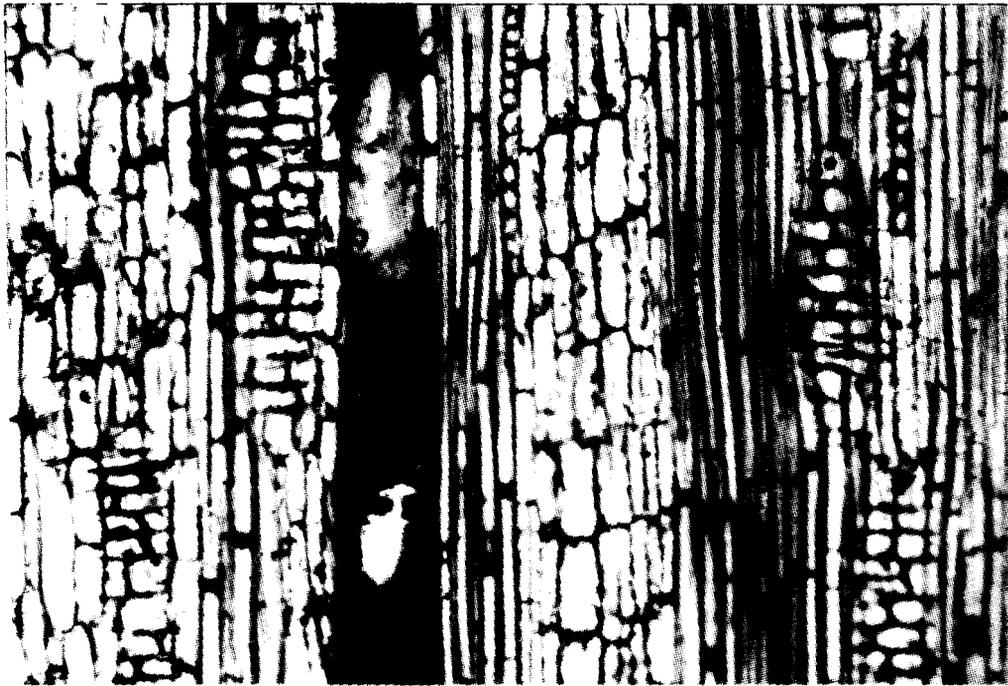


Figura 24. Parénquima, fibras, radios medulares y elementos vasculares en *Vatairea lundellii* (Stadnl.) Killip. Plano Radial (X 10) (Foto: Morataya Montenegro, R. A. 1992)



Figura 25. *Punteaduras intervasculares, Vatairea lundellii* (Standl.) Killip. Plano Radial (X 40) (Foto: Morataya Montenegro, R. A. 1992)



Figura 26. Al centro dos placas de perforación intervascular simple en Vatairea lundellii (Standl.) Killip., Plano Radial (X 4)  
(Foto: Morataya Montenegro, R. A. 1992)

F. Zanthoxylum belizense Lundell. (Lagarto) (figuras 27,28,29,30 y 31)

La albura es de color cremoso amarillento, con bandas amarillas cerca de la albura. El duramen es café amarillento y la transición de albura y duramen es abrupta. El olor de la madera no es distinguible, su sabor es amargo. Es una madera medianamente lustrosa, diseño cromático, de grano estrechamente entrecruzado y de textura gruesa. La distribución de los poros o vasos es semicircular, agrupados principalmente en grupos de 2, pocos solitarios y raramente de 3 a 4. La disposición de los mismos es radial y son mas anchos que los radios, su visibilidad es a simple vista, conteniendo gomas y resinas. El parénquima es mas claro en contraste con el tejido de fondo y su visibilidad es posible con estereoscopio de 25 aumentos. El color de los radios en contraste con el tejido de fondo es mas claro, en cuanto a la forma son ligeramente oblongos, presentándose en forma simple y no en grupos, su visibilidad es posible con estereoscopio de 25 aumentos. Los anillos de crecimiento se definen por la porosidad semicircular y por leño tardío oscuro.

El número por milímetro cuadrado de vasos o poros oscila entre 2.208 y 4.78, donde el valor promedio es de 3/mm<sup>2</sup>, clasificándose como "muy pocos". El diámetro tangencial varía de 66.6 a 163.17 micras, cuyo valor medio es de 109.39 micras, clasificándose como "medianos". La placa de perforación intervascular es simple y las punteaduras intervasculares son areoladas alterna, con la abertura incluida. El diámetro tangencial de las punteaduras se ubica en un rango de 5.44 a 10.88 micras, donde el valor medio es de 6.98 micras, clasificándose como medianas. El parénquima es paratraqueal escaso, terminal en bandas radiales, sin rodear completamente los vasos, llegando a ser unilateral.

Los radios se clasifican de uniseriados a pentaseriados, siendo homocelulares con cristales rombohédricos a tetrahédricos. El número de radios por milímetro lineal oscila entre 6.521 a 15.217, cuyo valor medio es de 11, clasificándose como "numerosos", siendo ligeramente compactados. El ancho de los radios varía de 9.99 a 49.95 micras, donde el valor promedio es de 30.819 micras, clasificándose como "finos". La altura de los radios oscila entre 41.379 y 527.5848 micras, donde el valor promedio es de 196.706,

clasificándose como "muy bajos". Las punteaduras de los radios son similar a las intervasculares.

La longitud de las fibras se ubica entre 966.57 micras y 1699.83 micras, cuyo valor medio es de 1360.563 micras, clasificándose como "grandes". El diámetro del lumen oscila entre 16.65 micras y 29.97 micras, donde el valor promedio es de 21.52845 micras. El espesor de las fibras según la relación de diámetro del lumen/diámetro total es de 0.773, clasificándose así como "muy delgada". La relación Runkel es de 0.294 ubicándose en el grupo II, lo que define que es una 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, clasificándose como "muy buena para papel".

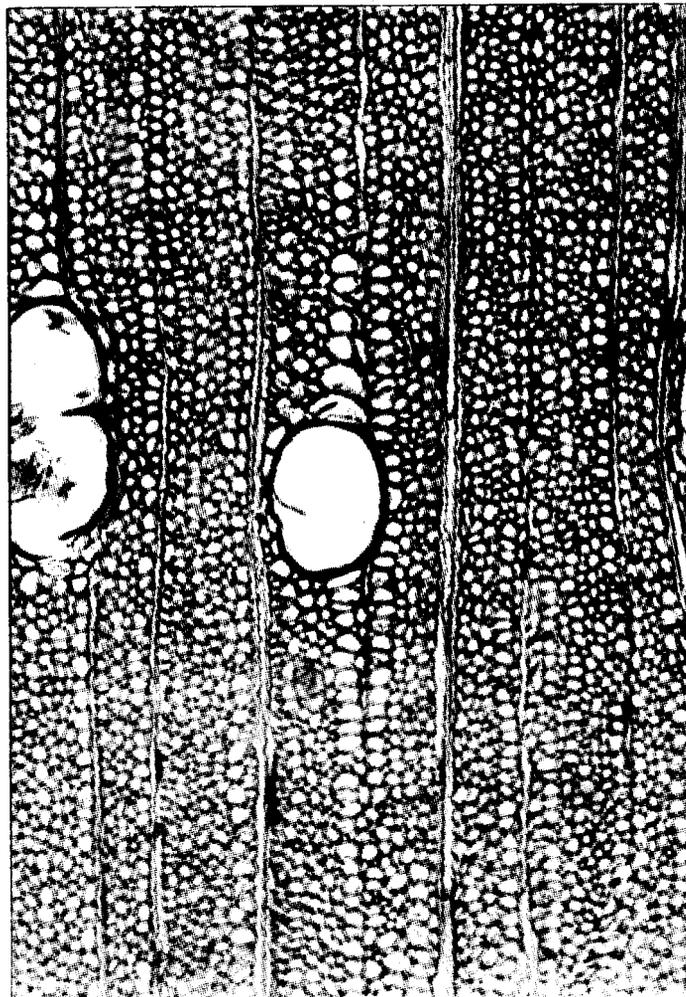


Figura 27. Poros o vasos en Zanthoxylum belizense Lundell. Plano Transversal (X 10) (Foto: Morataya Montenegro, R. A. 1992)

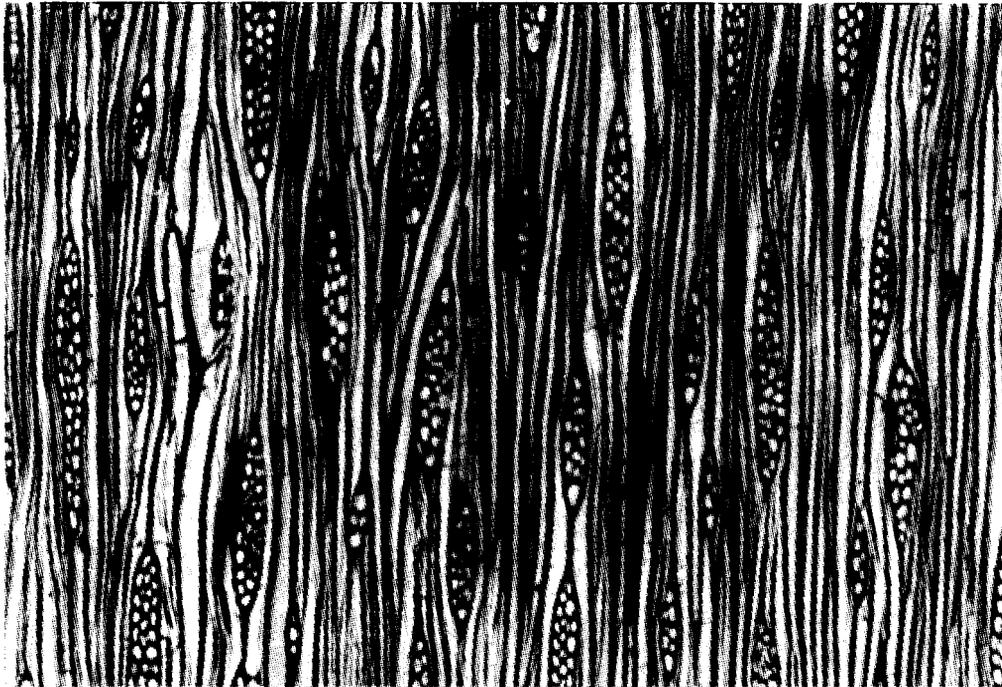


Figura 28. *Radios medulares y fibras en Zanthoxylum belizense Lundell. Plano Tangencial (X 10) (Foto: Morataya Montenegro, R. A. 1992)*



Figura 29. *Radios medulares, fibras y elementos vasculares en Zanthoxylum belizense* Lundell. Plano Radial (X 4) (Foto: Morataya Montenegro, R. A. 1992)

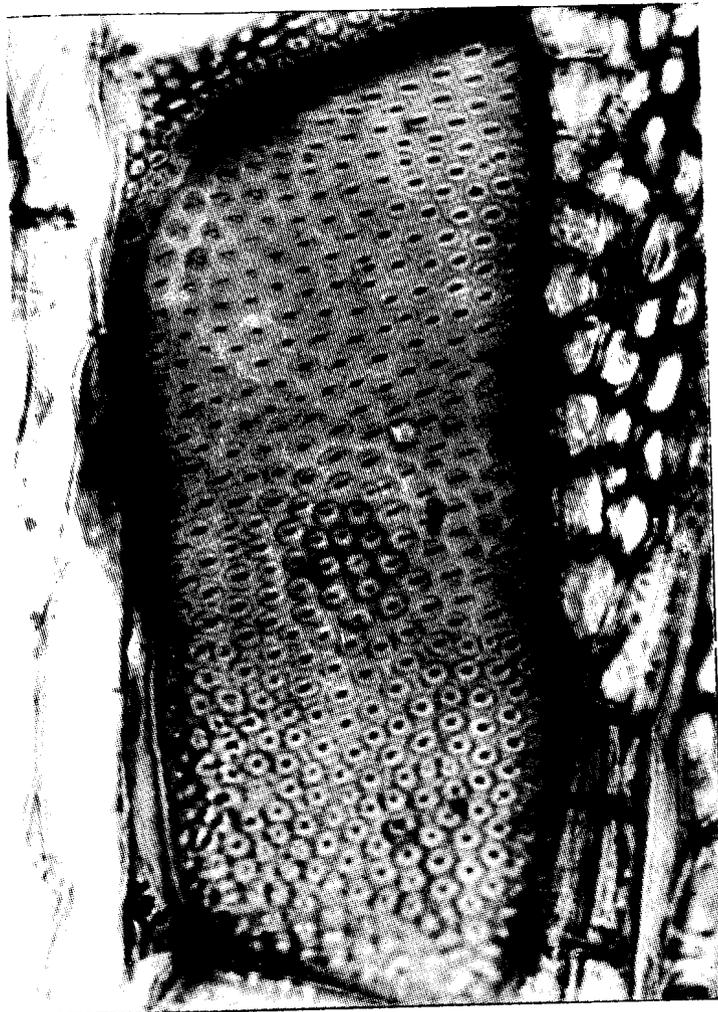


Figura 30. *Punteaduras intervasculares, Zanthoxylum belizense* Lundell.  
Plano Tangencial (X 40) (Foto: Morataya Montenegro, R. A.  
1992)

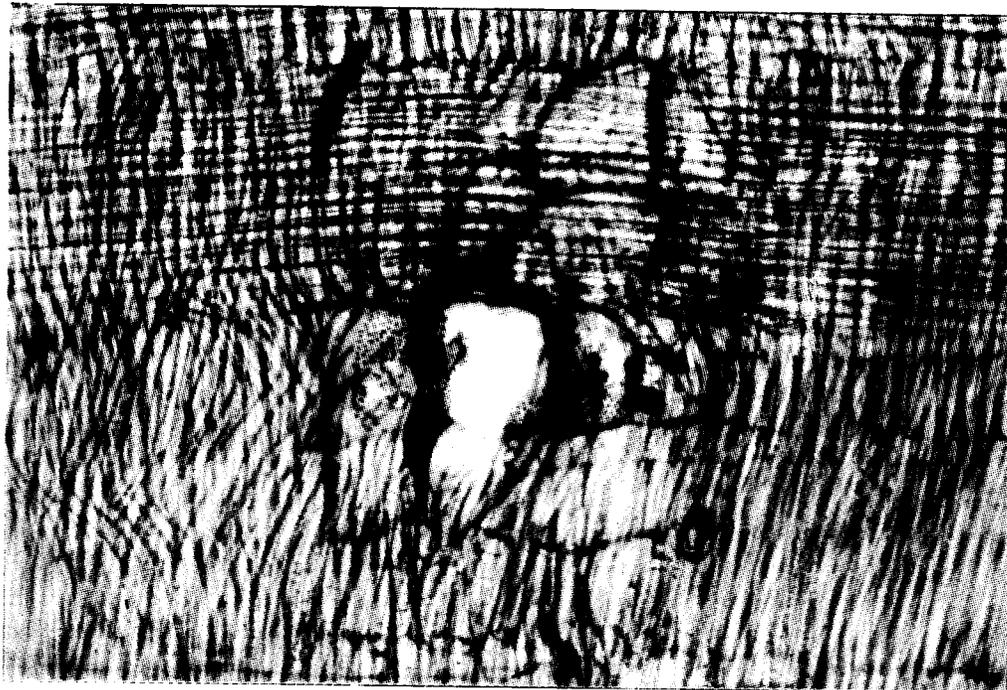


Figura 31. Al centro la placa de perforación intervascular simple en Zanthoxylum belizense Lundell, Plano Radial (X 10)  
(Foto: Morataya Montenegro, R. A. 1992)

### 6.1.6.2 Clave

La clave de identificación anatómica se desarrolló a partir de una doble alternativa de entrada, la cual separa en dos grupos las seis especies, partiendo ello de la porosidad semicircular y difusa. Dentro de porosidad semicircular incluye a Astronium graveolens Jack y Zanthoxylum belizense Lundell y difusa a las cuatro especies restantes; Dentro de las de porosidad difusa se separan por el tamaño de poros o vasos en cuanto al diámetro tangencial, quedando A. graveolens Jack con vasos pequeños y Z. belizense Lundell con vasos medianos. Las especies que presentaron porosidad difusa se separaron otros dos grupos, siendo el diámetro de las punteaduras el punto de partida; donde, Bombax ellipticum HBK se define con punteaduras grandes y las otras tres especies restantes se definen con punteaduras medianas. Este mismo grupo de especies con punteaduras medianas se separaron en dos nuevos grupos; siendo, la abundancia de poros o vasos por mm<sup>2</sup> el carácter de separación, quedando Bursera simaruba (L.) Sarg clasificada en dicha abundancia como de pocos a medianamente pocos y en la clasificación de muy pocos las otras dos especies restantes. Estas últimas dos especies se separaron a partir del espaciamiento existente entre radios, quedando Schizolobium parahybum (Vell.) Blake con radios normalmente espaciados y Vatairea lundellii (Standl.) Killip con radios compactados.

Para poder manejar esta clave es necesario elaborar montajes para su identificación, ya que se basa en caracteres puramente microscópicos. Esto representa de alguna manera una desventaja para la misma, ya que es necesario tener como mínimo un micrótomo, colorantes, medio de montaje, laminillas de vidrio para montajes y un microscópio compuesto, y a la vez personal calificado para esta actividad. Ello no significa que este tipo de estudios no tenga alguna importancia por el tipo de desventajas que se presentan para usar esta clave, ya que su real importancia se centra en ir proporcionando una sólida base de datos que serán el origen de muchas otras investigaciones.

Esta clave no es mas que una herramienta de apoyo para la identificación de de estas seis especies estudiadas, pudiéndose fusionar la misma con otras claves de otras especies estudiadas en la región tropical y subtropical de nuestro planeta. La gran ventaja que se presenta para el desarrollo de estas claves anatómicas radica en lo siguientes conceptos: a) no se necesitan muestras botánicas

completas para su identificación; estos es, flores, hojas, frutos y otros. b) la muestra a analizar, en cuanto a su colecta no exige mayores condiciones. c) Con base en claves completas puede identificarse cualquier tipo de madera, independientemente del lugar de muestreo; el cual puede ser un bosque, aserradero, carpintería, etc. A continuación se presenta la clave dicotómica de identificación desarrollada con base en los descriptores anatómicos de las especies estudiadas:

A. Porosidad principalmente semicircular.

B. Poros o vasos pequeños (de 51 micras ( $\mu$ ) a 100  $\mu$  de diámetro tangencial con espesor de pared), los radios normalmente espaciados (de 6 a 9 radios por milímetro lineal) y bajos (de 200  $\mu$  a 500  $\mu$  de altura), fibras medianas (de 16  $\mu$  a 25  $\mu$  de diámetro).

*Astronium graveolens* Jack.

BB. Poros o vasos medianos (de 101  $\mu$  a 150  $\mu$  de diámetro con espesor de pared, los radios ligeramente compactados (de 10 a 13 por milímetro lineal) y muy bajos (menos de 200  $\mu$  de altura), fibras grandes (de 26  $\mu$  a 30  $\mu$  de diámetro)

*Zanthoxylum belizense* Lundell.

AA. Porosidad principalmente difusa.

C. Punteaduras grandes (de 11  $\mu$  a 50  $\mu$  de diámetro), radios medianos (de 500  $\mu$  a 300  $\mu$  de altura).

*Bombax ellipticum* HBK.

CC. Punteaduras medianas (de 5  $\mu$  a 10  $\mu$  de diámetro), radios bajos (de 200  $\mu$  a 500  $\mu$  de altura).

D. Poros o vasos de pocos a medianamente pocos (de 16 a 50 por  $mm^2$ ), radios medianos (de 50  $\mu$  a 100  $\mu$  de ancho).

*Bursera simaruba* (L.) Sarg.

DD. Poros o vasos muy pocos (menos de 16 por  $mm^2$ ), radios de muy finos a finos (menos de 50  $\mu$  de ancho).

E. Radios normalmente espaciados (de 6 a 9 radios por milímetro lineal) y muy finos (menos de 25  $\mu$  de ancho), fibras medianas (de 900  $\mu$  a 1600  $\mu$  de longitud)

*Schizolobium parahybum* (Vell.) Blake.

EE. Radios compactados (de 14 a 20 radios por milímetro lineal) y finos (de 25  $\mu$  a 50  $\mu$  de ancho), fibras largas (mas de 1600  $\mu$  de longitud).

*Vatairea lundellii* (Standl.) Killip.

## 6.2 Propiedades físicas.

### 6.2.1 Peso específico aparente, contenido de humedad, contracción tangencial, radial y longitudinal.

Las propiedades físicas de las maderas estudiadas se presentan en el cuadro 16. La contracción radial para las seis especies es menor que la contracción tangencial, y ello se debe principalmente a que el mayor número de puntuaciones es mayor en la cara radial de los elementos vasculares, por lo que provoca una desviación de las microfibrillas, ocasionando así una reducción en las contracciones. La contracción longitudinal es mucho menor que la radial y tangencial, explicándose así el sostén mecánico vertical, lo cual se comprueba con los resultados obtenidos para las seis maderas estudiadas.

La contracción tangencial, radial y longitudinal van de la mano con el contenido de humedad, ya que a mayor contenido de humedad, menor será la contracción y a menor contenido de humedad mayor la contracción (20), ello se demuestra con la especie de Schizolobium parahybum (Vell.) Blake que posee un contenido de humedad 193% al momento del corte.

Según el peso específico aparente seco, el jobillo (Astronium graveolens Jack.) se clasifica como extremadamente pesada, siguiéndole en su orden el danto [Vatairea lundellii (Standl.) Killip.] como muy pesada; seguidamente aparece amapola (Bombax ellipticum HBK), palo jiote [Bursera simaruba (L.) Sarg.] y lagarto (Zanthoxylum belizense Lundell.) como moderadamente pesadas. En cuanto al contenido de humedad se observó que Plumajillo [Schizolobium parahybum (Vell.) Blake.] posee el mayor contenido de humedad al momento del apeo del árbol y Jobillo (Astronium graveolens Jack.) con el menor contenido de humedad. La mayor contracción tangencial la presentaron las especies de Lagarto (Zanthoxylum belizense Lundell.) y Danto [Vatairea lundellii (Standl.) Killip.], y la que menor contracción tangencial presenta es Palo jiote [Bursera simaruba (L.) Sarg.]. La contracción radial es mayor en Danto [Vatairea lundellii (Standl.) Killip.] y menor en Plumajillo [Schizolobium parahybum (Vell.) Blake.]. La contracción longitudinal es mayor en Jobillo (Astronium graveolens Jack.) y Danto [Vatairea lundellii (Standl.) Killip.], y menor en Plumajillo [Schizolobium parahybum (Vell.) Blake.].

Cuadro 16 Peso específico aparente, contenido de humedad, contracción tangencial, radial y longitudinal de las especies estudiadas.

