

**ORGANISMO EJECUTOR
FUNDACIÓN NATURALEZA PARA LA VIDA –FNPV–**

Organización responsable

Fundación Naturaleza para la Vida –FNPV–
10 Avenida 11-00 zona 1
Barrio Playa Blanca, San Benito, Petén
Telefono: 4223-6910 / 42072593
E-mail: fundacion@fnpv.org

28 DE OCTUBRE DE 2016, SAN BENITO PETEN, GUATEMALA

DESCARGO DE RESPONSABILIDAD: Los conceptos y opiniones vertidas en el presente documento corresponden única y exclusivamente a los autores.

GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA

**ORGANISMO EJECUTOR
FUNDACIÓN NATURALEZA PARA LA VIDA –FNPV–**

**Coordinadora del proyecto:
Ing. Agr. M. Sc. Myrna Ethel Herrera Sosa**

**INICIO DE PROYECTO: MAYO 2014
DURACIÓN DEL PROYECTO: 30 MESES**

RESUMEN

El presente documento contiene los estudios botánicos, fenológicos, de distribución geográfica y hábitat de las especies arbóreas de Guatemala incluidas en los listados II de CITES; éstas son: *Dalbergia tucurensis*, *D. stevensonii*, *D. retusa var retusa* y *D. calycina*; así como los resultados de los estudios físicos (densidad y contracción), macroscópicos y microscópicos de sus maderas. Los estudios de distribución geográfica indican que la sobrevivencia de todas las especies está afectada por factores como el cambio de uso de los suelos, la tala y tráfico ilícito, por lo que requieren de medidas especiales para su conservación y manejo sostenible. *S. macrophylla* tiene planes de manejo sostenible en las Concesiones Forestales del Petén, lo cual asegura su sobrevivencia, pero otras especies no. Las especies pueden diferenciarse botánicamente con relativa facilidad y sus maderas también se diferencian a nivel macro y microscópicamente. Los estudios fenológicos se llevaron a cabo desde mayo de 2014 hasta noviembre y/o marzo de 2016.

1. INTRODUCCIÓN

Las Instituciones nacionales encargadas de la gobernanza forestal de Guatemala determinaron que es necesario promover la investigación botánica y de maderas a un nivel forense, para generar una base de datos que permita la certeza científica para capacitar al personal institucional en el reconocimiento de las especies forestales del listado II del CITES en Guatemala, así como para fundamentar los procesos legales encaminados a detener el tráfico ilegal y mejorar las capacidades institucionales para una mejor gobernanza forestal.

En este contexto fue realizada la presente investigación. Ésta surgió por iniciativa del Consejo Nacional de Áreas Protegidas –CONAP-, Instituto Nacional de Bosques –INAB-, Ministerio Público –MP-, Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala –FAUSAC- y la Fundación Naturaleza para la Vida –FNPV-. Sus objetivos fueron: a- Crear la capacidad de identificar legalmente las maderas de especies forestales guatemaltecas incluidas en el apéndice II de CITES para el 2014 (Caoba (*Swietenia macrophylla* King, *Swietenia humilis* Zucc), guayacán (*Guaiacum sanctum* L., *Guaiacum officinale* L.), Rosul (*Dalbergia stevensonii* Standl.) y cocobolo (*Dalbergia retusa* Helms)); b- Generar información fenológica y botánica de dichas especies, así como de las otras especies arbóreas del género *Dalbergia* presentes en Guatemala y, c- Generar información macroscópica, microscópica, histoquímica y física de sus maderas.

La primera parte del estudio consistió en: 1- la revisión bibliográfica y de otras fuentes sobre la descripción botánica de las especies y su distribución en Guatemala y la elaboración de Mapas Ar Gis sobre la distribución probable de las especies; 2- la exploración y colecta botánica y, 3- los estudios fenológicos. Los estudios fueron realizados en cuatro regiones del país: 1- La Vertiente del Pacífico (Costa y Boca Costa), 2- la Zona Oriental, 3- la Franja Transversal del Norte (FTN) y 4- el Departamento del Petén; iniciaron en junio de 2014 y concluyeron en noviembre de 2016, a excepción de la fenología de *D. stevensonii* que concluyó en marzo de 2016. En el transcurso del estudio se encontraron dos especies arbóreas adicionales de *Dalbergia*, *D. retusa var retusa* y *D. calycina*, para las cuales también se efectuaron los estudios respectivos.