ESPECIE	PESO ESPECIFICO APARENTE			CONTENIDO DE HUMEDAD%	CONTRACCION		
	SECO		VERDE		TANGENCIAL	RADIAL	LONGITUDINAL
	gr/cc	CLASIFICACION	gr/cc		%	%	%
<u>Astronium graveolens</u> Jack. Jobillo	1.05	Extremadamente pesada.	1.279	32	4.87	3.007	0.481
<u>Bombax ellipticum</u> HBK. Amapola	0.46	Moderadamente pesada.	0.893	110	4.75	3.29	0.470
<u>Bursera simaruba</u> (L.) Sarg. Chacaj, Palo jiote	0.47	Moderadamente pesada	0.851	96	4.25	3.50	0.390
<u>Schizolobium parahybum</u> (Vell.) Blake. Zorra, Pluma jillo	0.34	Liviana	0.905	193	4.98	1.99	0.14
<u>Vatairea lundellii</u> (Standl.) Killip. Danto	0.71	Muy pesada	1.105	76	5.51	4.85	0.470
<u>Zanthoxylum belizense</u> Lundell. Lagarto	0.4	Moderadamente liviana	0.626	72	5.72	2.40	0.398

### 6.2.2 Contracción volumétrica y relación contracción tangencial (CT)/contracción radial (CR).

Los valores de la contracción volumétrica y relación contracción tangencial (CT)/contracción radial (CR), se presentan en el cuadro 17. Se observa que la contracción volumétrica calculada para Vatairea lundelli (Standl.) Killip es media, a diferencia de las otras cinco especies que la presentan muy baja. Los valores de la relación CT/CR indican la estabilidad de la madera cuando es sometida a procesos de secado. Para Astronium graveolens Jack la relación CT/CR con un valor de 1.62 se clasifica como baja, lo cual indica que es una madera estable, desarrollando muy pocas grietas y demanda una muy leve atención al secado.

Bombax ellipticum HBK presenta una relación CT/CR de 1.444, Bursera simaruba (L.) Sarg presenta una relación CT/CR de 1.214 y Vatairea lundelli (Standl.) Killip con una relación CT/CR de 1.136, clasificándose la contracción como muy baja, y en cuanto a su estabilidad se les clasifica como maderas muy estables, sin agrietarse y con un buen secado. Schizolobium parahybum (Vell.) Blake y Zanthoxylum belizense Lundell presentan valores de CT/CR de 2.502 y 2.383 respectivamente, por lo que se les clasifica de contracción media, cuya estabilidad es moderada, con pocas grietas y requiere una leve atención al secado.

Cuadro 17 Contracción volumétrica y relación contracción tangencial (CT)/contracción radial (CR) de las especies estudiadas.

ESPECIE	CONTRACCION					
	VOLUMETRICA CALCULADA EN %	CLASIFICACION	VOLUMETRICA POR MEDICION DIRECTA EN %	RELACION CT/CR		
				VALOR	CLASIFICACION	ESTABILIDAD
<i>Astronium graveolens</i> Jack. Jobillo	8.543	Muy baja	8.310	1.62	Baja	Estable (muy pocas grietas, muy leve atención al secado)
<i>Bombax ellipticum</i> HBK. Anapola	8.705	Muy baja	8.310	1.444	Muy baja	Muy estable (no se agrietan, buen secado)
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg. Chacaj. Palo jioie	8.320	Muy baja	7.52	1.214	Muy baja	Muy estable (no se agrietan, buen secado)
<i>Schizolobium parahybum</i> (Vell.) Blake. Zorra, Plumajillo	7.22	Muy baja	7.00	2.502	Media	Moderadamente estable (pocas grietas, leve atención al secado)
<i>Vatairea lundellii</i> (Standl.) Killip. Dano	11.147	Media	10.603	1.136	Muy baja	Muy estable (no se agrietan, buen secado)
<i>Zanthoxylum belizense</i> Lundell. Lagarto	8.688	Muy baja	8.161	2.383	Media	Moderadamente estable (pocas grietas, leve atención al secado)

### 6.3 Algunos usos sugeridos para las especies estudiadas.

Algunos de los usos sugeridos se definieron con base en Rico Carrizosa (20), y en el cuadro 18 se presenta una tabulación del mismo. Es realmente muy difícil establecer el uso más adecuado para cada madera estudiada, debido a que la información existente acerca de ello es muy escasa y la que existe se sostiene bajo conceptos muy subjetivos, exceptuando algunos claramente objetivos. De la literatura consultada se encontró que Rico Carrizosa (20), propone una tabla que clasifica el uso más adecuado de la madera con base en ciertos requisitos básicos que incluyen aspectos anatómicos y propiedades físicas. Este patrón propuesto, es un acercamiento que trata de proponer el mejor uso para cualquier tipo de madera, enfocado en actividades muy comunes en cuanto al uso de ella. A continuación se discute con base en esta clasificación el mejor uso sugerido, lo cual no significa que sea el más apto, debido a que los conceptos subjetivos que prevalecen en ella pueden ser causa de debate, debido a los muchos puntos de vista que pueda tener cualquier investigador en maderas. Es de hacer notar también que estos usos aconsejados deberán ser estudiados por aparte, para complemento de esta investigación y así validar y definir una tabla de clasificación de usos adecuados, con base en criterios absolutos referidos a la anatomía y propiedades físico-mecánicas.

Teniendo de base lo anteriormente discutido, se puede sugerir de acuerdo con los requisitos básicos de las maderas para determinar su uso más adecuado según Rico Carrizosa (21), que para ESTRUCTURAS, las maderas recomendables para ello de las seis estudiadas son Astronium graveolens Jack y Vatairea lundellii (Standl.) Killip. En cuanto a ENCOFRADOS, ninguna de las seis especies estudiadas es recomendable. Para CARPINTERIA DE OBRA, la especie recomendable es Vatairea lundellii (Standl.) Killip. En cuanto a PISOS las especies recomendables para ello son Astronium graveolens Jack y Vatairea lundellii (Standl.) Killip. Para lo que son MANGOS DE HERRAMIENTA, ARTICULOS ATLETICOS Y DEPORTIVOS solamente Astronium graveolens Jack es el más recomendado para ello. En aspectos de EBANISTERIA, las especies de Astronium graveolens Jack, Vatairea lundellii (Standl.) Killip y Zanthoxylum belizense Lundell son las más recomendables. Para DURMIENTES se recomiendan las especies Astronium graveolens Jack y Vatairea lundellii Lundell.

Es de especial interés observar que la especie Astronium graveolens Jack es la que más virtudes presenta en cuanto a usos potenciales; sin embargo, en cuanto a cualidades mínimas requeridas para pulpa y papel (cuadro 10) no es recomendable. Todo lo contrario

Cuadro 18 Algunos usos sugeridos para las especies estudiadas basado en Rico Carrizosa (20).

ESPECIE	ESTRUCTURAS		ENCOFRADOS		CARPINTERIA DE OBRA		PISOS		MANGOS DE HERRAMIENTAS, ARTICULOS ATLETICOS Y DEPORTIVOS		EBANISTERIA		DURMIENTES		FULPA Y PAPEL		
	NR	R	NR	R	NR	R	NR	R	NR	R	NR	R	NR	R	NR	R	CALIDAD
<i>Astronium graveolens</i> Jack. Jobillo		X	X		X			X		X		X		X	X		REGULAR PARA PAPEL
<i>Bombax ellipticum</i> HBK. Amapala	X		X		X		X		X		X		X		X		BUENA PARA PAPEL
<i>Bursera sinaruba</i> (L.) Sarg. Palo jote, Chacoj.	X		X		X		X		X		X		X		X		MUY BUENA PARA PAPEL
<i>Schizolobium paralybum</i> (Vell.) Blake. Plumajillo, Zorra.	X		X		X		X		X		X		X		X		EXCELENTE PARA PAPEL
<i>Vatairea lundellii</i> (Standl.) Killip. Danto		X	X			X		X	X			X		X		X	MUY BUENA PARA PAPEL
<i>Zanthoxylum belizense</i> Lundell. Lagarto	X		X		X		X		X			X	X		X		MUY BUENA PARA PAPEL

Leyenda: NR: No recomendable R: Recomendable

se presenta con las otras cinco especies que si presentan buenas cualidades para este uso, siendo Bombax ellipticum HBK una especie BUENA PARA PAPEL, según la clasificación Runkel. Esta es superada a la vez por las especies de Bursera simaruba (L.) Sarg, Vatairea lundellii (Standl.) Killip y Zanthoxylum belizense según la escala Runkel son MUY BUENAS PARA PAPEL. A todo ello se debe agregar que la especie Schizolobium parahybum (Vell.) Blake supera a todas las especies estudiadas en cuanto a la calidad para pulpa y papel, ya que dicha especie presenta la más alta categoría según la clasificación Runkel, siendo por sus cualidades estudiadas EXCELENTE PARA PAPEL.

## 7. CONCLUSIONES

1. La madera de Astronium graveolens Jack. (Jobillo) presenta el color de la albura blanca amarillenta y del duramen de beige rosado a café rojizo, con franjas de café oscuro a casi negro, la transición entre albura y duramen es abrupta, su olor es típico de la familia Anacardiaceae, su sabor en la albura no es distinguible y en el duramen es ligeramente amargo; es una madera poco lustrosa, con diseño cromático, el grano ligeramente inclinado a entrelazado y de textura media; La distribución de los vasos o poros es semicircular, y su agrupación es de solitarios a raramente de 2 a 5 poros fusionados, muy pocos, pequeños, la placa de perforación intervascular es simple; las punteaduras son de tipo areolada alterna con la abertura incluida, medianas; parénquima paratraqueal escaso, no completamente vascicéntrico, tornándose unilateral; radios uniseriados a tetraseriados, siendo ligeramente homocelulares a heterocelulares, muy numerosos, normalmente espaciados, finos, bajos y las punteaduras de los radios son similares a las intervasculares; las fibras en longitud y tamaño son medianas, con pared gruesa; se clasifica como extremadamente pesada, peso específico aparente -PEA- de 1.05 gr/cc. con una contracción volumétrica muy baja y estable, requiriendo muy leve atención al secado.
  
2. La madera de Bombax ellipticum HBK. (Amapola) presenta el color de la albura café rosado y el duramen café-rojizo pálido, la transición entre albura y duramen no es distinguible, su olor y sabor no es distintivo, es una madera opaca, su diseño es jaspeado o floreado, su grano es recto y su textura gruesa; la distribución de los poros o vasos es difusa y se agrupan de solitarios a grupos de 2, 3, algunas veces 4 y raramente de 6, muy pocos, grandes, la placa de perforación intervascular es simple; sus punteaduras intervasculares son areoladas alternas, con la abertura incluida, grandes; posee parénquima paratraqueal vascicéntrico, apotraqueal formando bandas tangenciales, con abundante parénquima xilemático conteniendo cristales de calcio y oxalatos; radios se clasifican como uniseriados a multiseriados, de homocelulares a heterocelulares, con un alto contenido de granos de almidón, numerosos, normalmente espaciados, en ancho y altura se clasifican como medianos y las punteaduras de los radios son similar a las intervasculares; fibras en longitud largas y en tamaño muy grandes, de pared delgada; se clasifica como moderadamente pesada, PEA de 0.46 gr/cc. de contracción volumétrica muy baja y muy estable, manteniendo un buen secado.

3. La madera de Bursera simaruba (L.) Sarg. (Palo jiote, Indio desnudo, Chacaj) presenta una albura de color amarillo pálido a blanco, duramen blanco a blanco amarillento, la transición de albura a duramen es gradual a escasamente notoria, su olor no es distintivo, su sabor es amargo; es una madera medianamente lustrosa, con un diseño liso, grano recto y textura fina a mediana; la distribución de los poros o vasos es difusa y se agrupan de solitarios a grupos de 2 y 3, raramente 4 o 5, su número varía de pocos a moderadamente pocos, pequeños, la placa de perforación intervascular es simple; las punteaduras intervasculares son areaoladas alternas, con la abertura incluida, medianas; parénquima paratraqueal y apotraqueal muy escaso a casi indistinguible o nulo; radios de triseriados a tetraseriados, homocelulares, numerosos, compactados, medianos, bajos; fibras de longitud medianas y de tamaño muy grandes, de pared muy delgada, clasificada como moderadamente pesada, PEA de 0.47 gr/cc, contracción volumétrica muy baja y moderadamente estable, manteniendo un buen secado.
  
4. La madera de Schizolobium parahybum (Vell.) Blake. (Plumajillo) presenta el color de la albura blanco cremoso a amarillento, al igual que el duramen; la transición entre albura y duramen, el olor y el sabor no son distinguibles; medianamente lustrosa, su diseño es un veteado muy suave, el grano es estrechamente entrelazado y su textura gruesa; la distribución de los poros o vasos es difusa y se agrupan de solitarios a grupos de 2 y 3, raramente 4, muy pocos, muy grandes, la placa de perforación intervascular es simple; las punteaduras intervasculares son areaoladas alternas, con la abertura incluida, medianas; parénquima paratraqueal vascicéntrico; radios uniseriados a triseriados, siendo completamente homocelulares, numerosos, normalmente espaciados, muy finos, bajos; longitud de las fibras largas y de tamaño muy grandes, de pared muy delgada, clasificada como liviana, PEA de 0.34 gr/cc, contracción volumétrica muy baja y moderadamente estable, requiriendo leve atención al secado.
  
5. La madera de Vatairea lundellii (Standl.) Killip. (Danto) presenta el color de la albura es café pálido y el duramen es café amarillento; la transición entre albura y duramen es abrupta, definida por una banda entre albura y duramen de color amarillo cremoso, denotada por el parénquima aliforme; el olor es "amargo penetrante", y el sabor del duramen es extremadamente amargo, la banda amarilla cremosa entre albura y duramen es amargo picante y en la albura es no distintivo; la madera es poco lustrosa, su diseño es cromático, su grano es estrechamente

entrecruzado y su textura gruesa; la distribución de los poros es difusa a semicircular, agrupándose los poros de solitarios a grupos de 2,3 a 5, raramente mas de 5, muy pocos, muy grandes, la placa de perforación intervascular es simple; las punteaduras intervasculares son areoladas alternas, en grupos o cribas, con abertura incluida, medianas, parénquima paratraqueal aliforme, confluyente en bandas oblicuas y tangenciales (definiendo anillos); radios uniseriados a biseriados, homocelulares a ligeramente heterocelulares, numerosos, compactados, finos, bajos; fibras de longitud largas y tamaño mediano, de pared delgada, clasificada como muy pesada, PEA de 0.71 gr/cc, contracción volumétrica media y muy estable, manteniendo un buen secado.

6. La madera de Zanthoxylum belizense Lundell (Lagarto), presenta la albura color cremoso amarillento, con bandas amarillas cerca de la albura; el duramen café amarillento y la transición de albura y duramen abrupta; olor no distinguible, sabor amargo, medianamente lustrosa, diseño cromático, de grano estrechamente entrecruzado y de textura gruesa; la distribución de los poros o vasos es semicircular, agrupados principalmente en grupos de 2, pocos solitarios y raramente de 3 a 4, muy pocos, medianos, la placa de perforación intervascular es simple; punteaduras intervasculares son areoladas alterna, con la abertura incluida, medianas; parénquima paratraqueal escaso, terminal en bandas radiales, sin rodear completamente los vasos, llegando a ser unilateral; radios uniseriados a pentaseriados, homocelulares con inclusión de cristales rombohédricos a tetrahédricos, numerosos, ligeramente compactados, finos, muy bajos; fibras de longitud mediana y tamaño grande, de pared muy delgada, clasificada como moderadamente liviana, PEA de 0.4 gr/cc, contracción volumétrica muy baja y moderadamente estable, requiriendo una leve atención al secado.

7. La clave dicotómica de identificación se desarrollo con base en los descriptores anatómicos de cada una de las seis especies estudiadas, contrastándose claramente cada una de las especies dentro de la clave, resultando ser una clave de muy fácil comprensión y manejo.

8. Según sus propiedades físicas, la madera de Astronium graveolens Jack (Jobillo) es adecuada para estructuras, ebanistería, pisos, durmientes, mangos de herramienta, artículos atléticos y deportivos; Vatairea lundellii (Standl.) Killip (Danto) es adecuada para estructuras, carpintería de obra, pisos, ebanistería y

durmientes; y, Zanthoxylum belizense Lundell (Lagarto) es adecuada para trabajo de ebanistería.

9. De acuerdo a la relación Runkel las especies recomendadas para pulpa y papel son Schizolobium parahybum (Vell.) Blake (Plumajillo, Zorra) clasificada como **EXCELENTE**; Bursera simaruba (L.) Sarg (Palo jiote, Indio desnudo, Chacaj), Vatairea lundellii (Standl.) Killip (Danto) y Zanthoxylum belizense Lundell (Lagarto) que se clasifican como **MUY BUENAS**; Bombax ellipticum HBK (Mapola) clasificada como **BUENA** y Astronium graveolens Jack (Jobillo), como **REGULAR**.

## 8. RECOMENDACIONES

1. Con base en los usos sugeridos, se recomienda realizar pruebas de campo para las maderas de Astronium graveolens Jack (Jobillo), Vatairea lundellii (Standl.) Killip (Danto) y Zanthoxylum belizense Lundell, (Lagarto), ya que son las especies que presentaron mayor potencial.
2. Para la elaboración de pulpa y papel se recomienda Schizolobium parahybum (Vell.) Blake. (Plumajillo), por ser de una calidad excelente.
3. Desarrollar estudios silviculturales que promuevan el rendimiento sostenido de estas especies.
4. Efectuar estudios que revelen otras potencialidades, tales como: contenido de celulosa, hemicelulosa, lignina, extractivos y carbonización.

## 9. BIBLIOGRAFIA

1. ACOSTA CONTRERAS, I. 1967. *Descripción anatómica, propiedades físicas y algunos usos de 25 maderas de Costa Rica*. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., IICA. 192 p.
2. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (EE.UU.). 1974. *Annual book of ASTM standards: part 22*. Easton, Md., EE.UU., American National Standards Institute. p. 34-91.
3. AROSTEGUI V., A.; GONZALEZ F.,; SATO A., A. 1981. *Propiedades tecnológicas y usos de la madera de 40 especies del bosque nacional Alexander Von Humboldt*. *Revista Forestal del Perú (Perú)* 10(1-2):3-82.
4. CRONQUIST, A. 1981. *Introducción a la botánica*. Trad. por Antonio Marino Ambrosio. 2 ed. México, Continental. 848 p.
5. CRUZ, J.R. DE LA. 1982. *Clasificación de las zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento*. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
6. GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. s.f. *Formas fisiográficas de la tierra*. Guatemala. Esc. 1:1.000,000. Color.
7. \_\_\_\_\_. 1969. *Mapa topográfico de la República de Guatemala; hoja cartográfica La Libertad, no. 2166 II*. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
8. \_\_\_\_\_. 1975. *Mapa climatológico preliminar de la República de Guatemala según el sistema de Thornthwaite*. Guatemala. Esc. 1:1.000,000. Color.
9. \_\_\_\_\_. 1977. *Mapa geológico de la República de Guatemala 1970*. Guatemala. Esc. 1:500,000. 4 p.
10. \_\_\_\_\_. 1978. *Diccionario geográfico de Guatemala*. Guatemala, Tipografía Nacional. tomo 2, 1083 p.
11. \_\_\_\_\_. 1978. *Mapa de cuencas de la República de Guatemala*. Guatemala. Esc. 1:500,000. 4 p. Color.

12. \_\_\_\_\_ . SECRETARIA GENERAL DEL CONSEJO NACIONAL DE PLANIFICACION ECONOMICA. 1980. Mapa de capacidad productiva de la tierra. Guatemala, Instituto Geográfico Nacional. Esc. 1:50,000. 4 p. Color.
13. \_\_\_\_\_ . 1982. Mapa de cobertura y uso actual de la tierra. Guatemala, Instituto Geográfico Nacional. Esc. 1:500,000. 4 p. Color.
14. \_\_\_\_\_ . 1986. Plan de desarrollo integral de el Petén. Guatemala. 3 v.
15. JONES, S.B. Jr. 1987. Sistemática vegetal. Trad. por María de Lourdes Huesca Tapia. 2 ed. México, McGraw Hill. 536 p.
16. KRIBS, D.A. 1950. Commercial foreign woods on the american market: international glossary structure, identification, uses, and distribution. Michigan, EE.UU., Edwards. 157 p.
17. LLACH CORDERO, L. s.f. Propiedades físicas y mecánicas de ciento trece especies. Informe técnico no. 3. pt. 3, p. 454-752.
18. PASHIN, A.J.; ZEEUW, C. DE. 1980. Textbook of wood technology. the minute structure of hardwoods (porous woods). 4 ed. EE.UU., McGraw Hill. p. 161-199.
19. PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO (GUA.). 1970. Estudio de preinversión sobre el desarrollo forestal; estudios silvícolas de suelo y manejo. Roma, Italia. v.4. 183 p.
20. RICO CARRIZOSA, J.E. 1974. Estudio tecnológico de tres especies maderables del trópico americano, Hura crepitans L., Brosimum costarricanum Liebm y Ceiba pentandra (L.) Gaertn. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., IICA. Centro Técnico de Enseñanza e Investigación. 103 p.
21. SIMMONS, Ch.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Trad. por Tirado Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1000 p.
22. UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, FACULTAD DE AGRONOMIA. 1990. Estudio para la priorización de especies a estudiar en el proyecto de anatomía y propiedades físico-mecánicas de veinte maderas de Guatemala; segunda fase: informe de avance. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 40 p.

23. VALDEZ MARCKWORDT, H.C. 1988. Anatomía y propiedades físicas de la madera de Lonchocarpus latifolius (Wild.) HBK., Terminalia amazonia (J.F. Gmel.) Exell. y Pouteria gallifruca L. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 49 p.
24. VALLE DAWSON, C.H. 1982. Vademecum forestal. Guatemala, Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación. p. 179-228.
25. WIEMANN, M.C. 1987. Claves para la identificación de algunas maderas en Costa Rica. Turrialba (C.R.) 37(4):381-403.
26. YEOM, F.B.C. 1984. ¿Cuáles son las posibilidades futuras de las especies arbóreas tropicales poco conocidas?. Unasyuva (Roma) 36(145):3-16.

Vo. Bo. Rolanda Barrios.



10. APENDICES

*Cuadro 19A      Leyenda de significados de los cuadros 20A, 21A, 22A, 23A, 24A y 25A.*

- L*      *X1= Abundancia de los Elementos Vasculares (Poros) por milímetro cuadrado*  
*e*      *X2= Diámetro tangencial de los Elementos Vasculares (Poros) con espesor*  
*y*      *de la pared celular, en micras.*  
*e*      *X3= Diámetro tangencial de las Punteaduras vasculares en micras.*  
*n*      *X4= Número de Radios por milímetro lineal en sección tangencial*  
*d*      *X5= Ancho del Radio visto en sección tangencial, en micras.*  
*a*      *X6= Altura del Radio en sección tangencial, en micras.*  
*X7= Longitud de las Fibras, en micras.*  
*X8= Diámetro total de las Fibras, en micras.*  
*X9= Diámetro del lumen de la Fibra, en micras.*  
*F = Factor de conversión a milímetro cuadrado.*  
*f = Factor de conversión a milímetro lineal*

Cuadro 20A

Características microscópicas de *Astronium graveolens* Jack.

Jobillo.

Lectura No.	X1 6.0172	Conver 40X	X2 3.33	Conver 40X	X3 1.36	Conver 100X	X4 2.17391	Conver 40X	X5 3.33	Conver 40X	X6 10.3448	Conver 10X	X7 33.33	Conver 4X	X8 3.33	Conver 40X	X9 3.33	Conver 40X
1	1	6.0172	40	133.2	7	9.52	5	10.87	10	33.3	68	703.4464	40.7	1356.531	8	26.64	4	13.32
2	1	6.0172	24	79.92	9	12.24	4	8.6956	6	19.98	18	186.2064	29	966.57	5	16.65	2	6.66
3	1	6.0172	28	93.24	8	10.88	5	10.87	12	39.96	68	703.4464	32	1066.56	6	19.98	2.5	8.325
4	1	6.0172	26	86.58	7	9.52	3	6.5217	12	39.96	40	413.792	35	1166.55	6	19.98	3	9.99
5	0	0	22	73.26	8	10.88	4	8.6956	10	33.3	23.5	243.1028	35	1166.55	6.3	20.979	3.5	11.655
6	1	6.0172	19	63.27	7	9.52	4	8.6956	10	33.3	42	434.4816	331	11032.23	7	23.31	3.5	11.655
7	1	6.0172	32	106.56	6	8.16	5	10.87	7	23.31	32	331.0336	39	1299.87	6	19.98	3	9.99
8	1	6.0172	33	109.89	8	10.88	4	8.6956	10	33.3	36	372.4128	33	1099.89	7	23.31	3	9.99
9	1	6.0172	21	69.93	5	6.8	4	8.6956	10	33.3	47	486.2056	34	1133.22	7	23.31	3	9.99
10	0	0	33	109.89	7	9.52	5	10.87	11	36.63	32	331.0336	25	833.25	4	13.32	2	6.66
11	3	18.052	25	83.25	9	12.24	4	8.6956	12	39.96	52	537.9296	30	999.9	7	23.31	3.5	11.655
12	0	0	31	103.23	6	8.16	3	6.5217	15	49.95	46	475.8608	23	766.59	5	16.65	3	9.99
13	3	18.052	28	93.24	7	9.52	4	8.6956	10	33.3	40	413.792	36	1199.88	5	16.65	2	6.66
14	1	6.0172	34	113.22	7	9.52	4	8.6956	9	29.97	39	403.4472	25	833.25	6	19.98	3	9.99
15	1	6.0172	24	79.92	7	9.52	4	8.6956	10	33.3	32	331.0336	24.5	816.585	7	23.31	3	9.99
16	2	12.034	26	86.58	7	9.52	4	8.6956	13	43.29	29	299.9992	35	1166.55	5	16.65	2.5	8.325
17	2	12.034	32	106.56	8	10.88	3	6.5217	14	46.62	32	331.0336	27	899.91	5.5	18.315	2.5	8.325
18	1	6.0172	35	116.55	8	10.88	3	6.5217	14	46.62	19	196.5512	32	1066.56	6	19.98	3	9.99
19	3	18.052	30	99.9	8	10.88	3	6.5217	7	23.31	33	341.3784	28	933.24	5	16.65	2	6.66
20	2	12.034	33	109.89	8	10.88	3	6.5217	12	39.96	27	279.3096	33.5	1116.555	7	23.31	4	13.32
21	1	6.0172	26	86.58	8	10.88	4	8.6956	5	16.65	54	558.6192	40	1333.2	4	13.32	2	6.66
22	1	6.0172	33	109.89	7	9.52	3	6.5217	12	39.96	23	237.9304	36	1199.88	5	16.65	2.5	8.325
23	2	12.034	16	53.28	7	9.52	3	6.5217	11	36.63	39	403.4472	33	1099.89	4	13.32	2	6.66
24	2	12.034	27	89.91	8	10.88	5	10.87	8	26.64	40.5	418.9644	28	933.24	6	19.98	3	9.99
25	1	6.0172	22	73.26	7	9.52	5	10.87	14	46.62	35	362.068	26	866.58	7	23.31	4	13.32
26	1	6.0172	30	99.9	7	9.52	5	10.87	8	26.64	37	382.7576	32.3	1076.559	5	16.65	2	6.66
27	2	12.034	38	126.54	7	9.52	4	8.6956	8	26.64	37	382.7576	35	1166.55	5.5	18.315	3	9.99
28	2	12.034	16	53.28	7	9.52	4	8.6956	10	33.3	49	506.8952	34	1133.22	6	19.98	3	9.99
29	1	6.0172	35	116.55	8	10.88	4	8.6956	7	23.31	32	331.0336	33.5	1116.555	5	16.65	2.5	8.325
30	2	12.034	28	93.24	7	9.52	4	8.6956	14	46.62	36	372.4128	33	1099.89	7.5	24.975	4.5	14.985
31	2	12.034	37	123.21	8	10.88	3	6.5217	11	36.63	32	331.0336	30.5	1016.565	7	23.31	4	13.32
32	0	0	26	86.58	6	8.16	4	8.6956	15	49.95	60	620.688	30	999.9	6	19.98	2.5	8.325
33	2	12.034	37	123.21	7	9.52	4	8.6956	12	39.96	18	186.2064	33	1099.89	7	23.31	4	13.32
34	2	12.034	31	103.23	8	10.88	4	8.6956	8	26.64	30	310.344	38	1266.54	5.5	18.315	3	9.99
35	1	6.0172	18	59.94	7	9.52	3	6.5217	17	56.61	10	103.448	37	1233.21	6.5	21.645	3	9.99

Continuacion Cuadro 20A

Lectura No.	X1 6.0172	Conver 40X	X2 3.33	Conver 40X	X3 1.36	Conver 100X	X4 2.17391	Conver 40X	X5 3.33	Conver 40X	X6 10.3448	Conver 10X	X7 33.33	Conver 4X	X8 3.33	Conver 40X	X9 3.33	Conver 40X
36	2	12.034	40	133.2	6	8.16	4	8.6956	12	39.96	43	444.8264	29	966.57	8	26.64	4	13.32
37	2	12.034	22	73.26	7	9.52	4	8.6956	13	43.29	9.5	98.2756	32	1066.56	5	16.65	2	6.66
38	1	6.0172	31	103.23	8	10.88	4	8.6956	5	16.65	50	517.24	26	866.58	6	19.98	2.5	8.325
39	2	12.034	41	136.53	7	9.52	4	8.6956	13	43.29	34	351.7232	30	999.9	6	19.98	3	9.99
40	1	6.0172	30	99.9	8	10.88	5	10.87	12	39.96	18	186.2064	31	1033.23	6.3	20.979	3.5	11.655
41	2	12.034	31	103.23	6	8.16	4	8.6956	6.5	21.645	40	413.792	35.5	1183.215	7	23.31	3.5	11.655
42	1	6.0172	33	109.89	10	13.6	4	8.6956	11	36.63	50	517.24	30	999.9	6	19.98	3	9.99
43	1	6.0172	27	89.91	7	9.52	5	10.87	14	46.62	34	351.7232	34	1133.22	7	23.31	3	9.99
44	2	12.034	32	106.56	10	13.6	4	8.6956	12	39.96	33	341.3784	37	1233.21	7	23.31	3	9.99
45	1	6.0172	25	83.25	6	8.16	4	8.6956	15	49.95	36	372.4128	41	1366.53	4	13.32	2	6.66
46	1	6.0172	19	63.27	8	10.88	4	8.6956	13	43.29	18	186.2064	32	1066.56	7	23.31	3.5	11.655
47	2	12.034	19	63.27	7	9.52	4	8.6956	13	43.29	32	331.0336	32	1066.56	5	16.65	3	9.99
48	2	12.034	30	99.9	11	14.96	4	8.6956	11	36.63	44	455.1712	35	1166.55	5	16.65	2	6.66
49	2	12.034	21	69.93	7	9.52	4	8.6956	9	29.97	19	196.5512	25	833.25	6	19.98	3	9.99
50	1	6.0172	31	103.23	9	12.24	3	6.5217	10	33.3	17	175.8616	32	1066.56	7	23.31	3	9.99
51	1	6.0172	25	83.25	7	9.52	4	8.6956	10	33.3	35	362.068	33	1099.89	5	16.65	2.5	8.325
52	1	6.0172	40	133.2	9	12.24	3	6.5217	10	33.3	31	320.6888	33	1099.89	5.5	18.315	2.5	8.325
53	1	6.0172	25	83.25	8	10.88	3	6.5217	11	36.63	19	196.5512	32.5	1083.225	6	19.98	3	9.99
54	0	0	34	113.22	7	9.52	4	8.6956	12	39.96	53	548.2744	30	999.9	5	16.65	2	6.66
55	1	6.0172	32	106.56	8	10.88	3	6.5217	11	36.63	44	455.1712	55	1833.15	7	23.31	4	13.32
56	1	6.0172	39	129.87	7	9.52	4	8.6956	10	33.3	34	351.7232	34.5	1149.885	4	13.32	2	6.66
57	0	0	33	109.89	6	8.16	4	8.6956	6	19.98	32	331.0336	30.5	1016.565	5	16.65	2.5	8.325
58	0	0	27	89.91	8	10.88	3	6.5217	16	53.28	40	413.792	36	1199.88	4	13.32	2	6.66
59	1	6.0172	30	99.9	5	6.8	4	8.6956	7	23.31	42	434.4816	54	1799.82	6	19.98	3	9.99
60	2	12.034	35	116.55	7	9.52	4	8.6956	12	39.96	30	310.344	32	1066.56	7	23.31	4	13.32
61	1	6.0172	34	113.22	9	12.24	4	8.6956	14	46.62	59	610.3432	34	1133.22	5	16.65	2	6.66
62	1	6.0172	36	119.88	6	8.16	4	8.6956	8	26.64	65	672.412	29	966.57	5.5	18.315	3	9.99
63	2	12.034	27	89.91	7	9.52	4	8.6956	7	23.31	16	165.5168	40	1333.2	6	19.98	3	9.99
64	1	6.0172	34	113.22	7	9.52	4	8.6956	7	23.31	32	331.0336	33	1099.89	5	16.65	2.5	8.325
65	0	0	26	86.58	7	9.52	4	8.6956	11	36.63	40	413.792	30	999.9	7.5	24.975	4.5	14.985
66	1	6.0172	38	126.54	7	9.52	4	8.6956	5	16.65	40	413.792	33.5	1116.555	7	23.31	4	13.32
67	2	12.034	25	83.25	8	10.88	4	8.6956	12	39.96	49	506.8952	35	1166.55	6	19.98	2.5	8.325
68	3	18.052	22	73.26	8	10.88	4	8.6956	15	49.95	11	424.1368	32.5	1083.225	7	23.31	4	13.32
69	1	6.0172	20	66.6	8	10.88	4	8.6956	13	43.29	41	424.1368	35	1166.55	5.5	18.315	3	9.99
70	1	6.0172	40	133.2	8	10.88	4	8.6956	5	16.65	34	351.7232	36	1199.88	6.5	21.645	3	9.99

Continuacion Cuadro 20A

Lectura No.	X1 6.0172	Conver 40X	X2 3.33	Conver 40X	X3 1.36	Conver 100X	X4 2.17391	Conver 40X	X5 3.33	Conver 40X	X6 10.3448	Conver 10X	X7 33.33	Conver 4X	X8 3.33	Conver 40X	X9 3.33	Conver 40X
71	1	6.0172	33	109.89	8	10.88	4	8.6956	10	33.3	11	144.8272	40	1333.2	8	26.64	4	13.32
72	2	12.034	25	83.25	7	9.52	5	10.87	15	49.95	57	589.6536	29	966.57	5	16.65	2	6.66
73	1	6.0172	15	49.95	7	9.52	3	6.5217	8	26.64	50	517.24	35	1166.55	6	19.98	2.5	8.325
74	1	6.0172	25	83.25	8	10.88	6	13.043	10	33.3	32	331.0336	29	966.57	6	19.98	3	9.99
75	2	12.034	43	143.19	7	9.52	5	10.87	10	33.3	50	517.24	33	1099.89	6.3	20.979	3.5	11.655
76	1	6.0172	23	76.59	7	9.52	4	8.6956	13	43.29	35	362.068	22	733.26	7	23.31	3.5	11.655
77	0	0	34	113.22	7	9.52	4	8.6956	9	29.97	57	589.6536	32.5	1083.225	6	19.98	3	9.99
78	1	6.0172	42	139.86	7	9.52	5	10.87	15	49.95	31	320.6888	36	1199.88	7	23.31	3.5	11.655
79	2	12.034	30	99.9	8	10.88	4	8.6956	8	26.64	40	413.792	33	1099.89	7	23.31	3	9.99
80	2	12.034	31	103.23	7	9.52	5	10.87	14	46.62	49	506.8952	28.5	949.905	4	13.32	2	6.66
81	1	6.0172	24	79.92	8	10.88	5	10.87	14	46.62	31	320.6888	32	1066.56	7	23.31	3.5	11.655
82	1	6.0172	32	106.56	6	8.16	4	8.6956	12	39.96	25	258.62	35	1166.55	5	16.65	3	9.99
83	2	12.034	20	66.6	7	9.52	3	6.5217	10	33.3	19	196.5512	32	1066.56	5	16.65	2	6.66
84	0	0	40	133.2	8	10.88	4	8.6956	11	36.63	43	444.8264	25	833.25	6	19.98	3	9.99
85	1	6.0172	21	69.93	7	9.52	4	8.6956	6.5	21.645	32	331.0336	29	966.57	7	23.31	3	9.99
86	1	6.0172	22	73.26	6	8.16	4	8.6956	9	29.97	34	351.7232	24	799.92	5	16.65	2.5	8.325
87	1	6.0172	25	83.25	7	9.52	4	8.6956	11	36.63	21	217.2408	34	1133.22	5.5	18.315	2.5	8.325
88	1	6.0172	15	49.95	8	10.88	4	8.6956	9	29.97	38	393.1024	33	1099.89	6	19.98	3	9.99
89	2	12.034	28	93.24	7	9.52	4	8.6956	12	39.96	24	248.2752	29	966.57	5	16.65	2.5	8.325
90	2	12.034	25	83.25	8	10.88	3	6.5217	14	46.62	46	475.8608	27.53	917.5749	7.5	24.975	4	13.32
91	1	6.0172	25	83.25	6	8.16	4	8.6956	10	33.3	20	206.896	26	866.58	4	13.32	2	6.66
92	2	12.034	27	89.91	10	13.6	3	6.5217	26	86.58	49	506.8952	23	766.59	5	16.65	2.5	8.325
93	1	6.0172	30	99.9	7	9.52	5	10.87	10	33.3	22	227.5856	25	833.25	4	13.32	2	6.66
94	2	12.034	26	86.58	10	13.6	5	10.87	8	26.64	60	620.688	35.5	1183.215	6	19.98	3	9.99
95	2	12.034	27	89.91	6.5	8.84	5	10.87	13	43.29	51	527.5848	38	1266.54	7.5	24.975	4.5	14.985
96	2	12.034	34	113.22	8	10.88	4	8.6956	14	46.62	58	599.9984	25	833.25	5	16.65	2	6.66
97	1	6.0172	28	93.24	7	9.52	4	8.6956	11	36.63	13	134.4824	32	1066.56	5.5	18.315	3.5	11.655
98	1	6.0172	27	89.91	11	14.96	3	6.5217	15	49.95	40	413.792	28	933.24	6	19.98	3	9.99
99	2	12.034	32	106.56	7.5	10.2	4	8.6956	8	26.64	31	320.6888	32	1066.56	5	16.65	2.5	8.325
100	2	12.034	25	83.25	9	12.24	4	8.6956	16	53.28	9	93.1032	37.5	1249.875	7.5	24.975	4.5	14.985
MEDIA	1.394562	7.6951	27.795	92.343	7.2088	9.76846	3.8783444	8.3403	10.612	35.125	35.040285	360.4268	34.6557	1133.71	5.6515	18.968	2.8958	9.4297
MODA	1	6.0172	25	83.25	7	9.52	4	8.6956	10	33.33	32	331.0336	32	1066.56	7	23.31	3	9.99
DESU STD	0.693613	4.1736	6.4261	21.399	1.0436	1.41929	0.6402343	1.3918	3.1755	10.575	13.208038	136.6345	5.25497	175.148	1.0146	3.3786	0.6852	2.2817
VAR (S^2)	0.4811	17.419	41.294	457.91	1.0891	2.0144	0.4099	1.9371	10.084	111.82	174.45228	18668.99	27.6147	30676.84	1.0294	11.415	0.4695	5.206
Val Max	3	18.052	43	143.19	11	14.96	6	13.043	26	86.58	68	703.4464	55	1833.15	8	26.64	4.5	14.985
Val Min	1	6.0172	15	49.95	5	6.8	3	6.5217	5	16.65	9	93.1032	22	733.26	4	13.32	2	6.66
CVZ	52.1514	52.151	22.282	22.282	13.971	13.9705	16.0459	16.046	28.948	28.948	36.45105	36.45105	16.2316	16.23155	17.127	17.127	23.266	23.266

Cuadro 21A

Características microscópicas de *Bombax ellipticum* HBK.

Amapola.

Lectura No.	X1 10X	Convers	X2 10X	Convers	X3 100X	Conversio	X4 10X	Convers	X5 10X	Convers	X6 10X	Convers	X7 1X	Convers	X8 10X	Convers	X9 10X	Convers
	0.36803		13.33		1.36		2.1739		3.33		10.3448		33.33		3.33		3.33	
1	3	1.10409	9	119.97	8	10.88	2	4.34782	2	6.66	10	103.448	30	999.9	9	29.97	4.5	14.985
2	3	1.10409	9	119.97	8	10.88	2	4.34782	2	6.66	12	124.138	32	1066.56	9	29.97	4.5	14.985
3	3	1.10409	9	119.97	8	10.88	2	4.34782	2	6.66	15	155.172	41	1366.53	9	29.97	4.5	14.985
4	3	1.10409	9	119.97	8	10.88	2	4.34782	3.5	11.655	15	155.172	44	1466.52	9	29.97	5	16.65
5	3	1.10409	9	119.97	8	10.88	2	4.34782	4	13.32	15	155.172	46	1533.18	9	29.97	5	16.65
6	3	1.10409	10	133.3	8	10.88	2	4.34782	4	13.32	15	155.172	46	1533.18	9	29.97	5	16.65
7	3	1.10409	10	133.3	8	10.88	2	4.34782	4	13.32	15	155.172	46.5	1549.85	10	33.3	5	16.65
8	3	1.10409	10	133.3	8	10.88	2	4.34782	4	13.32	16	165.517	48	1599.84	10	33.3	5	16.65
9	3	1.10409	10	133.3	8	10.88	2	4.34782	5	16.65	16	165.517	48.5	1616.51	10	33.3	5	16.65
10	3	1.10409	10	133.3	8	10.88	2	4.34782	5	16.65	18	186.206	49.5	1649.84	10	33.3	5	16.65
11	3	1.10409	10	133.3	8	10.88	2	4.34782	6	19.98	18	186.206	49.5	1649.84	10	33.3	5	16.65
12	3	1.10409	11	146.63	8.5	11.56	2	4.34782	7	23.31	18	186.206	52	1733.16	10	33.3	5	16.65
13	3	1.10409	11	146.63	8.5	11.56	2	4.34782	7	23.31	19	196.551	52.5	1749.83	10	33.3	5	16.65
14	3	1.10409	11	146.63	8.5	11.56	2	4.34782	7	23.31	19	196.551	52.5	1749.83	10	33.3	5	16.65
15	3	1.10409	11	146.63	9	12.24	2	4.34782	7	23.31	19	196.551	53	1766.49	10	33.3	5	16.65
16	3	1.10409	11	146.63	9	12.24	2	4.34782	7	23.31	19	196.551	53.5	1783.16	10	33.3	5	16.65
17	3	1.10409	11	146.63	9	12.24	2	4.34782	8	26.64	20	206.896	54	1799.82	10	33.3	5	16.65
18	3	1.10409	11	146.63	9	12.24	2	4.34782	8	26.64	21	217.211	54	1799.82	10	33.3	5	16.65
19	3	1.10409	11	146.63	9	12.24	2	4.34782	8	26.64	22	227.586	54.3	1809.82	10	33.3	5	16.65
20	3	1.10409	11	146.63	9	12.24	2	4.34782	8	26.64	24	248.275	55	1833.15	10	33.3	5	16.65
21	3	1.10409	11	146.63	9	12.24	2	4.34782	8	26.64	24	248.275	55	1833.15	10	33.3	5	16.65
22	3	1.10409	11	146.63	9	12.24	2	4.34782	8	26.64	25	258.62	55	1833.15	10	33.3	5	16.65
23	3	1.10409	11	146.63	9	12.24	2	4.34782	8	26.64	25	258.62	55.5	1849.82	10	33.3	5	16.65
24	3	1.10409	12	159.96	9	12.24	2	4.34782	9	29.97	25	258.62	56	1866.48	10	33.3	6	19.98
25	3	1.10409	12	159.96	9	12.24	2	4.34782	9	29.97	25	258.62	56	1866.48	10	33.3	6	19.98
26	3	1.10409	12	159.96	9	12.24	2	4.34782	10	33.3	26	268.965	57	1899.81	10	33.3	6	19.98
27	3	1.10409	12	159.96	9	12.24	2	4.34782	10	33.3	27	279.31	58	1933.14	10	33.3	6	19.98
28	3	1.10409	12	159.96	9.5	12.92	2	4.34782	10	33.3	27	279.31	58	1933.14	10	33.3	6	19.98
29	3	1.10409	12	159.96	9.5	12.92	2	4.34782	10	33.3	27	279.31	58	1933.14	10	33.3	6	19.98
30	3	1.10409	12	159.96	9.5	12.92	2	4.34782	10	33.3	30	310.344	58	1933.14	10	33.3	6	19.98
31	3	1.10409	13	173.29	10	13.6	2	4.34782	10	33.3	30	310.344	59	1966.47	10.5	34.965	6	19.98
32	4	1.47212	13	173.29	10	13.6	2	4.34782	10	33.3	30	310.344	60	1999.8	10.5	34.965	6	19.98
33	4	1.47212	13	173.29	10	13.6	2	4.34782	11	36.63	30	310.344	60	1999.8	10.5	34.965	6	19.98
34	4	1.47212	13	173.29	10	13.6	2	4.34782	11	36.63	31	320.689	60	1999.8	10.5	34.965	6	19.98
35	4	1.47212	13	173.29	10	13.6	2	4.34782	12	39.96	32	331.034	60	1999.8	11	36.63	6	19.98