En la segunda parte de la investigación se llevaron a cabo los siguientes estudios: 1- Macroscópicos, 2- microscópicos, y físicos de las maderas de las especies bajo estudio.

La investigación realizada es pionera en su campo para Centro América.

2. METODOLOGÍA APLICADA

METODOLOGÍA PARA LA CARACTERIZACIÓN BOTÁNICA, FENOLÓGICA Y FITOGEOGRÁFICA DE *Swietenia macrophylla*, *S. humilis*, *Guaiaacum sanctum*, *Dalbergia calycina*, *D. retusa*, *D. stevensonii* y *D. tucurensis*

Fase de gabinete

Se realizó la revisión de información a nivel documental sobre los géneros *Swietenia*, *Guaiaacum* y *Dalbergia*, que consistió en lo siguiente.

Se consultó en la Flora de Guatemala (Standley, 1946) y en el Inventario Nacional de *Cedrela*, *Dalbergia* y *Swietenia* (FNPV, 2009), también en base de datos generadas por INAB. Para el género *Guaiaacum* se consultó la base de datos de CONAP-Zacapa. Posteriormente se revisaron los archivos del INAB con información de los proyectos aprobados por la institución, en las zonas de distribución potencial natural y de acuerdo a la sectorización de las zonas administrativas en las que se encuentran dichos proyectos.

Se realizó un análisis en ArcGis 10.1, a partir de la zona de distribución natural de las especies, luego se incorporó la capa de zonas de vida del país, para identificar el área potencial de la distribución natural de las especies bajo estudio. Lo cual fue la base para posterior trabajo de exploración y establecimiento de sitios de monitoreo.

FASE DE CAMPO

Exploración y búsqueda de poblaciones naturales de las especies

Basados en la información colectada sobre la distribución de las especies, y comunicación con técnicos regionales de INAB y CONAP en las áreas de distribución potencial, se procedió a la visita de los sitios donde se reportaban las especies.

Identificación de las poblaciones

Se ubicaron las poblaciones de las especies arbóreas de interés con las siguientes características: Árboles maduros, en su mayoría en bosque natural

Se seleccionó como mínimo 10 árboles para estudio, registrando coordenadas de cada individuo, características dasométricas (DAP, altura comercial y total y Reconocimiento de factores biofísicos (suelo, clima, relieve) presentes en las áreas de estudio.

Para el reconocimiento del hábitat se tomaron en la libreta de campo los siguientes datos: textura y color de suelo, pendiente y altitud.

Colecta Botánica:

Para cada muestra botánica colectada se anotaron los datos correspondientes como: Número de colecta, fecha, nombre y ubicación del área, coordenadas, condiciones del sitio y nombres comunes o científicos de especies arbóreas predominantes, colector, datos que se pierden.

Herborización

Se colocó la muestra colectada entre dos hojas de papel periódico, asegurándose que los folios estuvieran acomodados en un sentido haz-envés, para poder observarlos de ambos lados. Se identificó cada muestra con número correlativo de colecta. Se colocaron láminas de cartón entre una muestra y otra y el paquete se sujetó con una prensa botánica amarrada fuertemente con dos cordones.

Los especímenes botánicos colectados se dejaron secando por tres días máximo, cada día se cambió el papel periódico. Para los frutos se colocaron en la secadora de focos en el herbario AGUAT. Las flores fueron prensadas y otras fueron colocadas en frascos de alcohol al 70%.

Montaje

Cuando la planta se secó correctamente, se colocó sobre una hoja de papel texcote, para sujetarla se utilizó pegamento blanco y esparadrapo, además, se elaboró la etiqueta de herbario, en esta se escribieron los datos que se anotaron en la libreta de campo, cuando se realizó la colecta. La ficha botánica contiene: Nombre científico, nombre común, familia, fecha de colecta, ubicación geográfica del sitio de colecta, características botánicas que se pierden, colectores, número de colecta y nombre(s) de quién determinó.