Continuacion Cuadro 21A

Lectura No.	X1 10X	Convers	X2 10X	Convers	X3 100X	Conversio	X4 40X	Convers	X5 40X	Convers	X6 10X	Convers	X7 4X	Convers	X8 40X	Convers	X9 40X	Convers
	0.36803		13.33		1.36		2.1739		3.33		10.3448		33.33		3.33		3.33	
36	4	1.47212	13	173.29	10	13.6	2	4.34782	12	39.96	32	331.034	60	1999.8	11	36.63	6	19.98
37	4	1.47212	13	173.29	10	13.6	2	4.34782	12	39.96	33	341.378	60	1999.8	11	36.63	6	19.98
38	4	1.47212	13	173.29	10	13.6	2	4.34782	13	43.29	33	341.378	61	2033.13	11	36.63	6	19.98
39	4	1.47212	13	173.29	10	13.6	2	4.34782	13	43.29	35	362.068	61	2033.13	11	36.63	6	19.98
40	4	1.47212	13	173.29	10	13.6	3	6.52173	13	43.29	35	362.068	61	2033.13	11.5	38.295	6	19.98
41	4	1.47212	13	173.29	10	13.6	3	6.52173	13	43.29	35	362.068	61	2033.13	11.5	38.295	6	19.98
42	4	1.47212	14	186.62	10	13.6	3	6.52173	14	46.62	38	393.102	61	2033.13	12	39.96	6	19.98
43	4	1.47212	14	186.62	10	13.6	3	6.52173	15	49.95	40	413.792	61	2033.13	12	39.96	6	19.98
44	4	1.47212	14	186.62	10	13.6	3	6.52173	15	49.95	40	413.792	61	2033.13	12	39.96	6	19.98
45	4	1.47212	14	186.62	10	13.6	3	6.52173	15	49.95	40	413.792	61.2	2039.8	12	39.96	6.5	21.645
46	4	1.47212	14	186.62	10	13.6	3	6.52173	15	49.95	54	558.619	61.7	2056.46	12	39.96	6.5	21.645
47	4	1.47212	14	186.62	10	13.6	3	6.52173	15	49.95	55	568.964	62	2066.46	12	39.96	6.5	21.645
48	4	1.47212	14	186.62	10	13.6	3	6.52173	15	49.95	56	579.309	62	2066.46	12	39.96	6.5	21.645
49	4	1.47212	14	186.62	10	13.6	3	6.52173	15	49.95	56	579.309	62	2066.46	12	39.96	6.5	21.645
50	4	1.47212	14	186.62	10	13.6	3	6.52173	15	49.95	57	589.654	62	2066.46	12	39.96	6.5	21.645
51	4	1.47212	15	199.95	10	13.6	3	6.52173	15	49.95	59	610.343	62	2066.46	12	39.96	7	23.31
52	4	1.47212	15	199.95	10	13.6	3	6.52173	16	53.28	60	620.688	62	2066.46	12	39.96	7	23.31
53	4	1.47212	15	199.95	10	13.6	3	6.52173	17	56.61	60	620.688	62	2066.46	12	39.96	7	23.31
54	4	1.47212	15	199.95	10	13.6	3	6.52173	17	56.61	62	641.378	62	2066.46	12	39.96	7	23.31
55	4	1.47212	15	199.95	10	13.6	3	6.52173	17	56.61	62	641.378	63	2099.79	12	39.96	7	23.31
56	4	1.47212	15	199.95	10	13.6	3	6.52173	17	56.61	65	672.412	63	2099.79	12	39.96	7	23.31
57	4	1.47212	15	199.95	10	13.6	3	6.52173	17	56.61	65	672.412	63.5	2116.46	12	39.96	7	23.31
58	4	1.47212	15	199.95	10	13.6	3	6.52173	18	59.94	65	672.412	64	2133.12	12	39.96	7	23.31
59	4	1.47212	15	199.95	10	13.6	3	6.52173	18	59.94	66	682.757	64	2133.12	12	39.96	7	23.31
60	4	1.47212	15	199.95	10	13.6	3	6.52173	18	59.94	69	713.791	66	2199.78	12	39.96	7	23.31
61	4	1.47212	15	199.95	10	13.6	3	6.52173	18	59.94	69	713.791	66	2199.78	12	39.96	7	23.31
62	4	1.47212	15	199.95	10	13.6	3	6.52173	18	59.94	70	724.136	67	2233.11	12	39.96	7	23.31
63	4	1.47212	15	199.95	10	13.6	3	6.52173	18	59.94	70	724.136	67	2233.11	12	39.96	7.5	24.975
64	4	1.47212	15	199.95	10.5	14.28	3	6.52173	18	59.94	71	734.481	67.2	2239.78	12	39.96	7.5	24.975
65	4	1.47212	15	199.95	10.5	14.28	3	6.52173	18	59.94	71	734.481	68	2266.44	12	39.96	8	26.64
66	4	1.47212	15	199.95	11	14.96	3	6.52173	20	66.6	72	744.826	68	2266.44	12	39.96	8	26.64
67	5	1.84016	16	213.28	11	14.96	3	6.52173	20	66.6	73	755.17	68	2266.44	12	39.96	8	26.64
68	5	1.84016	16	213.28	11	14.96	3	6.52173	20	66.6	75	775.86	68.2	2273.11	12	39.96	8	26.64
69	5	1.84016	16	213.28	11	14.96	3	6.52173	20	66.6	75	775.86	68.3	2276.44	12.5	41.625	8	26.64
70	5	1.84016	16	213.28	11	14.96	3	6.52173	20	66.6	75	775.86	69	2299.77	12.5	41.625	8	26.64

Cuadro 20A

Características microscópicas de *Astronium graveolens* Jack.

Jobillo.

Lectura No.	X1 6.0172	Conver 40X	X2 3.33	Conver 40X	X3 1.36	Conver 100X	X4 2.17391	Conver 40X	X5 3.33	Conver 40X	X6 10.3448	Conver 10X	X7 33.33	Conver 4X	X8 3.33	Conver 40X	X9 3.33	Conver 40X
1	1	6.0172	40	133.2	7	9.52	5	10.87	10	33.3	68	703.4464	40.7	1356.531	8	26.64	4	13.32
2	1	6.0172	24	79.92	9	12.24	4	8.6956	6	19.98	18	186.2064	29	966.57	5	16.65	2	6.66
3	1	6.0172	28	93.24	8	10.88	5	10.87	12	39.96	68	703.4464	32	1066.56	6	19.98	2.5	8.325
4	1	6.0172	26	86.58	7	9.52	3	6.5217	12	39.96	40	413.792	35	1166.55	6	19.98	3	9.99
5	0	0	22	73.26	8	10.88	4	8.6956	10	33.3	23.5	243.1028	35	1166.55	6.3	20.979	3.5	11.655
6	1	6.0172	19	63.27	7	9.52	4	8.6956	10	33.3	42	434.4816	331	11032.23	7	23.31	3.5	11.655
7	1	6.0172	32	106.56	6	8.16	5	10.87	7	23.31	32	331.0336	39	1299.87	6	19.98	3	9.99
8	1	6.0172	33	109.89	8	10.88	4	8.6956	10	33.3	36	372.4128	33	1099.89	7	23.31	3	9.99
9	1	6.0172	21	69.93	5	6.8	4	8.6956	10	33.3	47	486.2056	34	1133.22	7	23.31	3	9.99
10	0	0	33	109.89	7	9.52	5	10.87	11	36.63	32	331.0336	25	833.25	4	13.32	2	6.66
11	3	18.052	25	83.25	9	12.24	4	8.6956	12	39.96	52	537.9296	30	999.9	7	23.31	3.5	11.655
12	0	0	31	103.23	6	8.16	3	6.5217	15	49.95	46	475.8608	23	766.59	5	16.65	3	9.99
13	3	18.052	28	93.24	7	9.52	4	8.6956	10	33.3	40	413.792	36	1199.88	5	16.65	2	6.66
14	1	6.0172	34	113.22	7	9.52	4	8.6956	9	29.97	39	403.4472	25	833.25	6	19.98	3	9.99
15	1	6.0172	24	79.92	7	9.52	7	8.6956	10	33.3	32	331.0336	24.5	816.585	7	23.31	3	9.99
16	2	12.034	26	86.58	7	9.52	4	8.6956	13	43.29	29	299.9992	35	1166.55	5	16.65	2.5	8.325
17	2	12.034	32	106.56	8	10.88	3	6.5217	14	46.62	32	331.0336	27	899.91	5.5	18.315	2.5	8.325
18	1	6.0172	35	116.55	8	10.88	3	6.5217	14	46.62	19	196.5512	32	1066.56	6	19.98	3	9.99
19	3	18.052	30	99.9	8	10.88	3	6.5217	7	23.31	33	341.3784	28	933.24	5	16.65	2	6.66
20	2	12.034	33	109.89	8	10.88	3	6.5217	12	39.96	27	279.3096	33.5	1116.555	7	23.31	4	13.32
21	1	6.0172	26	86.58	8	10.88	4	8.6956	5	16.65	54	558.6192	40	1333.2	4	13.32	2	6.66
22	1	6.0172	33	109.89	7	9.52	3	6.5217	12	39.96	23	237.9304	36	1199.88	5	16.65	2.5	8.325
23	2	12.034	16	53.28	7	9.52	3	6.5217	11	36.63	39	403.4472	33	1099.89	4	13.32	2	6.66
24	2	12.034	27	89.91	8	10.88	5	10.87	8	26.64	40.5	418.9644	28	933.24	6	19.98	3	9.99
25	1	6.0172	22	73.26	7	9.52	5	10.87	14	46.62	35	362.068	26	866.58	7	23.31	4	13.32
26	1	6.0172	30	99.9	7	9.52	5	10.87	8	26.64	37	382.7576	32.3	1076.559	5	16.65	2	6.66
27	2	12.034	38	126.54	7	9.52	4	8.6956	8	26.64	37	382.7576	35	1166.55	5.5	18.315	3	9.99
28	2	12.034	16	53.28	7	9.52	4	8.6956	10	33.3	49	506.8952	34	1133.22	6	19.98	3	9.99
29	1	6.0172	35	116.55	8	10.88	4	8.6956	7	23.31	32	331.0336	33.5	1116.555	5	16.65	2.5	8.325
30	2	12.034	28	93.24	7	9.52	4	8.6956	14	46.62	36	372.4128	33	1099.89	7.5	24.975	4.5	14.985
31	2	12.034	37	123.21	8	10.88	3	6.5217	11	36.63	32	331.0336	30.5	1016.565	7	23.31	4	13.32
32	0	0	26	86.58	6	8.16	4	8.6956	15	49.95	60	620.688	30	999.9	6	19.98	2.5	8.325
33	2	12.034	37	123.21	7	9.52	4	8.6956	12	39.96	18	186.2064	33	1099.89	7	23.31	4	13.32
34	2	12.034	31	103.23	8	10.88	4	8.6956	8	26.64	30	310.344	38	1266.54	5.5	18.315	3	9.99
35	1	6.0172	18	59.94	7	9.52	3	6.5217	17	56.61	10	103.448	37	1233.21	6.5	21.645	3	9.99

Continuacion Cuadro 20A

Lectura No.	X1 6.0172	Conver 40X	X2 3.33	Conver 40X	X3 1.36	Conver 100X	X4 2.17391	Conver 40X	X5 3.33	Conver 40X	X6 10.3448	Conver 10X	X7 33.33	Conver 4X	X8 3.33	Conver 40X	X9 3.33	Conver 40X
36	2	12.034	40	133.2	6	8.16	4	8.6956	12	39.96	43	444.8264	29	966.57	8	26.64	4	13.32
37	2	12.034	22	73.26	7	9.52	4	8.6956	13	43.29	9.5	98.2756	32	1066.56	5	16.65	2	6.66
38	1	6.0172	31	103.23	8	10.88	4	8.6956	5	16.65	50	517.24	26	866.58	6	19.98	2.5	8.325
39	2	12.034	41	136.53	7	9.52	4	8.6956	13	43.29	34	351.7232	30	999.9	6	19.98	3	9.99
40	1	6.0172	30	99.9	8	10.88	5	10.87	12	39.96	18	186.2064	31	1033.23	6.3	20.979	3.5	11.655
41	2	12.034	31	103.23	6	8.16	4	8.6956	6.5	21.645	40	413.792	35.5	1183.215	7	23.31	3.5	11.655
42	1	6.0172	33	109.89	10	13.6	4	8.6956	11	36.63	50	517.24	30	999.9	6	19.98	3	9.99
43	1	6.0172	27	89.91	7	9.52	5	10.87	14	46.62	34	351.7232	34	1133.22	7	23.31	3	9.99
44	2	12.034	32	106.56	10	13.6	4	8.6956	12	39.96	33	341.3784	37	1233.21	7	23.31	3	9.99
45	1	6.0172	25	83.25	6	8.16	4	8.6956	15	49.95	36	372.4128	41	1366.53	4	13.32	2	6.66
46	1	6.0172	19	63.27	8	10.88	4	8.6956	13	43.29	18	186.2064	32	1066.56	7	23.31	3.5	11.655
47	2	12.034	19	63.27	7	9.52	4	8.6956	13	43.29	32	331.0336	32	1066.56	5	16.65	3	9.99
48	2	12.034	30	99.9	11	14.96	4	8.6956	11	36.63	44	455.1712	35	1166.55	5	16.65	2	6.66
49	2	12.034	21	69.93	7	9.52	4	8.6956	9	29.97	19	196.5512	25	833.25	6	19.98	3	9.99
50	1	6.0172	31	103.23	9	12.24	3	6.5217	10	33.3	17	175.8616	32	1066.56	7	23.31	3	9.99
51	1	6.0172	25	83.25	7	9.52	4	8.6956	10	33.3	35	362.068	33	1099.89	5	16.65	2.5	8.325
52	1	6.0172	40	133.2	9	12.24	3	6.5217	10	33.3	31	320.6888	33	1099.89	5.5	18.315	2.5	8.325
53	1	6.0172	25	83.25	8	10.88	3	6.5217	11	36.63	19	196.5512	32.5	1083.225	6	19.98	3	9.99
54	0	0	34	113.22	7	9.52	4	8.6956	12	39.96	53	548.2744	30	999.9	5	16.65	2	6.66
55	1	6.0172	32	106.56	8	10.88	3	6.5217	11	36.63	44	455.1712	55	1833.15	7	23.31	4	13.32
56	1	6.0172	39	129.87	7	9.52	4	8.6956	10	33.3	34	351.7232	34.5	1149.885	4	13.32	2	6.66
57	0	0	33	109.89	6	8.16	4	8.6956	6	19.98	32	331.0336	30.5	1016.565	5	16.65	2.5	8.325
58	0	0	27	89.91	8	10.88	3	6.5217	16	53.28	40	413.792	36	1199.88	4	13.32	2	6.66
59	1	6.0172	30	99.9	5	6.8	4	8.6956	7	23.31	42	434.4816	54	1799.82	6	19.98	3	9.99
60	2	12.034	35	116.55	7	9.52	4	8.6956	12	39.96	30	310.344	32	1066.56	7	23.31	4	13.32
61	1	6.0172	34	113.22	9	12.24	4	8.6956	14	46.62	59	610.3432	34	1133.22	5	16.65	2	6.66
62	1	6.0172	36	119.88	6	8.16	4	8.6956	8	26.64	65	672.412	29	966.57	5.5	18.315	3	9.99
63	2	12.034	27	89.91	7	9.52	4	8.6956	7	23.31	16	165.5168	40	1333.2	6	19.98	3	9.99
64	1	6.0172	34	113.22	7	9.52	4	8.6956	7	23.31	32	331.0336	33	1099.89	5	16.65	2.5	8.325
65	0	0	26	86.58	7	9.52	4	8.6956	11	36.63	40	413.792	30	999.9	7.5	24.975	4.5	14.985
66	1	6.0172	38	126.54	7	9.52	4	8.6956	5	16.65	40	413.792	33.5	1116.555	7	23.31	4	13.32
67	2	12.034	25	83.25	8	10.88	4	8.6956	12	39.96	49	506.8952	35	1166.55	6	19.98	2.5	8.325
68	3	18.052	22	73.26	8	10.88	4	8.6956	15	49.95	11	424.1368	32.5	1083.225	7	23.31	4	13.32
69	1	6.0172	20	66.6	8	10.88	4	8.6956	13	43.29	41	424.1368	35	1166.55	5.5	18.315	3	9.99
70	1	6.0172	40	133.2	8	10.88	4	8.6956	5	16.65	34	351.7232	36	1199.88	6.5	21.645	3	9.99

Continuacion Cuadro 20A

Lectura No.	X1 6.0172	Conver 40X	X2 3.33	Conver 40X	X3 1.36	Conver 100X	X4 2.17391	Conver 40X	X5 3.33	Conver 40X	X6 10.3448	Conver 10X	X7 33.33	Conver 4X	X8 3.33	Conver 40X	X9 3.33	Conver 40X
71	1	6.0172	33	109.89	8	10.88	4	8.6956	10	33.3	14	144.8272	40	1333.2	8	26.64	4	13.32
72	2	12.034	25	83.25	7	9.52	5	10.87	15	49.95	57	589.6536	29	966.57	5	16.65	2	6.66
73	1	6.0172	15	49.95	7	9.52	3	6.5217	8	26.64	50	517.24	35	1166.55	6	19.98	2.5	8.325
74	1	6.0172	25	83.25	8	10.88	6	13.043	10	33.3	32	331.0336	29	966.57	6	19.98	3	9.99
75	2	12.034	43	143.19	7	9.52	5	10.87	10	33.3	50	517.24	33	1099.89	6.3	20.979	3.5	11.655
76	1	6.0172	23	76.59	7	9.52	4	8.6956	13	43.29	35	362.068	22	733.26	7	23.31	3.5	11.655
77	0	0	34	113.22	7	9.52	4	8.6956	9	29.97	57	589.6536	32.5	1083.225	6	19.98	3	9.99
78	1	6.0172	42	139.86	7	9.52	5	10.87	15	49.95	31	320.6888	36	1199.88	7	23.31	3.5	11.655
79	2	12.034	30	99.9	8	10.88	4	8.6956	8	26.64	40	413.792	33	1099.89	7	23.31	3	9.99
80	2	12.034	31	103.23	7	9.52	5	10.87	14	46.62	49	506.8952	28.5	949.905	4	13.32	2	6.66
81	1	6.0172	24	79.92	8	10.88	5	10.87	14	46.62	31	320.6888	32	1066.56	7	23.31	3.5	11.655
82	1	6.0172	32	106.56	6	8.16	4	8.6956	12	39.96	25	258.62	35	1166.55	5	16.65	3	9.99
83	2	12.034	20	66.6	7	9.52	3	6.5217	10	33.3	19	196.5512	32	1066.56	5	16.65	2	6.66
84	0	0	40	133.2	8	10.88	4	8.6956	11	36.63	43	444.8264	25	833.25	6	19.98	3	9.99
85	1	6.0172	21	69.93	7	9.52	4	8.6956	6.5	21.645	32	331.0336	29	966.57	7	23.31	3	9.99
86	1	6.0172	22	73.26	6	8.16	4	8.6956	9	29.97	34	351.7232	24	799.92	5	16.65	2.5	8.325
87	1	6.0172	25	83.25	7	9.52	4	8.6956	11	36.63	21	217.2408	34	1133.22	5.5	18.315	2.5	8.325
88	1	6.0172	15	49.95	8	10.88	4	8.6956	9	29.97	38	393.1024	33	1099.89	6	19.98	3	9.99
89	2	12.034	28	93.24	7	9.52	4	8.6956	12	39.96	24	248.2752	29	966.57	5	16.65	2.5	8.325
90	2	12.034	25	83.25	8	10.88	3	6.5217	14	46.62	46	475.8608	27.53	917.5749	7.5	24.975	4	13.32
91	1	6.0172	25	83.25	6	8.16	4	8.6956	10	33.3	20	206.896	26	866.58	4	13.32	2	6.66
92	2	12.034	27	89.91	10	13.6	3	6.5217	26	86.58	49	506.8952	23	766.59	5	16.65	2.5	8.325
93	1	6.0172	30	99.9	7	9.52	5	10.87	10	33.3	22	227.5856	25	833.25	4	13.32	2	6.66
94	2	12.034	26	86.58	10	13.6	5	10.87	8	26.64	60	620.688	35.5	1183.215	6	19.98	3	9.99
95	2	12.034	27	89.91	6.5	8.84	5	10.87	13	43.29	51	527.5848	38	1266.54	7.5	24.975	4.5	14.985
96	2	12.034	34	113.22	8	10.88	4	8.6956	14	46.62	58	599.9984	25	833.25	5	16.65	2	6.66
97	1	6.0172	28	93.24	7	9.52	4	8.6956	11	36.63	13	134.4824	32	1066.56	5.5	18.315	3.5	11.655
98	1	6.0172	27	89.91	11	14.96	3	6.5217	15	49.95	40	413.792	28	933.24	6	19.98	3	9.99
99	2	12.034	32	106.56	7.5	10.2	4	8.6956	8	26.64	31	320.6888	32	1066.56	5	16.65	2.5	8.325
100	2	12.034	25	83.25	9	12.24	4	8.6956	16	53.28	9	93.1032	37.5	1249.875	7.5	24.975	4.5	14.985
MEDIA	1.394562	7.6951	27.795	92.343	7.2088	9.76846	3.8783444	8.3403	10.612	35.125	35.040285	360.4268	34.6557	1133.71	5.6515	18.968	2.8958	9.4297
MODA	1	6.0172	25	83.25	7	9.52	4	8.6956	10	33.33	32	331.0336	32	1066.56	7	23.31	3	9.99
DESU STD	0.693613	4.1736	6.4261	21.399	1.0436	1.41929	0.6402343	1.3918	3.1755	10.575	13.208038	136.6345	5.25497	175.148	1.0146	3.3786	0.6852	2.2817
VAR (S^2)	0.4811	17.419	41.294	457.91	1.0891	2.0144	0.4099	1.9371	10.084	111.82	174.45228	18668.99	27.6147	30676.84	1.0294	11.415	0.4695	5.206
Val Max	3	18.052	43	143.19	11	14.96	6	13.043	26	86.58	68	703.4464	55	1833.15	8	26.64	4.5	14.985
Val Min	1	6.0172	15	49.95	5	6.8	3	6.5217	5	16.65	9	93.1032	22	733.26	4	13.32	2	6.66
CVZ	52.1514	52.151	22.282	22.282	13.971	13.9705	16.0459	16.046	28.948	28.948	36.45105	36.45105	16.2316	16.23155	17.127	17.127	23.266	23.266

Cuadro 21A

Características microscópicas de *Bombax ellipticum* HBK.

Amapola.

Lectura No.	X1 10X	Convers	X2 10X	Convers	X3 100X	Conversio	X4 10X	Convers	X5 10X	Convers	X6 10X	Convers	X7 1X	Convers	X8 10X	Convers	X9 10X	Convers
	0.36803		13.33		1.36		2.1739		3.33		10.3448		33.33		3.33		3.33	
1	3	1.10409	9	119.97	8	10.88	2	4.34782	2	6.66	10	103.448	30	999.9	9	29.97	4.5	14.985
2	3	1.10409	9	119.97	8	10.88	2	4.34782	2	6.66	12	124.138	32	1066.56	9	29.97	4.5	14.985
3	3	1.10409	9	119.97	8	10.88	2	4.34782	2	6.66	15	155.172	41	1366.53	9	29.97	4.5	14.985
4	3	1.10409	9	119.97	8	10.88	2	4.34782	3.5	11.655	15	155.172	44	1466.52	9	29.97	5	16.65
5	3	1.10409	9	119.97	8	10.88	2	4.34782	4	13.32	15	155.172	46	1533.18	9	29.97	5	16.65
6	3	1.10409	10	133.3	8	10.88	2	4.34782	4	13.32	15	155.172	46	1533.18	9	29.97	5	16.65
7	3	1.10409	10	133.3	8	10.88	2	4.34782	4	13.32	15	155.172	46.5	1549.85	10	33.3	5	16.65
8	3	1.10409	10	133.3	8	10.88	2	4.34782	4	13.32	16	165.517	48	1599.84	10	33.3	5	16.65
9	3	1.10409	10	133.3	8	10.88	2	4.34782	5	16.65	16	165.517	48.5	1616.51	10	33.3	5	16.65
10	3	1.10409	10	133.3	8	10.88	2	4.34782	5	16.65	18	186.206	49.5	1649.84	10	33.3	5	16.65
11	3	1.10409	10	133.3	8	10.88	2	4.34782	6	19.98	18	186.206	49.5	1649.84	10	33.3	5	16.65
12	3	1.10409	11	146.63	8.5	11.56	2	4.34782	7	23.31	18	186.206	52	1733.16	10	33.3	5	16.65
13	3	1.10409	11	146.63	8.5	11.56	2	4.34782	7	23.31	19	196.551	52.5	1749.83	10	33.3	5	16.65
14	3	1.10409	11	146.63	8.5	11.56	2	4.34782	7	23.31	19	196.551	52.5	1749.83	10	33.3	5	16.65
15	3	1.10409	11	146.63	9	12.24	2	4.34782	7	23.31	19	196.551	53	1766.49	10	33.3	5	16.65
16	3	1.10409	11	146.63	9	12.24	2	4.34782	7	23.31	19	196.551	53.5	1783.16	10	33.3	5	16.65
17	3	1.10409	11	146.63	9	12.24	2	4.34782	8	26.64	20	206.896	54	1799.82	10	33.3	5	16.65
18	3	1.10409	11	146.63	9	12.24	2	4.34782	8	26.64	21	217.211	54	1799.82	10	33.3	5	16.65
19	3	1.10409	11	146.63	9	12.24	2	4.34782	8	26.64	22	227.586	54.3	1809.82	10	33.3	5	16.65
20	3	1.10409	11	146.63	9	12.24	2	4.34782	8	26.64	24	248.275	55	1833.15	10	33.3	5	16.65
21	3	1.10409	11	146.63	9	12.24	2	4.34782	8	26.64	24	248.275	55	1833.15	10	33.3	5	16.65
22	3	1.10409	11	146.63	9	12.24	2	4.34782	8	26.64	25	258.62	55	1833.15	10	33.3	5	16.65
23	3	1.10409	11	146.63	9	12.24	2	4.34782	8	26.64	25	258.62	55.5	1849.82	10	33.3	5	16.65
24	3	1.10409	12	159.96	9	12.24	2	4.34782	9	29.97	25	258.62	56	1866.48	10	33.3	6	19.98
25	3	1.10409	12	159.96	9	12.24	2	4.34782	9	29.97	25	258.62	56	1866.48	10	33.3	6	19.98
26	3	1.10409	12	159.96	9	12.24	2	4.34782	10	33.3	26	268.965	57	1899.81	10	33.3	6	19.98
27	3	1.10409	12	159.96	9	12.24	2	4.34782	10	33.3	27	279.31	58	1933.14	10	33.3	6	19.98
28	3	1.10409	12	159.96	9.5	12.92	2	4.34782	10	33.3	27	279.31	58	1933.14	10	33.3	6	19.98
29	3	1.10409	12	159.96	9.5	12.92	2	4.34782	10	33.3	27	279.31	58	1933.14	10	33.3	6	19.98
30	3	1.10409	12	159.96	9.5	12.92	2	4.34782	10	33.3	30	310.344	58	1933.14	10	33.3	6	19.98
31	3	1.10409	13	173.29	10	13.6	2	4.34782	10	33.3	30	310.344	59	1966.47	10.5	34.965	6	19.98
32	4	1.47212	13	173.29	10	13.6	2	4.34782	10	33.3	30	310.344	60	1999.8	10.5	34.965	6	19.98
33	4	1.47212	13	173.29	10	13.6	2	4.34782	11	36.63	30	310.344	60	1999.8	10.5	34.965	6	19.98
34	4	1.47212	13	173.29	10	13.6	2	4.34782	11	36.63	31	320.689	60	1999.8	10.5	34.965	6	19.98
35	4	1.47212	13	173.29	10	13.6	2	4.34782	12	39.96	32	331.034	60	1999.8	11	36.63	6	19.98

Continuacion Cuadro 21A

Lectura No.	X1 10X	Convers	X2 10X	Convers	X3 100X	Conversio	X4 40X	Convers	X5 40X	Convers	X6 10X	Convers	X7 4X	Convers	X8 40X	Convers	X9 40X	Convers
	0.36803		13.33		1.36		2.1739		3.33		10.3448		33.33		3.33		3.33	
36	4	1.47212	13	173.29	10	13.6	2	4.34782	12	39.96	32	331.034	60	1999.8	11	36.63	6	19.98
37	4	1.47212	13	173.29	10	13.6	2	4.34782	12	39.96	33	341.378	60	1999.8	11	36.63	6	19.98
38	4	1.47212	13	173.29	10	13.6	2	4.34782	13	43.29	33	341.378	61	2033.13	11	36.63	6	19.98
39	4	1.47212	13	173.29	10	13.6	2	4.34782	13	43.29	35	362.068	61	2033.13	11	36.63	6	19.98
40	4	1.47212	13	173.29	10	13.6	3	6.52173	13	43.29	35	362.068	61	2033.13	11.5	38.295	6	19.98
41	4	1.47212	13	173.29	10	13.6	3	6.52173	13	43.29	35	362.068	61	2033.13	11.5	38.295	6	19.98
42	4	1.47212	14	186.62	10	13.6	3	6.52173	14	46.62	38	393.102	61	2033.13	12	39.96	6	19.98
43	4	1.47212	14	186.62	10	13.6	3	6.52173	15	49.95	40	413.792	61	2033.13	12	39.96	6	19.98
44	4	1.47212	14	186.62	10	13.6	3	6.52173	15	49.95	40	413.792	61	2033.13	12	39.96	6	19.98
45	4	1.47212	14	186.62	10	13.6	3	6.52173	15	49.95	40	413.792	61.2	2039.8	12	39.96	6.5	21.645
46	4	1.47212	14	186.62	10	13.6	3	6.52173	15	49.95	54	558.619	61.7	2056.46	12	39.96	6.5	21.645
47	4	1.47212	14	186.62	10	13.6	3	6.52173	15	49.95	55	568.964	62	2066.46	12	39.96	6.5	21.645
48	4	1.47212	14	186.62	10	13.6	3	6.52173	15	49.95	56	579.309	62	2066.46	12	39.96	6.5	21.645
49	4	1.47212	14	186.62	10	13.6	3	6.52173	15	49.95	56	579.309	62	2066.46	12	39.96	6.5	21.645
50	4	1.47212	14	186.62	10	13.6	3	6.52173	15	49.95	57	589.654	62	2066.46	12	39.96	6.5	21.645
51	4	1.47212	15	199.95	10	13.6	3	6.52173	15	49.95	59	610.343	62	2066.46	12	39.96	7	23.31
52	4	1.47212	15	199.95	10	13.6	3	6.52173	16	53.28	60	620.688	62	2066.46	12	39.96	7	23.31
53	4	1.47212	15	199.95	10	13.6	3	6.52173	17	56.61	60	620.688	62	2066.46	12	39.96	7	23.31
54	4	1.47212	15	199.95	10	13.6	3	6.52173	17	56.61	62	641.378	62	2066.46	12	39.96	7	23.31
55	4	1.47212	15	199.95	10	13.6	3	6.52173	17	56.61	62	641.378	63	2099.79	12	39.96	7	23.31
56	4	1.47212	15	199.95	10	13.6	3	6.52173	17	56.61	65	672.412	63	2099.79	12	39.96	7	23.31
57	4	1.47212	15	199.95	10	13.6	3	6.52173	17	56.61	65	672.412	63.5	2116.46	12	39.96	7	23.31
58	4	1.47212	15	199.95	10	13.6	3	6.52173	18	59.94	65	672.412	64	2133.12	12	39.96	7	23.31
59	4	1.47212	15	199.95	10	13.6	3	6.52173	18	59.94	66	682.757	64	2133.12	12	39.96	7	23.31
60	4	1.47212	15	199.95	10	13.6	3	6.52173	18	59.94	69	713.791	66	2199.78	12	39.96	7	23.31
61	4	1.47212	15	199.95	10	13.6	3	6.52173	18	59.94	69	713.791	66	2199.78	12	39.96	7	23.31
62	4	1.47212	15	199.95	10	13.6	3	6.52173	18	59.94	70	724.136	67	2233.11	12	39.96	7	23.31
63	4	1.47212	15	199.95	10	13.6	3	6.52173	18	59.94	70	724.136	67	2233.11	12	39.96	7.5	24.975
64	4	1.47212	15	199.95	10.5	14.28	3	6.52173	18	59.94	71	734.481	67.2	2239.78	12	39.96	7.5	24.975
65	4	1.47212	15	199.95	10.5	14.28	3	6.52173	18	59.94	71	734.481	68	2266.44	12	39.96	8	26.64
66	4	1.47212	15	199.95	11	14.96	3	6.52173	20	66.6	72	744.826	68	2266.44	12	39.96	8	26.64
67	5	1.84016	16	213.28	11	14.96	3	6.52173	20	66.6	73	755.17	68	2266.44	12	39.96	8	26.64
68	5	1.84016	16	213.28	11	14.96	3	6.52173	20	66.6	75	775.86	68.2	2273.11	12	39.96	8	26.64
69	5	1.84016	16	213.28	11	14.96	3	6.52173	20	66.6	75	775.86	68.3	2276.44	12.5	41.625	8	26.64
70	5	1.84016	16	213.28	11	14.96	3	6.52173	20	66.6	75	775.86	69	2299.77	12.5	41.625	8	26.64

Continuacion Cuadro 21A

Lectura No.	X1 10X	Convers	X2 10X	Convers	X3 100X	Conversio	X4 40X	Convers	X5 40X	Convers	X6 10X	Convers	X7 4X	Convers	X8 40X	Convers	X9 40X	Convers
	0.36803		13.33		1.36		2.1739		3.33		10.3448		33.33		3.33		3.33	
71	5	1.84016	16	213.28	11	14.96	3	6.52173	20	66.6	76	786.205	70	2333.1	13	43.29	8	26.64
72	5	1.84016	16	213.28	11	14.96	3	6.52173	20	66.6	76	786.205	70	2333.1	13	43.29	8	26.64
73	5	1.84016	16	213.28	11	14.96	3	6.52173	20	66.6	76	786.205	70	2333.1	13	43.29	8	26.64
74	5	1.84016	16	213.28	11	14.96	3	6.52173	20	66.6	77	796.55	70	2333.1	13	43.29	8	26.64
75	5	1.84016	16	213.28	11	14.96	3	6.52173	20	66.6	79	817.239	70	2333.1	13	43.29	8	26.64
76	5	1.84016	16	213.28	11	14.96	3	6.52173	20	66.6	79	817.239	70	2333.1	13	43.29	8	26.64
77	5	1.84016	16	213.28	11	14.96	3	6.52173	20	66.6	80	827.584	70.5	2349.77	13.5	44.955	8	26.64
78	5	1.84016	16	213.28	11	14.96	3	6.52173	20	66.6	81	837.929	71.5	2383.1	13.5	44.955	8	26.64
79	5	1.84016	16	213.28	11	14.96	3	6.52173	21	69.93	85	879.308	72	2399.76	13.5	44.955	8	26.64
80	5	1.84016	16	213.28	11	14.96	3	6.52173	22	73.26	90	931.032	72	2399.76	13.5	44.955	8.5	28.305
81	5	1.84016	16	213.28	11	14.96	3	6.52173	22	73.26	90	931.032	72	2399.76	13.5	44.955	8.5	28.305
82	5	1.84016	16	213.28	11	14.96	3	6.52173	22	73.26	91	941.377	73	2433.09	13.5	44.955	8.5	28.305
83	5	1.84016	16	213.28	11	14.96	3	6.52173	23	76.59	93	962.066	74.5	2483.09	13.5	44.955	8.5	28.305
84	5	1.84016	16	213.28	11	14.96	3	6.52173	24	79.92	96	993.101	75	2499.75	13.5	44.955	8.5	28.305
85	5	1.84016	16	213.28	11.5	15.64	3	6.52173	24	79.92	96	993.101	75	2499.75	13.5	44.955	8.5	28.305
86	5	1.84016	16	213.28	11.5	15.64	3	6.52173	25	83.25	98	1013.79	75	2499.75	14	46.62	9	29.97
87	5	1.84016	16	213.28	11.5	15.64	3	6.52173	25	83.25	99	1024.14	76	2533.08	14	46.62	9	29.97
88	5	1.84016	16	213.28	11.54	15.6944	3	6.52173	25	83.25	100	1034.48	76	2533.08	14	46.62	9	29.97
89	5	1.84016	16	213.28	12	16.32	4	8.69564	25	83.25	100	1034.48	78	2599.74	14	46.62	9.5	31.635
90	6	2.20819	16	213.28	12	16.32	4	8.69564	25	83.25	100	1034.48	78	2599.74	14	46.62	9.5	31.635
91	6	2.20819	16	213.28	12	16.32	4	8.69564	25	83.25	102	1055.17	79.5	2649.74	14	46.62	9.5	31.635
92	6	2.20819	17	226.61	12	16.32	4	8.69564	27	89.91	105	1086.2	80	2666.4	14	46.62	10	33.3
93	6	2.20819	17	226.61	12	16.32	4	8.69564	28	93.24	108	1117.24	80	2666.4	14	46.62	10	33.3
94	6	2.20819	17	226.61	12	16.32	4	8.69564	28	93.24	113	1168.96	80	2666.4	14	46.62	10	33.3
95	6	2.20819	18	239.94	12	16.32	4	8.69564	29	96.57	115	1189.65	80	2666.4	15	49.95	10	33.3
96	6	2.20819	18	239.94	12	16.32	4	8.69564	29	96.57	115	1189.65	81	2699.73	15	49.95	10	33.3
97	6	2.20819	18	239.94	12	16.32	4	8.69564	29	96.57	116	1200	82	2733.06	15	49.95	10	33.3
98	6	2.20819	18	239.94	12.5	17	4	8.69564	30	99.9	118	1220.69	82	2733.06	15	49.95	10	33.3
99	6	2.20819	18	239.94	13	17.68	4	8.69564	30	99.9	120	1241.38	82	2733.06	15	49.95	10	33.3
100	7	2.57622	20	266.6	14	19.04	5	10.8696	30	99.9	135	1396.55	82	2733.06	15	49.95	10	33.3
MEDIA	3.92204	1.49738	13.374	181.785	9.5779	13.500533	2.6259	5.83972	14.789	50.6846	53.4103	574.238	60.255	2065.28	10.974	38.4746	6.61	22.6571
Des. St. (S	1.34844	0.42265	3.5956	41.8541	2.5528	2.5543776	0.8197	1.63134	7.9655	25.5554	34.1016	344.943	16.338	458.311	3.308	7.72524	2.103	6.22181
VAR (S^2)	1.81828	0.17863	12.928	1751.77	6.5169	6.5218447	0.772	2.87078	63.45	653.08	1162.92	118985	266.94	210049	10.943	59.6793	4.4228	38.711
Val Max.	7	2.57622	20	266.6	14	19.04	5	10.8696	30	99.9	135	1396.55	82	2733.06	15	49.95	10	33.3
Val Min.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CUZ	34.381	28.2257	26.884	23.024	26.653	18.920568	32.358	29.011	51.154	50.4206	63.6102	60.0696	27.115	22.1912	30.145	20.0788	31.816	27.4608

Cuadro 22A Características microscópicas de *Bursera sumaruba* (L.) Sarg. Palo juote, (Oharaj).

Lectura No.	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9									
	5.858	3.33	1.316	1.29	3.33		33.33	3.33	3.33									
	Conv.	Conv.	Conv.	Conv.	Conv.	Conv.	Conv.	Conv.	Conv.									
1	4	23.1329	22	73.26	9	12.114	3	12.87	17	56.61	23	230	32.5	1033.225	11	36.63	8	26.64
2	4	23.1329	29	96.57	7	9.422	3	12.87	13	43.29	31	310	33	1033.89	10.5	34.965	8.5	28.305
3	2	11.7164	24	79.92	8	10.768	4	17.16	17	56.61	24	240	25.4	846.582	11	36.63	9	29.97
4	5	29.2911	23	76.59	7	9.422	3	12.87	17	56.61	61	610	30	933.9	11	36.63	8	26.64
5	3	17.5747	24	79.92	12	16.152	4	17.16	11	36.63	26	260	39.8	1326.534	11	36.63	8	26.64
6	5	29.2911	26	86.58	11	14.886	3	12.87	17	56.61	30	300	32	1066.56	12	39.96	9	29.97
7	5	29.2911	24	79.92	8	10.768	3	12.87	17	56.61	29	290	28.2	933.906	10	33.3	7.7	25.641
8	4	23.1329	25	83.25	8	10.768	4	17.16	15	49.95	42	420	39	1233.87	11	36.63	8.5	28.305
9	5	29.2911	28	93.24	7	9.422	2	8.58	11	36.63	27	270	24	799.92	13	43.29	8.5	28.305
10	4	23.1329	22	73.26	12	16.152	3	12.87	18	59.94	27	270	34	1133.22	11	36.63	9	29.97
11	4	23.1329	22	73.26	9	12.114	3	12.87	20	66.6	45	450	39.5	1316.535	10	33.3	7.8	25.974
12	3	17.5747	24	79.92	8	10.768	3	12.87	19	63.27	36	360	39	1233.87	11	36.63	8.5	28.305
13	4	23.1329	22	73.26	7	9.422	3	12.87	8	26.64	26	260	32.7	1033.891	12	39.96	9	29.97
14	6	35.1493	15.5	51.615	7.2	9.6912	3	12.87	13	43.29	24	240	36	1133.88	11.3	37.629	9	29.97
15	4	23.1329	24	79.92	9	12.114	3	12.87	15	49.95	41	410	22.5	749.925	10	33.3	8	26.64
16	4	23.1329	23	76.59	8	10.768	3	12.87	18	59.94	30	300	32	1066.56	11.5	38.295	9.5	31.635
17	6	35.1493	22	73.26	8	10.768	4	17.16	15	49.95	14	140	40	1333.2	11	36.63	8	26.64
18	4	23.1329	25	83.25	8	10.768	3	12.87	17	56.61	32	320	31.2	1033.896	9	29.97	6	19.98
19	4	23.1329	23	76.59	8	10.768	3	12.87	21	69.93	24	240	28	933.24	12	39.96	9.1	30.303
20	4	23.1329	26	86.58	7	9.422	3	12.87	11	36.63	15	150	30	933.9	8	26.64	5.5	18.315
21	5	29.2911	18	59.94	8	10.768	5	21.45	12	39.96	30	300	31.5	1049.895	10	33.3	8	26.64
22	4	23.1329	24	79.92	7.5	10.895	3	12.87	7	23.31	32	320	25	833.25	10	33.3	8	26.64
23	6	35.1493	25	83.25	8	10.768	4	17.16	20	66.6	43	430	35	1166.55	10	33.3	7	23.31
24	5	29.2911	15	49.95	8	10.768	4	17.16	14	46.62	32	320	28	933.24	9	29.97	7	23.31
25	3	17.5747	25	83.25	8.2	11.0372	3	12.87	12	39.96	21	210	37.5	1249.875	10	33.3	8.5	28.305
26	5	29.2911	18	59.94	8	10.768	3	12.87	15	49.95	56	560	27	833.91	11	36.63	7.5	24.975
27	6	35.1493	20	66.6	8	10.768	4	17.16	16	53.28	21	210	30.5	1016.565	10	33.3	7	23.31
28	5	29.2911	24	79.92	8	10.768	3	12.87	17	56.61	19	190	26	866.58	9	29.97	7	23.31
29	4	23.1329	22	73.26	7.5	10.895	3	12.87	11	36.63	21	210	29.8	933.234	11	36.63	8	26.64
30	3	17.5747	22	73.26	7	9.422	4	17.16	17	56.61	31	310	36	1133.88	10.5	34.965	8	26.64
31	6	35.1493	27	89.91	9	12.114	4	17.16	17	56.61	30	300	31	1033.23	10	33.3	8	26.64
32	4	23.1329	21	69.93	7.5	10.895	4	17.16	21	69.93	31	310	33	1033.89	8	26.64	6	19.98
33	4	23.1329	24	79.92	6.3	8.4798	3	12.87	11	36.63	19	190	27	833.91	10	33.3	7.5	24.975
34	7	41.0075	21	69.93	8	10.768	3	12.87	14	46.62	13	130	28	933.24	10	33.3	7.5	24.975
35	6	35.1493	25	83.25	6.5	8.749	5	21.45	11	36.63	34	340	38	1266.54	10	33.3	7.5	24.975