Monitoreo de las poblaciones

Se estudió la fenología de las especies *Swietenia macrophylla* King, *Swietenia humilis* Zucc., *Guaiaacum sanctum* L. Y especies arbóreas del género *Dalbergia*: *D. retusa* Hemsl., *D. stevensonii* Standl., *D. tucurensis* Donn. y *D. calicyna* Benth.

Las frecuencias de las visitas que se realizaron fueron según las fases fenológicas. Durante la fase de floración se realizaron en forma quincenal; en la fase de maduración de frutos el monitoreo fue mensual. (Ver anexo)

El registro de la información recolectada de cada visita de monitoreo fenológico, se realizó en una libreta de campo y cuadro fenológico, para luego llevar el control en un archivo tipo Excel de Microsoft Office.

ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Información Biofísica

Climadiagramas

Se colectó la información sobre precipitación y temperatura de los últimos 10 años de las estaciones meteorológicas del INSIVUMEH (INSIVUMEH, 2014), más cercanas de las poblaciones definidas, la evapotranspiración se obtuvo por medio del método de Hargreaves (Herrera, 2013), que es uno de los métodos más prácticos y confiables. Este investigador diseñó una fórmula específica para Centroamérica.

La fórmula diseñada por Hargreaves para Centroamérica es la siguiente:

$$ETP = 0.0075 * TMF * RSM, \text{ mm/mes}$$

Donde:

ETP = Evapotranspiración en mm/mes

TMF = Temperatura media mensual en grados Fahrenheit

RSM = Radiación solar incidente mensual

Donde:

$$RSM = 0.075 * RMM * S^{1/2}$$

Donde:

RMM = Radiación mensual extraterrestre, mm/mes

$RMM = RS * \text{No. de días del mes}$

RS = Radiación solar (Dato de cuadro 16)

Cuadro... Radiación solar extraterrestre, RMM, expresada en evaporación equivalente en mm/día

LATITUD	Norte	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
	0	13.0	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8
	2	14.7	15.3	15.6	15.3	14.6	14.2	14.3	14.9	15.3	15.3	14.8	14.4
	4	14.3	15.0	15.5	15.5	14.9	14.4	14.6	15.1	15.3	15.1	14.5	14.1
	6	13.9	14.8	15.4	15.4	15.1	14.7	14.9	15.2	15.3	15.0	14.2	13.7
	8	13.6	14.5	15.3	15.6	15.2	15.0	15.1	15.4	15.3	14.8	13.9	13.3
	10	13.2	14.2	15.3	15.7	15.5	15.3	15.3	15.5	15.3	14.7	13.9	12.9
	12	12.8	13.9	15.1	15.7	15.7	15.5	15.5	15.6	15.2	14.4	13.3	12.5
	14	12.4	13.6	14.9	15.7	15.0	15.7	15.7	15.7	15.1	14.1	12.8	12.0
	16	12.0	13.3	14.7	15.6	16.0	15.9	15.9	15.7	15.0	13.9	12.4	11.6
	18	11.6	13.0	14.6	15.6	16.1	16.1	16.1	15.8	14.9	13.6	12.0	11.1
	20	11.2	12.7	14.4	15.6	16.3	16.4	16.3	15.9	14.8	13.3	11.6	10.7

S = Brillo solar mensual en %

$S = Ks * (100 - HR)^{1/2}$ (con dato de humedad relativa)

S = Duración máxima media diaria de horas de brillo solar (cuadro 17)

Ks = Constante igual a 12.5

HR = Humedad relativa media en %

Cuadro... Duración máxima media diaria de horas de brillo solar para diferentes meses y latitudes

LATITUD	NORTE	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
	0	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1
	5	11.8	11.9	12.0	12.2	12.3	12.4	12.3	12.3	12.1	12.0	11.9	11.8
	10	11.6	11.8	12.0	12.3	12.6	12.7	12.6	12.4	12.1	11.8	11.6	11.5
	15	11.3	11.6	12.0	12.5	12.8	13.0	12.9	12.6	12.2	11.8	11.4	11.2
	20	11.0	11.5	12.0	12.6	13.1	13.3	13.2	12.8	12.3	11.7	11.2	10.9
25	10.7	11.3	12.0	12.7	13.3	13.7	13.5	13.0	12.3	11.6	10.9	10.6	

Descripción del ambiente

Reconocimiento de factores biofísicos (suelo, clima, relieve) que se encuentran presentes en las áreas de estudio.