Continuacion Cuadro 22A

Lectura No.	X1 5.858	Conv.	X2 3.33	Conv.	X3 1.316	Conv.	X4 1.29	Conv.	X5 3.33	Conv.	X6 10	Conv.	X7 33.33	Conv.	X8 3.33	Conv.	X9 3.33	Conv.
36	4	23.4329	18	59.94	7	9.422	4	17.16	15	49.95	14	140	32	1066.56	11	36.63	8	26.64
37	4	23.4329	23	76.59	5.2	6.9992	4	17.16	18	59.94	49	190	27	899.91	10.5	34.965	8.5	28.305
38	3	17.5747	28	93.24	7	9.422	3	12.87	15	49.95	21	210	28	933.24	11	36.63	9	29.97
39	5	29.2911	24	79.92	12	16.152	3	12.87	9	29.97	13	130	29	966.57	11	36.63	8	26.64
40	4	23.4329	25	83.25	5.9	7.9414	4	17.16	14	46.62	29	290	30	999.9	11	36.63	8	26.64
41	4	23.4329	19	63.27	5	6.73	4	17.16	13	43.29	34	340	35	1166.55	12	39.96	9	29.97
42	3	17.5747	24	79.92	5	6.73	3	12.87	17	56.61	15	150	37	1233.21	10	33.3	7.7	25.641
43	3	17.5747	23	76.59	7	9.422	4	17.16	16	53.28	32	320	28	933.24	11	36.63	8.5	28.305
44	4	23.4329	24.5	81.585	8	10.768	4	17.16	13	43.29	17	170	35.3	1176.549	13	43.29	8.5	28.305
45	4	23.4329	30	99.9	7.5	10.095	4	17.16	15	49.95	33	330	28	933.24	11	36.63	9	29.97
46	3	17.5747	19	63.27	6	8.076	3	12.87	9	29.97	17	170	26	866.58	10	33.3	7.8	25.974
47	4	23.4329	25	83.25	6	8.076	3	12.87	11	36.63	27	270	35.5	1183.215	11	36.63	8.5	28.305
48	4	23.4329	15	49.95	8	10.768	4	17.16	20	66.6	29	290	35	1166.55	12	39.96	9	29.97
49	3	17.5747	16.5	54.945	7	9.422	2	8.58	16	53.28	33	330	27	899.91	11.3	37.629	9	29.97
50	6	35.1493	25	83.25	7.2	9.6912	3	12.87	13	43.29	27	270	27	899.91	10	33.3	8	26.64
51	6	35.1493	29	96.57	7	9.422	4	17.16	21	69.93	21	210	39.4	1313.202	11.5	38.295	9.5	31.635
52	5	29.2911	22	73.26	9.2	12.3832	5	21.45	16	53.28	31	310	33	1099.89	11	36.63	8	26.64
53	4	23.4329	19	63.27	7	9.422	4	17.16	18	59.94	18	180	32.3	1076.559	9	29.97	6	19.98
54	5	29.2911	23	76.59	7	9.422	3	12.87	12	39.96	32	320	27	899.91	12	39.96	9.1	30.303
55	3	17.5747	25	83.25	7	9.422	4	17.16	17	56.61	28	280	32.4	1079.892	8	26.64	5.5	18.315
56	5	29.2911	17	56.61	9	12.114	3	12.87	12	39.96	32	320	35	1166.55	10	33.3	8	26.64
57	5	29.2911	21	69.93	6	8.076	3	12.87	10	33.3	16	160	24	799.92	10	33.3	8	26.64
58	3	17.5747	26	86.58	9	12.114	4	17.16	16	53.28	19	190	37	1233.21	10	33.3	7	23.31
59	5	29.2911	26	86.58	7.5	10.095	4	17.16	9	29.97	32	320	26	866.58	9	29.97	7	23.31
60	4	23.4329	32	106.56	8	10.768	3	12.87	18	59.94	16	160	32	1066.56	10	33.3	8.5	28.305
61	5	29.2911	18.8	62.604	6.5	8.749	3	12.87	14	46.62	48	480	31.3	1043.229	11	36.63	7.5	24.975
62	3	17.5747	24	79.92	7	9.422	3	12.87	16	53.28	15	150	31	1033.23	10	33.3	7	23.31
63	5	29.2911	22	73.26	7	9.422	3	12.87	17	56.61	25	250	38	1266.54	9	29.97	7	23.31
64	3	17.5747	22	73.26	8	10.768	3	12.87	15	49.95	12	120	34	1133.22	11	36.63	8	26.64
65	5	29.2911	24	79.92	8	10.768	4	17.16	12	39.96	29	290	30	999.9	10.5	34.965	8	26.64
66	4	23.4329	26	86.58	7	9.422	2	8.58	16	53.28	25	250	28	933.24	10	33.3	8	26.64
67	2	11.7164	16.5	54.945	6.5	8.749	4	17.16	8	26.64	16	160	30	999.9	8	26.64	6	19.98
68	4	23.4329	27.5	91.575	9	12.114	3	12.87	26	86.58	23	230	36	1199.88	10	33.3	7.5	24.975
69	6	35.1493	21.4	71.262	8.5	11.441	2	8.58	15	49.95	26	260	36.5	1216.545	10	33.3	7.5	24.975
70	4	23.4329	25	83.25	7.2	9.6912	3	12.87	13	43.29	15	150	35	1166.55	10	33.3	7.5	24.975

Continuacion Cuadro 22A

Lectura No.	X1 5.858	Conv.	X2 3.33	Conv.	X3 1.346	Conv.	X4 4.29	Conv.	X5 3.33	Conv.	X6 10	Conv.	X7 33.33	Conv.	X8 3.33	Conv.	X9 3.33	Conv.
71	4	23.4329	24	79.92	7.1	9.5566	3	12.87	20	66.6	17	170	29	966.57	11	36.63	8	26.64
72	4	23.4329	19.5	64.935	7	9.422	4	17.16	17	56.61	18	180	35.5	1183.215	10.5	34.965	8.5	28.305
73	3	17.5747	18.8	62.604	8	10.768	3	12.87	17	56.61	17	170	29	966.57	11	36.63	9	29.97
74	5	29.2911	24	79.92	7	9.422	4	17.16	10	33.3	11	110	38	1266.54	11	36.63	8	26.64
75	5	29.2911	18	59.94	8	10.768	4	17.16	21	69.93	15	150	28	933.24	11	36.63	8	26.64
76	4	23.4329	19.5	64.935	9	12.114	4	17.16	17	56.61	22	220	33	1099.89	12	39.96	9	29.97
77	7	41.0075	23	76.59	7	9.422	3	12.87	11	36.63	19	190	30	999.9	10	33.3	7.7	25.641
78	4	23.4329	24	79.92	8	10.768	4	17.16	14	46.62	9	90	28	933.24	11	36.63	8.5	28.305
79	4	23.4329	26	86.58	8.5	11.441	4	17.16	15	49.95	24	240	38	1266.54	13	43.29	8.5	28.305
80	3	17.5747	33	109.89	9	12.114	3	12.87	26	86.58	26	260	22	733.26	11	36.63	9	29.97
81	5	29.2911	34	113.22	8	10.768	2	8.58	15	49.95	28	280	35	1166.55	10	33.3	7.8	25.974
82	2	11.7164	27	89.91	7	9.422	3	12.87	13	43.29	28	280	27.5	916.575	11	36.63	8.5	28.305
83	6	35.1493	26	86.58	7.5	10.095	5	21.45	16	53.28	36	360	32	1066.56	12	39.96	9	29.97
84	4	23.4329	20	66.6	7	9.422	2	8.58	27	89.91	42	420	27	899.91	11.3	37.629	9	29.97
85	5	29.2911	24	79.92	8	10.768	3	12.87	19	63.27	27	270	35.5	1183.215	10	33.3	8	26.64
86	3	17.5747	18	59.94	9	12.114	4	17.16	15	49.95	29	290	31.3	1043.229	11.5	38.295	9.5	31.635
87	5	29.2911	20	66.6	7	9.422	3	12.87	15	49.95	32	320	35	1166.55	11	36.63	8	26.64
88	4	23.4329	15.5	51.615	8	10.768	5	21.45	31	103.23	41	410	31	1033.23	9	29.97	6	19.98
89	5	29.2911	26.5	88.245	8	10.768	2	8.58	14	46.62	23	230	37	1233.21	12	39.96	9.1	30.303
90	4	23.4329	26	86.58	8	10.768	3	12.87	14	46.62	31	310	37	1233.21	8	26.64	5.5	18.315
91	6	35.1493	16.5	54.945	8	10.768	4	17.16	18	59.94	28	280	30	999.9	10	33.3	8	26.64
92	4	23.4329	23.5	78.255	9	12.114	3	12.87	32	106.56	56	560	32	1066.56	10	33.3	8	26.64
93	4	23.4329	27	89.91	7	9.422	3	12.87	13	43.29	33	330	32	1066.56	10	33.3	7	23.31
94	5	29.2911	33	109.89	7.8	10.4988	4	17.16	19	63.27	28	280	26.3	876.579	9	29.97	7	23.31
95	4	23.4329	21	69.93	7.2	9.6912	2	8.58	20	66.6	24	240	39	1299.87	10	33.3	8.5	28.305
96	6	35.1493	18	59.94	9.2	12.3832	2	8.58	28	93.24	41	410	25	833.25	11	36.63	7.5	24.975
97	3	17.5747	22	73.26	8	10.768	4	17.16	10	33.3	28	280	30	999.9	10	33.3	7	23.31
98	5	29.2911	24	79.92	7	9.422	3	12.87	17	56.61	26	260	30	999.9	9	29.97	7	23.31
99	5	29.2911	23	76.59	7	9.422	3	12.87	18	59.94	41	410	27.7	923.241	11	36.63	8	26.64
100	5	29.2911	23.5	78.255	9	12.114	2	8.58	17	56.61	58	580	33	1099.89	10.5	34.965	8	26.64
MEDIA	4.286	24.9262	22.27	75.3820588	7.47	10.2164	3.3	14.0897	15.2	51.5497059	27	271.18	31.06	1033.75282	9.96	34.2598	7.706	25.9478824
Des St.	1.211	7.04164	5.615	16.6415698	1.815	2.173999	0.86	3.67263	5.22	16.6155569	11	110.56	6.09	204.679079	2.43	5.96095	1.535	4.73366592
VAR (S^2)	1.466	49.5847	31.53	276.941846	3.294	4.726273	0.74	13.4882	27.2	276.076732	125	12224	37.09	41893.5253	5.89	35.533	2.357	22.407593
Val Max.	7	41.0075	34	113.22	12	16.152	5	21.45	32	106.56	61	610	40	1333.2	13	43.29	9.5	31.635
Val Min.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CVZ	28.25	28.25	25.22	22.0763005	24.3	21.2795	26	26.066	34.2	32.2321081	42	40.771	19.61	19.799615	24.4	17.3993	19.92	18.2429759

Cuadro 23A

Características microscópicas de *Schizolobium parahybum* (Well.) Blake. Plumajillo, Zorra.

Lec. No.	X1	Conver	X2	Conver	X3	Conver	X4	Conver	X5	Conver	X6	Conver	X7	Conver	X8	Conver	X9	Conver
F.	0.368031	10X	10.3448	10X	1.36	100X	2.1739	40X	3.33	40X	10.345	10X	33.33	4X	3.33	40X	3.33	40X
1	2	0.736062	25	258.62	6	8.16	4	8.69564	5	16.65	26	268.9648	64	2133.12	9	29.97	7	23.31
2	3	1.104093	21.5	222.413	7	9.52	3	6.52173	5	16.65	22	227.5856	38	1266.54	10.5	34.965	8	26.64
3	2	0.736062	26	268.965	7	9.52	4	8.69564	6	19.98	16	165.5168	80	2666.4	9	29.97	7	23.31
4	4	1.472124	22.5	232.758	7	9.52	4	8.69564	3	9.99	31	320.6888	40	1333.2	10	33.3	8	26.64
5	3	1.104093	34	351.723	6	8.16	4	8.69564	5	16.65	29	299.9992	35.5	1183.215	13	43.29	11	36.63
6	2	0.736062	26	268.965	6	8.16	2	4.34782	3	9.99	34	351.7232	34	1133.22	8	26.64	6.5	21.645
7	2	0.736062	24	248.275	6	8.16	3	6.52173	4	13.32	24	248.2752	45	1499.85	12	39.96	10	33.3
8	2	0.736062	24	248.275	7	9.52	4	8.69564	6	19.98	16	165.5168	38	1266.54	12	39.96	10	33.3
9	2	0.736062	21	217.241	7	9.52	5	10.86955	5	16.65	11	113.7928	36	1199.88	15	49.95	13	43.29
10	2	0.736062	19	196.551	5	6.8	3	6.52173	5	16.65	21	217.2408	34	1133.22	11	36.63	8.5	28.305
11	4	1.472124	18	186.206	6	8.16	2	4.34782	5	16.65	26	268.9648	43	1433.19	8	26.64	6	19.98
12	3	1.104093	22	227.586	6	8.16	3	6.52173	5	16.65	26	268.9648	37	1233.21	11.5	38.295	10	33.3
13	1	0.368031	15.5	160.344	7	9.52	3	6.52173	5	16.65	10	103.448	40	1333.2	14.5	48.285	13.5	44.955
14	3	1.104093	20	206.896	5	6.8	2	4.34782	7	23.31	15	155.172	22.5	749.925	9	29.97	7	23.31
15	4	1.472124	18	186.206	7	9.52	4	8.69564	5	16.65	22	227.5856	45.5	1516.515	11	36.63	9	29.97
16	2	0.736062	22.5	232.758	6	8.16	3	6.52173	5	16.65	29	299.9992	47	1566.51	12	39.96	9	29.97
17	1	0.368031	13.5	139.655	7	9.52	3	6.52173	3	9.99	40	413.792	42.5	1416.525	13	43.29	11.5	38.295
18	3	1.104093	18	186.206	6.5	8.84	4	8.69564	5	16.65	26	268.9648	22	733.26	13	43.29	11	36.63
19	3	1.104093	19	196.551	6	8.16	3	6.52173	5	16.65	27	279.3096	39	1299.87	9.5	31.635	8	26.64
20	3	1.104093	22	227.586	6	8.16	3	6.52173	6	19.98	26	268.9648	46	1533.18	14	46.62	12.5	41.625
21	1	0.368031	22	227.586	6	8.16	3	6.52173	2	6.66	24	248.2752	49	1633.17	12.5	41.625	11	36.63
22	3	1.104093	24	248.275	6	8.16	3	6.52173	5	16.65	30	310.344	46	1533.18	11	36.63	9	29.97
23	3	1.104093	25	258.62	6	8.16	3	6.52173	5	16.65	23	237.9304	63	2099.79	9	29.97	7	23.31
24	3	1.104093	24	248.275	6.5	8.84	3	6.52173	5	16.65	14	144.8272	47	1566.51	10	33.3	7	23.31
25	2	0.736062	23	237.93	7	9.52	3	6.52173	4	13.32	36	372.4128	47	1566.51	9	29.97	7	23.31
26	3	1.104093	19	196.551	5	6.8	2	4.34782	6	19.98	23	237.9304	38	1266.54	10	33.3	7.5	24.975
27	2	0.736062	24	248.275	5	6.8	4	8.69564	4	13.32	34	351.7232	45	1499.85	11	36.63	9	29.97
28	4	1.472124	22	227.586	7	9.52	3	6.52173	5	16.65	30	310.344	37	1233.21	10	33.3	8	26.64
29	1	0.368031	28	289.654	6	8.16	3	6.52173	2.5	8.325	32	331.0336	34.5	1149.885	10	33.3	8	26.64
30	3	1.104093	17	175.862	6	8.16	2	4.34782	4	13.32	23	237.9304	75	2499.75	11	36.63	9	29.97
31	4	1.472124	24	248.275	7	9.52	3	6.52173	3	9.99	29	299.9992	50	1666.5	10	33.3	8	26.64
32	2	0.736062	25	258.62	7	9.52	5	10.86955	2	6.66	22	227.5856	35	1166.55	9	29.97	7	23.31
33	1	0.368031	21	217.241	8	10.88	4	8.69564	5	16.65	19	196.5512	55	1833.15	11	36.63	9	29.97
34	3	1.104093	17	175.862	6	8.16	3	6.52173	6	19.98	32	331.0336	42	1399.86	10	33.3	8	26.64
35	2	0.736062	26	268.965	7	9.52	3	6.52173	7	23.31	18	186.2064	45.7	1523.181	13	43.29	11.5	38.295

Continuacion Cuadro 23A

Lec. No.	X1	Conver	X2	Conver	X3	Conver	X4	Conver	X5	Conver	X6	Conver	X7	Conver	X8	Conver	X9	Conver
F=	0.368031	10X	10.3448	10X	1.36	100X	12.1739	40X	3.33	40X	10.345	10X	33.33	4X	3.33	40X	3.33	40X
36	4	1.472124	9.5	98.2756	6	8.16	3	6.52173	5.5	18.315	26	268.9648	42	1399.86	9	29.97	7	23.31
37	2	0.736062	26	268.965	7	9.52	3	6.52173	5	16.65	23	237.9304	36	1199.88	10.5	34.965	8	26.64
38	3	1.104093	21	217.241	7	9.52	3	6.52173	4	13.32	24	248.2752	44.5	1483.185	9	29.97	7	23.31
39	2	0.736062	17	175.862	6	8.16	3	6.52173	4	13.32	47	486.2056	37.5	1249.875	10	33.3	8	26.64
40	2	0.736062	27	279.31	6	8.16	4	8.69564	4	13.32	11	113.7928	36	1199.88	13	43.29	11	36.63
41	3	1.104093	20	206.896	7.5	10.2	4	8.69564	3	9.99	25	258.62	47	1566.51	8	26.64	6.5	21.645
42	3	1.104093	24.5	253.448	6	8.16	2	4.34782	5	16.65	22	227.5856	41	1366.53	12	39.96	10	33.3
43	2	0.736062	27	279.31	6	8.16	4	8.69564	7	23.31	42	434.4816	70	2333.1	12	39.96	10	33.3
44	1	0.368031	30.5	315.516	6	8.16	2	4.34782	5.5	18.315	27	279.3096	63.5	2116.455	15	49.95	13	43.29
45	2	0.736062	21	217.241	6	8.16	4	8.69564	5	16.65	18	186.2064	37	1233.21	11	36.63	8.5	28.305
46	3	1.104093	21	217.241	6	8.16	2	4.34782	4	13.32	31	320.6888	35	1166.55	8	26.64	6	19.98
47	1	0.368031	22	227.586	7	9.52	2	4.34782	5	16.65	32	331.0336	46	1533.18	11.5	38.295	10	33.3
48	2	0.736062	25	258.62	6	8.16	3	6.52173	5	16.65	24	248.2752	40	1333.2	14.5	48.285	13.5	44.955
49	2	0.736062	28	289.654	6	8.16	4	8.69564	5	16.65	27	279.3096	38	1266.54	9	29.97	7	23.31
50	3	1.104093	21	217.241	6.5	8.84	4	8.69564	5	16.65	35	362.068	33	1099.89	11	36.63	9	29.97
51	3	1.104093	32.5	336.206	6.5	8.84	3	6.52173	5	16.65	28	289.6544	41.5	1383.195	12	39.96	9	29.97
52	2	0.736062	27	279.31	6	8.16	2	4.34782	4.5	14.985	29	299.9992	51	1699.83	13	43.29	11.5	38.295
53	3	1.104093	20	206.896	6.5	8.84	3	6.52173	5	16.65	30	310.344	40	1333.2	13	43.29	11	36.63
54	2	0.736062	19	196.551	6	8.16	3	6.52173	4	13.32	30	310.344	30	999.9	9.5	31.635	8	26.64
55	3	1.104093	19	196.551	8	10.88	4	8.69564	5	16.65	32	331.0336	41	1366.53	14	46.62	12.5	41.625
56	3	1.104093	25	258.62	6	8.16	3	6.52173	5	16.65	27	279.3096	42	1399.86	12.5	41.625	11	36.63
57	3	1.104093	23	237.93	7	9.52	2	4.34782	5	16.65	31	320.6888	40.5	1349.865	11	36.63	9	29.97
58	2	0.736062	21	217.241	6	8.16	4	8.69564	3	9.99	18	186.2064	42	1399.86	9	29.97	7	23.31
59	4	1.472124	19.5	201.724	6	8.16	3	6.52173	4.5	14.985	18	186.2064	16	1533.18	10	33.3	7	23.31
60	2	0.736062	22	227.586	6.5	8.84	2	4.34782	4.5	14.985	16	165.5168	39	1299.87	9	29.97	7	23.31
61	3	1.104093	21	217.241	7	9.52	2	4.34782	5	16.65	8	82.7584	41.5	1383.195	10	33.3	7.5	24.975
62	3	1.104093	29	299.999	7	9.52	3	6.52173	3	9.99	29	299.9992	41	1366.53	11	36.63	9	29.97
63	3	1.104093	22.5	232.758	7	9.52	3	6.52173	4	13.32	28	289.6544	47.5	1583.175	10	33.3	8	26.64
64	2	0.736062	26	268.965	6.5	8.84	5	10.86955	4	13.32	32	331.0336	44.5	1483.185	10	33.3	8	26.64
65	3	1.104093	24	248.275	6	8.16	3	6.52173	5.5	18.315	32	331.0336	27	899.91	11	36.63	9	29.97
66	3	1.104093	22.5	232.758	7	9.52	3	6.52173	5	16.65	35	362.068	37.5	1249.875	10	33.3	8	26.64
67	3	1.104093	27	279.31	7	9.52	3	6.52173	4	13.32	32	331.0336	43	1433.19	9	29.97	7	23.31
68	2	0.736062	23.5	243.103	7	9.52	3	6.52173	3	9.99	15	155.172	42	1399.86	11	36.63	9	29.97
69	2	0.736062	27	279.31	6	8.16	3	6.52173	5	16.65	26	268.9648	44	1466.52	10	33.3	8	26.64
70	3	1.104093	25	258.62	6	8.16	2	4.34782	3.5	11.655	37	382.7576	50	1666.5	13	43.29	11.5	38.295

Continuacion Cuadro 23A

Lec. No.	X1	Conver	X2	Conver	X3	Conver	X4	Conver	X5	Conver	X6	Conver	X7	Conver	X8	Conver	X9	Conver
F=	0.368031	10X	10.3448	10X	1.36	100X	2.1739	40X	3.33	40X	10.345	10X	33.33	4X	3.33	40X	3.33	40X
71	4	1.472124	19	196.551	6	8.16	3	6.52173	5	16.65	34	351.7232	36	1199.88	14.5	48.285	13.5	44.955
72	3	1.104093	20	206.896	6	8.16	4	8.69564	4.5	14.985	32	331.0336	37.5	1249.875	9	29.97	7	23.31
73	1	0.368031	21	217.241	6.5	8.84	3	6.52173	6	19.98	9	93.1032	44	1466.52	11	36.63	9	29.97
74	3	1.104093	22	227.586	4	5.44	3	6.52173	5.5	18.315	28	289.6544	56	1866.48	12	39.96	9	29.97
75	2	0.736062	17	175.862	7	9.52	2	4.34782	6	19.98	30	310.344	37.5	1249.875	13	43.29	11.5	38.295
76	3	1.104093	17	175.862	7	9.52	3	6.52173	4.5	14.985	31	320.6888	29	966.57	13	43.29	11	36.63
77	1	0.368031	20	206.896	7	9.52	3	6.52173	4	13.32	32.5	336.206	39.5	1316.535	9.5	31.635	8	26.64
78	2	0.736062	19.5	201.724	5	6.8	4	8.69564	7	23.31	8	82.7584	39	1299.87	14	46.62	12.5	41.625
79	3	1.104093	18.5	191.379	5	6.8	4	8.69564	5	16.65	17	175.8616	33.5	1116.555	12.5	41.625	11	36.63
80	3	1.104093	21	217.241	5	6.8	2	4.34782	5	16.65	28	289.6544	70	2333.1	11	36.63	9	29.97
81	2	0.736062	24	248.275	7	9.52	3	6.52173	3	9.99	27	279.3096	45	1499.85	9	29.97	7	23.31
82	3	1.104093	18	186.206	6	8.16	3	6.52173	5	16.65	32	331.0336	30	999.9	10	33.3	7	23.31
83	3	1.104093	23.5	243.103	5.5	7.48	2	4.34782	5	16.65	30	310.344	45	1499.85	9	29.97	7	23.31
84	3	1.104093	20	206.896	8	10.88	3	6.52173	4	13.32	24	248.2752	45	1499.85	10	33.3	7.5	24.975
85	2	0.736062	23.5	243.103	6	8.16	3	6.52173	4.5	14.985	23	237.9304	36	1199.88	11	36.63	9	29.97
86	2	0.736062	18	186.206	7	9.52	4	8.69564	6	19.98	26	268.9648	36	1199.88	10	33.3	8	26.64
87	1	0.368031	27	279.31	7	9.52	3	6.52173	5	16.65	33	341.3784	49	1633.17	10	33.3	8	26.64
88	4	1.472124	25	258.62	6	8.16	4	8.69564	6	19.98	34	351.7232	45	1499.85	11	36.63	9	29.97
89	2	0.736062	23.5	243.103	8	10.88	4	8.69564	7	23.31	29	299.9992	34	1133.22	10	33.3	8	26.64
90	1	0.368031	19	196.551	6	8.16	5	10.86955	7.5	24.975	18	186.2064	44	1466.52	9	29.97	7	23.31
91	2	0.736062	26	268.965	6	8.16	3	6.52173	6	19.98	16	165.5168	41	1366.53	11	36.63	9	29.97
92	4	1.472124	21.5	222.413	6	8.16	3	6.52173	4	13.32	24	248.2752	43.5	1449.855	10	33.3	8	26.64
93	3	1.104093	24.5	253.448	6	8.16	3	6.52173	7	23.31	26	268.9648	34	1133.22	13	43.29	11.5	38.295
94	3	1.104093	28	289.654	6	8.16	3	6.52173	5	16.65	25	258.62	36	1199.88	9	29.97	7	23.31
95	4	1.472124	21.5	222.413	6	8.16	4	8.69564	5	16.65	29	299.9992	38	1266.54	10.5	34.965	8	26.64
96	3	1.104093	25	258.62	7	9.52	3	6.52173	5	16.65	13	134.4824	36	1199.88	9	29.97	7	23.31
97	2	0.736062	17	175.862	7	9.52	3	6.52173	6	19.98	32	331.0336	42	1399.86	10	33.3	8	26.64
98	2	0.736062	22	227.586	6	8.16	3	6.52173	4	13.32	34	351.7232	51	1699.83	13	43.29	11	36.63
99	3	1.104093	26	268.965	6	8.16	4	8.69564	4.5	14.985	24	248.2752	44	1466.52	8	26.64	6.5	21.645
100	3	1.104093	21.5	222.413	8	10.88	3	6.52173	3	9.99	26	268.9648	37	1233.21	12	39.96	10	33.3
MEDIA	2.449385	0.898845	21.7182	222.612	6.151	8.33	3.0803	6.60534192	4.66	15.3051923	25.079	257.376635	11.5	1361.78688	10.32	34.8049038	8.622	28.4971154
Des St. (S)	0.931934	0.349245	5.12247	59.2309	1.313	1.92737167	0.8587	2.06506216	1.279	4.72671524	8.3742	91.3670097	11.13	415.234792	2.843	8.98565959	2.342	8.4056427
VAR (S^2)	0.868501	0.121972	26.2397	3508.3	1.723	3.71476154	0.7374	4.26448175	1.635	22.341837	70.126	8347.93046	123.8	172419.932	8.083	80.7420784	5.485	70.6548292
Val Max.	4	1.472124	34	351.723	8	10.88	5	10.86955	7.5	24.975	47	486.2056	80	2666.4	15	49.95	13.5	44.955
Val Min.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CV%	38.04768	38.8549	23.5861	26.6072	21.34	23.1377151	27.879	31.2635165	27.44	30.883083	33.391	35.4993412	26.81	30.4919071	27.56	25.8172229	27.16	29.4964686

Cuadro 24a Características microscópicas de *Uatairea ludellii* (Standl.) Killip. Danto

Lec. No.	X1 0.649612	Conver 10X	X2 3.33	Conver 40X	X3 1.346	Conver 100X	X4 4.29	Conver 40X	X5 3.33	Conver 40X	X6 10	Conver 10X	X7 33.33	Conver 4X	X8 3.33	Conver 40X	X9 3.33	Conver 40X
1	5	3.24806	56	186.48	7	9.422	5	21.45	10	33.3	20	200	69	2299.77	8	26.64	5	16.65
2	5	3.24806	47	156.51	7	9.422	3	12.87	14	46.62	25	250	43	1433.19	7	23.31	5	16.65
3	5	3.24806	68	226.44	7.5	10.095	4	17.16	8	26.64	33	330	51	1699.83	7	23.31	5	16.65
4	10	6.49612	68	226.44	9	12.114	4	17.16	6	19.98	22	220	56	1866.48	8	26.64	6	19.98
5	6	3.897672	64	213.12	7	9.422	3	12.87	7	23.31	26	260	48	1599.84	8	26.64	6	19.98
6	3	1.948836	48	159.84	7	9.422	4	17.16	3	9.99	19	190	56	1866.48	7	23.31	5	16.65
7	4	2.598448	78	259.74	7.8	10.4988	3	12.87	7	23.31	25	250	52	1733.16	8.2	27.306	6.3	20.979
8	9	5.846508	62	206.46	8	10.768	4	17.16	6	19.98	22	220	40.5	1349.865	8.5	28.305	6	19.98
9	4	2.598448	65	216.45	6	8.076	4	17.16	5	16.65	19	190	65	2166.45	5.5	18.315	3	9.99
10	4	2.598448	72	239.76	6	8.076	3	12.87	10	33.3	25	250	51	1699.83	6	19.98	4	13.32
11	5	3.24806	52	173.16	8.2	11.0372	4	17.16	7	23.31	12	120	45	1499.85	7	23.31	5	16.65
12	9	5.846508	69	229.77	9	12.114	3	12.87	5	16.65	50	500	31.5	1049.895	6	19.98	4	13.32
13	4	2.598448	69	229.77	6	8.076	3	12.87	9	29.97	20	200	61	2033.13	6.2	20.646	4	13.32
14	4	2.598448	60	199.8	7	9.422	4	17.16	7	23.31	10	100	60.5	2016.465	6	19.98	3.5	11.655
15	5	3.24806	50	166.5	9	12.114	4	17.16	10	33.3	26	260	70	2333.1	7	23.31	5	16.65
16	8	5.196896	58	193.14	7	9.422	4	17.16	8	26.64	26	260	38	1266.54	6	19.98	4	13.32
17	3	1.948836	69	229.77	5	6.73	5	21.45	11	36.63	22	220	52	1733.16	5	16.65	3	9.99
18	5	3.24806	69	229.77	6	8.076	4	17.16	8	26.64	19	190	54.3	1809.819	6	19.98	4	13.32
19	4	2.598448	72	239.76	7	9.422	5	21.45	6	19.98	25	250	67	2233.11	6	19.98	4	13.32
20	8	5.196896	65	216.45	7	9.422	4	17.16	8	26.64	15	150	65.2	2173.116	7	23.31	5	16.65
21	5	3.24806	70	233.1	6	8.076	3	12.87	10	33.3	6	60	67	2233.11	6.5	21.645	4	13.32
22	5	3.24806	82	273.06	7	9.422	3	12.87	6	19.98	16	160	70	2333.1	4	13.32	2	6.66
23	4	2.598448	70	233.1	5	6.73	6	25.74	9	29.97	14	140	53	1766.49	9	29.97	7	23.31
24	9	5.846508	67	223.11	7	9.422	5	21.45	5	16.65	54	540	36.5	1216.545	8	26.64	6	19.98
25	6	3.897672	62	206.46	5	6.73	3	12.87	10	33.3	18	180	51	1699.83	10	33.3	7	23.31
26	5	3.24806	79	263.07	6	8.076	4	17.16	10	33.3	22	220	69	2299.77	5	16.65	3	9.99
27	6	3.897672	56	186.48	8	10.768	5	21.45	6	19.98	28	280	47	1566.51	6.5	21.645	4.5	14.985
28	8	5.196896	109	362.97	7.5	10.095	3	12.87	7	23.31	32	320	63	2099.79	8	26.64	4.7	15.651
29	3	1.948836	54	179.82	6	8.076	4	17.16	6	19.98	17	170	49	1633.17	4	13.32	2	6.66
30	5	3.24806	69	229.77	7	9.422	4	17.16	11	36.63	32	320	69.5	2316.435	6	19.98	3.5	11.655
31	10	6.49612	55	183.15	7.5	10.095	3	12.87	8	26.64	30	300	63	2099.79	7	23.31	5	16.65
32	10	6.49612	80	266.4	9	12.114	3	12.87	6	19.98	34	340	56	1866.48	8.5	28.305	5.5	18.315
33	6	3.897672	65	216.45	5	6.73	5	21.45	7	23.31	20	200	56	1866.48	6	19.98	3.5	11.655
34	5	3.24806	55	183.15	5	6.73	4	17.16	7	23.31	37	370	52	1733.16	4	13.32	2.3	7.659
35	5	3.24806	69	229.77	12	16.152	4	17.16	6	19.98	31	310	63	2099.79	8	26.64	6	19.98

Continuacion Cuadro 24A

Lec. No.	X1 0.649612	Conver 10X	X2 3.33	Conver 40X	X3 1.346	Conver 100X	X4 4.29	Conver 40X	X5 3.33	Conver 40X	X6 10	Conver 10X	X7 33.33	Conver 4X	X8 3.33	Conver 40X	X9 3.33	Conver 40X
36	8	5.196896	72	239.76	7	9.422	4	17.16	9	29.97	10	400	57	1899.81	8	26.64	6	19.98
37	5	3.24806	30	99.9	5	6.73	4	17.16	6	19.98	25	250	50	1666.5	4	13.32	2	6.66
38	6	3.897672	55	183.15	6	8.076	3	12.87	9	29.97	36	360	46	1533.18	6	19.98	4	13.32
39	4	2.598448	50	166.5	10	13.46	3	12.87	6	19.98	20	200	61	2033.13	5	16.65	3	9.99
40	9	5.846508	66	219.78	8	10.768	3	12.87	5	16.65	18	180	58	1933.14	7.5	24.975	4.5	14.985
41	5	3.24806	61	203.13	6	8.076	5	21.45	5	16.65	30	300	54.5	1816.485	7	23.31	5	16.65
42	6	3.897672	45	149.85	5	6.73	4	17.16	7	23.31	35	350	53	1766.49	6	19.98	4	13.32
43	6	3.897672	67	223.11	9	12.114	4	17.16	10	33.3	14	140	46.5	1549.845	7	23.31	5	16.65
44	10	6.49612	75	249.75	6	8.076	4	17.16	8	26.64	26	260	52	1733.16	7	23.31	5	16.65
45	5	3.24806	55	183.15	6	8.076	4	17.16	8	26.64	25	250	66	2199.78	6.5	21.645	4	13.32
46	3	1.948836	81	269.73	7	9.422	5	21.45	10	33.3	33	330	58	1933.14	6	19.98	4	13.32
47	8	5.196896	80	266.4	8	10.768	4	17.16	12	39.96	8	80	51.2	1706.496	8	26.64	6	19.98
48	6	3.897672	54	179.82	6	8.076	3	12.87	5	16.65	18	180	54	1799.82	7	23.31	5	16.65
49	8	5.196896	54	179.82	6	8.076	4	17.16	6	19.98	14	140	58	1933.14	7	23.31	4	13.32
50	4	2.598448	58	193.14	7	9.422	5	21.45	6	19.98	23	230	37.7	1256.541	7	23.31	4	13.32
51	7	4.547284	60	199.8	10	13.46	4	17.16	8	26.64	11	110	50	1666.5	8	26.64	6	19.98
52	5	3.24806	74	246.42	7	9.422	3	12.87	9	29.97	28	280	41.5	1383.195	7	23.31	5	16.65
53	5	3.24806	67	223.11	6	8.076	4	17.16	8	26.64	28	280	46	1533.18	6	19.98	4	13.32
54	6	3.897672	43	143.19	6.5	8.749	4	17.16	10	33.3	18	180	52	1733.16	5.5	18.315	4	13.32
55	6	3.897672	75	249.75	7	9.422	5	21.45	7	23.31	21	210	60.5	2016.465	7	23.31	5	16.65
56	5	3.24806	74	246.42	5.5	7.403	4	17.16	6	19.98	19	190	59	1966.47	6.5	21.645	4	13.32
57	4	2.598448	58	193.14	7	9.422	4	17.16	10	33.3	19	190	53	1766.49	6	19.98	4	13.32
58	5	3.24806	60	199.8	7	9.422	4	17.16	5	16.65	23	230	54	1799.82	6	19.98	4	13.32
59	7	4.547284	69	229.77	6	8.076	4	17.16	7	23.31	18	180	53	1766.49	7.5	24.975	5.5	18.315
60	6	3.897672	57	189.81	7	9.422	5	21.45	9	29.97	25	250	54	1799.82	6	19.98	4	13.32
61	5	3.24806	60	199.8	7	9.422	3	12.87	6	19.98	31	310	63	2099.79	7	23.31	5	16.65
62	10	6.49612	56	186.48	6	8.076	4	17.16	5	16.65	15	150	48	1599.84	6	19.98	4	13.32
63	8	5.196896	56	186.48	5.5	7.403	5	21.45	6	19.98	12	120	53.5	1783.155	9	29.97	7	23.31
64	6	3.897672	63	209.79	6	8.076	3	12.87	9	29.97	30	300	47	1566.51	6	19.98	4	13.32
65	6	3.897672	65	216.45	6	8.076	6	25.74	10	33.3	21	210	50	1666.5	6	19.98	3.7	12.321
66	11	7.145732	70	233.1	6.5	8.749	2	8.58	5	16.65	28	280	69	2799.77	6.3	20.979	5	16.65
67	5	3.24806	67	223.11	5.5	7.403	5	21.45	6	19.98	19	190	62	2066.46	7	23.31	5	16.65
68	6	3.897672	61	203.13	8	10.768	4	17.16	8	26.64	34	340	54	1799.82	7	23.31	5	16.65
69	4	2.598448	65	216.45	7	9.422	4	17.16	10	33.3	35	350	60	1999.8	6	19.98	4	13.32
70	10	6.49612	66	219.78	6.3	8.4798	3	12.87	8	26.64	20	200	46.8	1559.844	6.7	22.311	5	16.65

Continuacion Cuadro 24A

Lec. No.	X1	Conver	X2	Conver	X3	Conver	X4	Conver	X5	Conver	X6	Conver	X7	Conver	X8	Conver	X9	Conver	
	0.649612	10X	3.33	40X	1.346	100X	4.29	40X	3.33	40X	10	10X	33.33	4X	3.33	40X	3.33	40X	
71	5	3.24806	80	266.4	8	10.768	4	17.16	8	26.64	25	250	52	1733.16	8	26.64	6	19.98	
72	5	3.24806	72	239.76	8	10.768	3	12.87	6	19.98	22	220	35	1166.55	7	23.31	5	16.65	
73	6	3.897672	45	149.85	6	8.076	4	17.16	5	16.65	20	200	73.5	2449.755	6	19.98	4	13.32	
74	6	3.897672	61	203.13	5.5	7.403	4	17.16	5	16.65	18	180	64	2133.12	6.5	21.645	1.5	14.985	
75	5	3.24806	70	233.1	5	6.73	3	12.87	7	23.31	30	300	51	4699.83	6	19.98	4	13.32	
76	5	3.24806	67	223.11	5	6.73	4	17.16	7	23.31	23	230	42.5	1416.525	6	19.98	4	13.32	
77	4	2.598448	42	139.86	7	9.422	3	12.87	6	19.98	28	280	55	1833.15	5	16.65	3	9.99	
78	7	5.846508	66	219.78	5.4	7.2684	4	17.16	11	36.63	19	190	57	1899.81	5.5	18.315	3.5	11.655	
79	5	3.24806	68	226.44	7	9.422	3	12.87	10	33.3	22	220	70	2333.1	7	23.31	5	16.65	
80	4	2.598448	61	203.13	9	12.114	4	17.16	5	16.65	22	220	36	1199.88	7	23.31	5	16.65	
81	10	6.49612	37	123.21	7	9.422	4	17.16	8	26.64	20	200	59	1966.47	6	19.98	4	13.32	
82	6	3.897672	62	206.46	7	9.422	3	12.87	7	23.31	20	200	53.5	1783.155	5	16.65	3	9.99	
83	4	2.598448	56	186.48	5	6.73	4	17.16	9	29.97	24	240	55	1833.15	8	26.64	6	19.98	
84	6	3.897672	40	133.2	6	8.076	3	12.87	10	33.3	22	220	36	1199.88	8	26.64	6	19.98	
85	8	5.196896	28	93.24	6	8.076	4	17.16	7	23.31	20	200	60	1999.8	6	19.98	4	13.32	
86	5	3.24806	73	243.09	7	9.422	5	21.45	8	26.64	19	190	52.5	1749.825	5.5	18.315	4	13.32	
87	5	3.24806	63	209.79	7	9.422	4	17.16	9	29.97	23	230	45	1499.85	6.5	21.645	5.5	18.315	
88	6	3.897672	64	213.12	10	13.46	5	21.45	6	19.98	27	270	58.5	1949.805	9	29.97	7	23.31	
89	6	3.897672	20	66.6	7	9.422	5	21.45	6	19.98	21	210	54	1799.82	5	16.65	3	9.99	
90	5	3.24806	64	213.12	6	8.076	4	17.16	9	29.97	24	240	50	1666.5	8	26.64	6	19.98	
91	5	3.24806	67	223.11	7	9.422	4	17.16	11	36.63	32	320	42.9	1429.857	7.5	24.975	6.5	21.645	
92	6	3.897672	32	106.56	6	8.076	4	17.16	9	29.97	15	150	41.2	1373.196	8	26.64	6	19.98	
93	5	3.24806	34	113.22	7	9.422	4	17.16	10	33.3	28	280	45	1499.85	6	19.98	4	13.32	
94	6	3.897672	73	243.09	7	9.422	3	12.87	8	26.64	48	480	46	1533.18	7.7	25.641	6	19.98	
95	5	3.24806	54	179.82	8	10.768	5	21.45	8	26.64	23	230	61	2033.13	6.5	21.645	4.5	14.985	
96	4	2.598448	42	139.86	6	8.076	4	17.16	11	36.63	26	260	47.7	1573.176	7	23.31	5	16.65	
97	5	3.24806	42	139.86	6	8.076	3	12.87	7	23.31	17	170	62	2066.46	5	16.65	3	9.99	
98	6	3.897672	63	209.79	6	8.076	6	25.74	10	33.3	16	160	42	1399.86	8	26.64	6	19.98	
99	5	3.24806	70	233.1	5	6.73	4	17.16	12	39.96	22	220	58	1933.14	7	23.31	5	16.65	
100	5	3.24806	26	86.58	7	9.422	4	17.16	6	19.98	23	230	44	1466.52	6.5	21.645	4	13.32	
MEDIA	5.675954	3.67905258	58.85	195.765577	6.566	8.80335769	3.86	16.21125	7.51	24.7	27	270	52.27	1720.66125	6.361	21.3760385	4.49	14.7288162	
Des St. (S)	2.115267	1.39445775	17.55	59.1317089	1.731	2.44587975	0.94	4.6065373	2.33	8.28	11	110	31.3407376	11.84	453.858797	1.748	5.70566521	1.29	4.72227101
VAR (S^2)	4.474353	1.94451241	308	3496.559	2.998	5.98232777	0.88	21.2201859	5.44	68.628924	77	8343.03809	140.2	205987.803	3.057	32.5546155	1.65	22.2998435	
Val Max.	11	7.145732	109	362.97	12	16.152	6	25.74	14	46.62	54	540	73.5	2449.755	10	33.3	7	23.31	
Val Min.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
COZ.	37.26716	37.9026317	29.82	30.205366	26.37	27.7834872	24.2	28.4156823	31.1	33.4273457	38	40.0648848	22.65	26.3769985	27.49	26.6918738	28.7	32.0613778	

Cuadro 25A Características microscópicas de *Zanthoxylum belizense* Lundell.

Lagarto

Lectura No.	X1		X2		X3		X4		X5		X6		X7		X8		X9	
	10X	Conv	40X	Conv	100X	Conv	10X	Conv	40X	Conv	10X	Conv	4X	Conv	40X	Conv	40X	Conv
	0.368		3.33		1.36		2.174		3.33		10.3448		33.33		3.33		3.33	
1	6	2.208	20	66.6	4	5.44	3	6.522	3	9.99	4	41.38	29	966.57	6	19.98	5	16.65
2	6	2.208	21	69.93	4	5.44	3	6.522	3	9.99	4.5	46.55	29.2	973.24	6	19.98	5	16.65
3	6	2.208	21	69.93	4	5.44	3	6.522	4	13.32	4.5	46.55	30	999.9	6	19.98	5	16.65
4	6	2.208	21	69.93	4	5.44	3	6.522	5	16.65	5	51.72	31	1033.2	6	19.98	5	16.65
5	6	2.208	21	69.93	4	5.44	3	6.522	5	16.65	5	51.72	33	1099.9	7	23.31	5	16.65
6	6	2.208	22	73.26	4	5.44	4	8.696	5	16.65	5	51.72	34	1133.2	7	23.31	5	16.65
7	6	2.208	22	73.26	4	5.44	4	8.696	5	16.65	5	51.72	34	1133.2	7	23.31	5	16.65
8	6	2.208	23	76.59	4	5.44	4	8.696	5	16.65	5	51.72	34	1133.2	7	23.31	5	16.65
9	6	2.208	23	76.59	4	5.44	4	8.696	5	16.65	5	51.72	35	1166.6	7	23.31	5	16.65
10	6	2.208	23.5	78.26	4	5.44	4	8.696	5.5	18.32	5	51.72	35	1166.6	7	23.31	5	16.65
11	6	2.208	25	83.25	4	5.44	4	8.696	6	19.98	6	62.07	35	1166.6	7	23.31	5	16.65
12	6	2.208	25	83.25	4	5.44	4	8.696	6	19.98	6	62.07	35	1166.6	7	23.31	5	16.65
13	6	2.208	25.5	84.92	4	5.44	4	8.696	6	19.98	6	62.07	35	1166.6	7	23.31	5	16.65
14	6	2.208	26	86.58	4	5.44	4	8.696	6	19.98	7	72.41	35.5	1183.2	7	23.31	5	16.65
15	6	2.208	26	86.58	4	5.44	4	8.696	6	19.98	7	72.41	36	1199.9	7	23.31	5	16.65
16	6	2.208	26	86.58	4.5	6.12	4	8.696	6	19.98	7	72.41	36	1199.9	7	23.31	5	16.65
17	6	2.208	26	86.58	4.5	6.12	4	8.696	6.5	21.65	7	72.41	36	1199.9	7	23.31	5.5	18.32
18	6	2.208	26.5	88.25	4.5	6.12	4	8.696	7	23.31	7	72.41	36.2	1206.5	7	23.31	5.5	18.32
19	7	2.576	26.5	88.25	4.5	6.12	4	8.696	7	23.31	7.5	77.59	37	1233.2	7	23.31	5.5	18.32
20	7	2.576	27	89.91	4.5	6.12	4	8.696	7	23.31	8	82.76	37	1233.2	8	26.64	5.5	18.32
21	7	2.576	27	89.91	4.5	6.12	4	8.696	7	23.31	8	82.76	37	1233.2	8	26.64	5.5	18.32
22	7	2.576	27	89.91	4.5	6.12	4	8.696	7	23.31	8.5	87.93	37	1233.2	8	26.64	5.5	18.32
23	7	2.576	27	89.91	4.5	6.12	4	8.696	7	23.31	9	93.1	37	1233.2	8	26.64	5.5	18.32
24	7	2.576	27	89.91	4.5	6.12	4	8.696	7	23.31	9	93.1	37	1233.2	8	26.64	5.5	18.32
25	7	2.576	27	89.91	5	6.8	4	8.696	7	23.31	9	93.1	37	1233.2	8	26.64	6	19.98
26	7	2.576	27	89.91	5	6.8	4	8.696	7.5	24.98	9	93.1	37	1233.2	8	26.64	6	19.98
27	7	2.576	27	89.91	5	6.8	4	8.696	7.5	24.98	10	103.4	37.2	1239.9	8	26.64	6	19.98
28	7	2.576	27.5	91.58	5	6.8	4	8.696	7.5	24.98	10	103.4	37.3	1243.2	8	26.64	6	19.98
29	7	2.576	28	93.24	5	6.8	4	8.696	8	26.64	10	103.4	38	1266.5	8	26.64	6	19.98
30	7	2.576	28	93.24	5	6.8	4	8.696	8	26.64	10	103.4	38	1266.5	8	26.64	6	19.98
31	7	2.576	29	96.57	5	6.8	4	8.696	8	26.64	10	103.4	38	1266.5	8	26.64	6	19.98
32	7	2.576	29	96.57	5	6.8	4	8.696	8	26.64	11	113.8	38	1266.5	8	26.64	6	19.98
33	7	2.576	29	96.57	5	6.8	4	8.696	8	26.64	11	113.8	38	1266.5	8	26.64	6	19.98
34	7	2.576	29	96.57	5	6.8	4	8.696	8	26.64	12	124.1	38	1266.5	8	26.64	6	19.98
35	7	2.576	29.5	98.24	5	6.8	4	8.696	8	26.64	12	124.1	38	1266.5	8	26.64	6	19.98

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 Biblioteca Central

Continuacion Cuadro 25

Lectura No.	X1 10X 0.368	Conv	X2 40X=3. 3.33	Conv	X3 100X=1 1.36	Conv	X4 40X 2.174	Conv	X5 40X=3. 3.33	Conv	X6 10X=10.3 10.3448	Conv	X7 4X=33.3 33.33	Conv	X8 40X=3. 3.33	Conv	X9 40X=3. 3.33	Conv
36	7	2.576	30	99.9	5	6.8	5	10.87	8	26.64	13	134.5	38.7	1289.9	8	26.64	6	19.98
37	7	2.576	30	99.9	5	6.8	5	10.87	8.5	28.31	14	144.8	39	1299.9	8	26.64	6	19.98
38	7	2.576	30	99.9	5	6.8	5	10.87	8.5	28.31	15	155.2	39	1299.9	8	26.64	6	19.98
39	7	2.576	30	99.9	5	6.8	5	10.87	9	29.97	15	155.2	39	1299.9	8	26.64	6	19.98
40	7	2.576	31	103.2	5	6.8	5	10.87	9	29.97	15	155.2	39	1299.9	8	26.64	6	19.98
41	7	2.576	31	103.2	5	6.8	5	10.87	9	29.97	15	155.2	39	1299.9	8	26.64	6	19.98
42	7	2.576	31	103.2	5	6.8	5	10.87	9	29.97	16	165.5	39.2	1306.5	8	26.64	6	19.98
43	7	2.576	31	103.2	5	6.8	5	10.87	9	29.97	16	165.5	40	1333.2	8	26.64	6	19.98
44	7	2.576	31.5	104.9	5	6.8	5	10.87	9	29.97	16	165.5	40	1333.2	8	26.64	6	19.98
45	7	2.576	31.5	104.9	5	6.8	5	10.87	9	29.97	16	165.5	40	1333.2	8	26.64	6	19.98
46	7	2.576	32	106.6	5	6.8	5	10.87	9	29.97	16.5	170.7	40	1333.2	8	26.64	6	19.98
47	8	2.944	32	106.6	5	6.8	5	10.87	9	29.97	18	186.2	40	1333.2	8	26.64	6	19.98
48	8	2.944	32	106.6	5	6.8	5	10.87	9.5	31.64	18	186.2	40.5	1349.9	8	26.64	6	19.98
49	8	2.944	32	106.6	5	6.8	5	10.87	10	33.3	18	186.2	40.5	1349.9	8	26.64	6	19.98
50	8	2.944	32	106.6	5	6.8	5	10.87	10	33.3	18	186.2	40.5	1349.9	8	26.64	6.5	21.65
51	8	2.944	32	106.6	5	6.8	5	10.87	10	33.3	18	186.2	41	1366.5	8	26.64	6.5	21.65
52	8	2.944	32	106.6	5	6.8	5	10.87	10	33.3	19	196.6	41	1366.5	8	26.64	6.5	21.65
53	8	2.944	32	106.6	5	6.8	5	10.87	10	33.3	19	196.6	41	1366.5	8	26.64	6.5	21.65
54	8	2.944	33	109.9	5	6.8	5	10.87	10	33.3	19	196.6	41.2	1373.2	8	26.64	6.5	21.65
55	8	2.944	33	109.9	5	6.8	5	10.87	10	33.3	20	206.9	41.5	1383.2	8	26.64	6.5	21.65
56	8	2.944	33	109.9	5	6.8	5	10.87	10	33.3	20	206.9	41.5	1383.2	8	26.64	6.5	21.65
57	8	2.944	34	113.2	5	6.8	5	10.87	10	33.3	20	206.9	42	1399.9	8.5	28.31	6.5	21.65
58	8	2.944	34	113.2	5	6.8	5	10.87	10	33.3	21	217.2	42	1399.9	8.5	28.31	6.5	21.65
59	8	2.944	35	116.6	5	6.8	5	10.87	10	33.3	21	217.2	42	1399.9	8.5	28.31	6.5	21.65
60	8	2.944	35.5	118.2	5	6.8	5	10.87	10	33.3	21	217.2	42	1399.9	8.5	28.31	7	23.31
61	8	2.944	36	119.9	5	6.8	5	10.87	10	33.3	22	227.6	42.3	1409.9	8.5	28.31	7	23.31
62	8	2.944	36	119.9	5	6.8	5	10.87	10	33.3	22	227.6	42.5	1416.5	8.5	28.31	7	23.31
63	8	2.944	36	119.9	5	6.8	5	10.87	10	33.3	22	227.6	43	1433.2	8.5	28.31	7	23.31
64	8	2.944	36	119.9	5	6.8	5	10.87	10	33.3	22	227.6	43	1433.2	8.5	28.31	7	23.31
65	8	2.944	36	119.9	5	6.8	5	10.87	10	33.3	23	237.9	43.5	1449.9	8.5	28.31	7	23.31
66	8	2.944	36	119.9	5	6.8	5	10.87	10	33.3	23	237.9	43.5	1449.9	8.5	28.31	7	23.31
67	8	2.944	36	119.9	5	6.8	5	10.87	10	33.3	23	237.9	43.7	1456.5	8.5	28.31	7	23.31
68	9	3.312	36	119.9	5	6.8	5	10.87	10	33.3	23	237.9	44	1466.5	9	29.97	7	23.31
69	9	3.312	37	123.2	5	6.8	5	10.87	10	33.3	23	237.9	44.5	1483.2	9	29.97	7	23.31
70	9	3.312	37	123.2	5	6.8	5	10.87	11	36.63	23	237.9	44.5	1483.2	9	29.97	7	23.31

Continuacion Cuadro 25

Lectura No.	X1 10X 0.368	Conv	X2 40X=3. 3.33	Conv	X3 100X=1 1.36	Conv	X4 40X 2.174	Conv	X5 40X=3. 3.33	Conv	X6 10X=10.3 10.3448	Conv	X7 4X=33.3 33.33	Conv	X8 40X=3. 3.33	Conv	X9 40X=3. 3.33	Conv
71	9	3.31	37	123	5	6.8	5	109	11	36.6	24	248	44.5	1483	9	30	7	23.3
72	9	3.312	37	123.2	5.5	7.48	5	10.87	11	36.63	24	248.3	45	1499.9	9	29.97	7	23.31
73	9	3.312	37.5	124.9	5.5	7.48	5	10.87	11	36.63	24	248.3	45	1499.9	9	29.97	7	23.31
74	9	3.312	38	126.5	5.5	7.48	5	10.87	11	36.63	25	258.6	45	1499.9	9	29.97	7	23.31
75	9	3.312	38	126.5	5.5	7.48	5	10.87	11	36.63	25	258.6	45	1499.9	9	29.97	7	23.31
76	9	3.312	38	126.5	5.5	7.48	5	10.87	11	36.63	25	258.6	45	1499.9	9	29.97	7	23.31
77	9	3.312	38	126.5	5.5	7.48	5	10.87	11	36.63	26	269	45	1499.9	9	29.97	7	23.31
78	9	3.312	39	129.9	6	8.16	6	13.04	11	36.63	28	289.7	45	1499.9	9	29.97	7	23.31
79	10	3.68	39	129.9	6	8.16	6	13.04	11	36.63	29	300	45	1499.9	9	29.97	7	23.31
80	10	3.68	39	129.9	6	8.16	6	13.04	11	36.63	30	310.3	45	1499.9	9	29.97	7	23.31
81	10	3.68	39	129.9	6	8.16	6	13.04	11	36.63	30	310.3	45.3	1509.8	9	29.97	7	23.31
82	10	3.68	39	129.9	6	8.16	6	13.04	11.5	38.3	30	310.3	45.5	1516.5	9	29.97	7.5	24.98
83	10	3.68	39	129.9	6	8.16	6	13.04	12	39.96	31	320.7	45.5	1516.5	9	29.97	7.5	24.98
84	10	3.68	40	133.2	6	8.16	6	13.04	12	39.96	31	320.7	46	1533.2	9	29.97	7.5	24.98
85	10	3.68	40	133.2	6	8.16	6	13.04	12	39.96	31	320.7	46	1533.2	9	29.97	7.5	24.98
86	10	3.68	40	133.2	6	8.16	6	13.04	12	39.96	31	320.7	46.2	1539.8	10	33.3	7.5	24.98
87	11	4.048	41	136.5	6	8.16	6	13.04	12	39.96	32	331	46.5	1549.8	10	33.3	7.5	24.98
88	11	4.048	41	136.5	6	8.16	6	13.04	12	39.96	32	331	47	1566.5	10	33.3	8	26.64
89	11	4.048	41	136.5	6	8.16	6	13.04	12	39.96	32	331	47	1566.5	10	33.3	8	26.64
90	11	4.048	41.5	138.2	6	8.16	6	13.04	13	43.29	33	341.4	47	1566.5	10	33.3	8	26.64
91	11	4.048	42	139.9	6	8.16	6	13.04	13	43.29	34	351.7	47	1566.5	10	33.3	8	26.64
92	11	4.048	42	139.9	6	8.16	6	13.04	13	43.29	34	351.7	47	1566.5	10	33.3	8	26.64
93	12	4.416	42	139.9	6	8.16	6	13.04	13	43.29	34	351.7	47	1566.5	10	33.3	8	26.64
94	12	4.416	42.5	141.5	6	8.16	6	13.04	13	43.29	34	351.7	47.4	1579.8	10	33.3	8	26.64
95	12	4.416	43	143.2	6	8.16	6	13.04	13	43.29	36	372.4	47.5	1583.2	11	36.63	8.5	28.31
96	12	4.416	45	149.9	6	8.16	6	13.04	14	46.62	36	372.4	47.5	1583.2	11	36.63	8.5	28.31
97	12	4.416	46	153.2	7	9.52	6	13.04	14	46.62	43	444.8	47.7	1589.8	11	36.63	8.5	28.31
98	13	4.784	47	156.5	8	10.88	7	15.22	14	46.62	48	496.6	48	1599.8	11	36.63	9	29.97
99	13	4.784	47	156.5	8	10.88	7	15.22	15	49.95	50	517.2	50.5	1683.2	11	36.63	9	29.97
100	13	4.784	49	163.2	8	10.88	7	15.22	15	49.95	51	527.6	51	1699.8	11	36.63	9	29.97
MEDIA	7.7051	2.944	31.053	107.2	4.87	6.715	4.626	11.32	8.794	30.21	18.13386	192.8	39.1392	1308.2	7.9543	27.31	6.1619	21.11
Des St.	2.5977	0.798	9.8364	26.9	1.351	1.73	1.314	10.02	3.1891	9.645	11.29725	115.5	9.09267	304.75	2.04	5.374	1.6404	4.546
VAR (S^2)	6.7479	0.637	86.754	723.4	1.8251	2.994	1.728	100.3	10.17	93.02	127.6279	13348	82.6767	92875	4.1618	28.88	2.6908	20.66
Val Max.	13	4.784	49	163.2	8	10.88	7	109	15	49.95	51	527.6	51	1699.8	11	36.63	9	29.97
Val Min.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CV%	33.714	27.12	31.676	25.08	27.74	25.77	28.41	88.48	36.264	31.92	62.29919	59.91	23.2316	23.295	25.647	19.68	26.621	21.54

Cuadro 26A Datos promedio de peso verde y seco (gr/cc), volumen verde y seco (gr/cc), dimension radial, tangencial y longitudinal en verde y seco (cm.) de las especies estudiadas.

Especie	PU	PS	UU	US	DRU	DTU	DLU	DRS	DS	DLS
A	119.27	57.45	189.11	173.74	3.11	5.3075	11.457	3.007	5.064	11.41
A	176.33	83.32	193.18	177.1	3.1133	5.3117	11.6817	3.006	5.076	11.607
A	189.84	94.32	190.9	174.22	3.1325	5.1417	11.8525	3.027	4.876	11.804
A	185.36	84.64	179.98	165.49	3.0136	4.951	12.063	2.9225	4.714	12.0125
D	141.68	90.56	131.11	115.73	3.167	5.33	7.78	3.0075	4.699	7.7117
D	131.08	72.85	123.77	110.54	3.0711	5.1417	7.8383	2.8825	4.9058	7.817
D	142.29	75.59	125.33	113.57	3.14083	5.1033	7.81917	3.0175	4.8217	7.8058
D	135.85	75.94	118.56	105.98	3.0583	4.96	7.8158	2.9425	4.634	7.7725
J	187.11	132.33	157.78	144.4	3.1283	5.0425	10.0025	3.113	4.656	9.963
J	210.14	159.75	162.21	149.08	3.1242	4.9625	10.463	3.0075	4.7517	10.4325
J	211.13	172.87	162.98	149.13	3.1192	5.04417	10.295	3.0025	4.8693	10.2008
J	198.82	151.61	154.96	142.31	3.0808	4.9955	10.0692	2.9558	4.7975	10.0358
L	79.92	48.75	109.29	100.21	2.4817	5.0025	8.8033	2.4258	4.6983	8.7925
L	69.54	40.13	134.85	125.44	3.14083	5.033	8.5308	3.074	4.809	8.485
L	82.62	46.16	131.49	119.4	3.127	4.8308	8.7042	3.039	4.538	8.658
C	130.68	67.65	136.51	122.71	3.1	5.29917	8.31	2.952	5.0217	8.278
C	110.24	57.09	126.42	118.06	3.0475	5.0775	8.17	2.9725	4.878	8.1425
C	90.67	44.74	124.9	117.59	3.09	5.0675	7.9767	3.0117	4.9158	7.9425
P	118.57	38.72	119.14	110.66	3.1033	4.8458	7.9225	3.039	4.603	7.9108
P	106.59	44.68	121.82	94.59	3.1979	4.8075	7.9242	2.677	4.485	7.878
P	85.83	30.64	101.6	94.61	3.0623	4.1717	7.9508	3.005	3.965	7.9408

## LEYENDA:

A: <i>Bombax ellipticum</i> HBK.	Amapola
D: <i>Uatairea lundellii</i> (Standl.) Killip.	Danto
J: <i>Astronium graveolens</i> Jack.	Jobillo
L: <i>Zanthoxylum belizense</i> Lundell.	Lagarto
C: <i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	Palo jote
P: <i>Schizolobium parahybum</i> (Vell.) Blake.	Plumajillo
PU: Peso verde en gramos.	
PS: Peso seco en gramos.	
UU: Volumen verde en cc.	
US: Volumen seco en cc.	
DRU: Dimension radial verde en cm.	
DTU: Dimension tangencial verde en cm.	
DLU: Dimension longitudinal verde en cm.	
DRS: Dimension radial seca en cm.	
DS: Dimension tangencial seca en cm.	
DLS: Dimension longitudinal seca en cm.	

Cuadro 27A Datos promedio de peso en gramos a 103 grados +/- 2 para la determinación del contenido de humedad de la madera de las especies estudiadas.

Especie	PI	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	PF
A	119.275	71.83	58.47	58.26	57.93	57.7	57.61	57.45	57.45
A	176.3375	115.41	86.39	85.51	84.48	83.76	83.44	83.32	83.32
A	189.84	135.86	99.84	98.31	96.92	94.86	94.66	94.32	94.32
A	185.36	123.56	92.55	90.43	88.36	85.28	84.97	84.64	84.64
D	141.68	105.84	91.1	91.1	90.9	90.68	90.71	90.56	90.56
D	131.08	93.66	73.21	73.16	73.07	72.92	72.9	72.85	72.85
D	142.295	104.6	78.37	77.06	73.36	75.74	75.7	75.67	75.67
D	135.85	101.6	78.88	77.06	76.67	76.18	76.11	76.01	76.01
J	187.11	154.77	136.35	135.75	135.18	132.79	132.58	132.33	132.33
J	210.14	187.57	174.2	173.21	171.51	165.04	162.8	160.46	160.46
J	211.135	192.8	184.5	183.47	181.8	177.01	176.14	174.04	174.04
J	198.825	177.64	166.34	165.25	163.67	155.86	154.3	152.25	152.25
L	79.925	53.08	49.15	48.97	48.86	48.8	48.8	48.75	48.75
L	69.545	42.6	40.22	40.19	40.19	40.16	40.16	40.16	40.16
L	82.625	51.75	46.32	46.3	46.3	46.18	46.18	46.16	46.16
C	130.68	87.14	68.6	68.13	67.94	67.76	67.69	67.65	67.65
C	110.238	68.06	57.39	57.22	57.22	57.12	57.12	57.09	57.09
C	90.675	56.14	45.15	44.91	44.89	44.82	44.81	44.74	44.74
P	118.575	69.41	39.04	38.88	38.84	38.79	38.76	38.72	38.72
P	106.59	64.31	45.61	44.93	44.93	44.76	44.72	44.69	44.69
P	85.83	48.56	30.78	30.71	30.71	30.67	30.64	30.64	30.64

LEYENDA:

A: *Bombax ellipticum* HBK. Anapola  
 D: *Vatairea lundellii* (Standl.) Killip. Danto  
 J: *Astronium graveolens* Jack. Jobillo  
 L: *Zanthoxylum belizense* Lundell. Lagarto  
 C: *Bursera simaruba* (L.) Sarg. Palo jiote  
 P: *Schizolobium parahybum* (Vell.) Blake. Plumajillo

PI: Peso inicial.

P1...P7: Lapsos de peso entre 0 horas a 78.5 horas de secado continuo.

PF: Peso final.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
AGRONOMICAS

Ref. Sem. 016-93

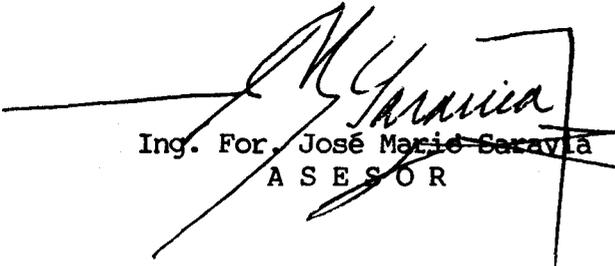
LA TESIS TITULADA: "ANATOMIA, PROPIEDADES FISICAS Y ALGUNOS USOS SUGERIDOS DE LA MADERA DE SEIS ESPECIES FORESTALES FRECUENTES EN EL MUNICIPIO DE LA LIBERTAD, PETEN, GUATEMALA"

NOMBRE: RICARDO APARICIO MORATAYA MONTENEGRO

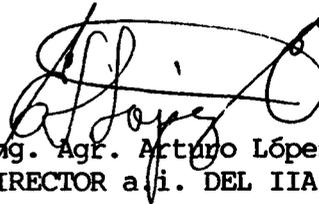
CARNET No: 83-13437

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Marino Barrientos  
Ing. Agr. Oscar Núñez  
Ing. Agr. Candelario Méndez  
Ing. Agr. Raúl Escobar

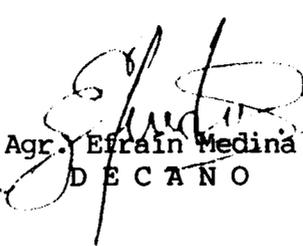
El Asesor y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

  
Ing. For. José María Saravia  
A S E S O R



  
Ing. Agr. Arturo López  
DIRECTOR a.i. DEL IIA.

I M P R I M A S E

  
Ing. Agr. Efraín Medina Guerra  
D E C A N O