Para el reconocimiento del hábitat se tomaron en la libreta de campo los siguientes datos:

Textura y color de suelo, pendiente, altitud además se consultó la base de datos de estaciones meteorológicas (INSIVUMEH, 2014), así se generaron los climadiagramas de cada sitio bajo estudio.

Se tomaron fotografías del paisaje, donde se encuentra la especie arbórea de interés.

Información Fenológica

Bases estadísticas para el estudio fenológico:

1. Tamaño de población seleccionada para el estudio fenológico: diez árboles como mínimo.
2. Frecuencia: conteo de árboles en la misma fenofase en cada población.
3. Determinación de la moda: fenofase con mayor frecuencia dentro de la población.
4. Elaboración de cuadros fenológicos: con la información estadística modal se elaboraron los cuadros.

Cuadros Fenológicos

Se utilizó la información estadística de cada población monitoreada, y registrada en la base de datos Excel. Con las observaciones de cada individuo, basándose en la moda de la fenofase presente en la población, divididas en:

Hojas: brotación, jóvenes, maduras y defoliación;

Flor: botones florales, plena floración y fin de la floración;

Fruto: desarrollo del fruto, presencia de fruto maduro y semilla.

Elaborando cuadros de doble entrada, interpolando meses contra fenofases, diferenciando cada una de las fenofases con un color distinto.

Ciclos Fenológicos

Basados en los cuadros fenológicos e identificando los meses de ocurrencia de cada fenofase, se generó un ciclo fenológico característico para cada una de las especies monitoreadas.

METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS SELECCIONADAS (DENSIDAD BÁSICA Y CONTRACCIÓN) DE LA MADERA DE *Swietenia humilis*, *S. macrophylla*, *Dalbergia calycina*, *D. retusa*, *D. stevensonii*, *D. tucurensis* y *Guaiacum sanctun*

1. Colecta de la muestra

Se prefirieron árboles con características similares en altura, diámetro y sanidad. Para mantener el contenido de humedad, al realizar los cortes transversales fueron sellados los extremos de la troza con pintura de aluminio, lo mismo que los muñones de las ramas que fueron cortadas al aprovechar el árbol. Se identificó cada árbol con un código que incluyó nombre de lugar de colecta, el número de árbol y la numeración de las trozas.

2. Preparación de las probetas y mediciones

Para determinar la densidad básica, se utilizó el procedimiento establecido por la norma ASTM D 143 -94 (2000), para todas las especies, con excepción de *Dalbergia retusa*, *D. stevensonii* y *Guaiacum sanctun*, en los cuales por las limitantes de obtención de material leñoso de mayores dimensiones, por el estado de depredación de tales especies, se utilizó la dimensión 25x25x25 mm (1x1x1 pulgadas). El volumen verde se determinó por el principio de Arquímedes; además, se obtuvo el peso verde y el peso anhidro. La densidad básica se obtuvo por la relación: $Db = Pa/Vv$. Donde Db , Densidad básica; Pa , peso anhidro; Vv , Volumen verde.

Para determinar la contracción de la madera se utilizó la norma ASTM 143 D, que establece una dimensión de probetas 25 x 25 x 100 mm; (1 x 1 x 4 pulgadas) para tales cuerpos de prueba. Se marcaron los planos en función de los anillos de crecimiento y se midió en condición verde y en estado anhidro. La expresión a seguir, $Cn = ((Di - Df)/Di) * 100$; donde: Cn , Contracción longitudinal, radial o tangencial; Di , dimensión inicial; Df , Dimensión final.

En la determinación de los pesos en las dos variables, Db y contracción, se utilizó una balanza digital con una precisión de 0.01g. Las dimensiones fueron medidas con un vernier digital con precisión de 0.01 cm.

3. Secado

Se utilizó hornos de convección en los que se aplicó temperaturas de 50, 65, 75, 85 y 103 $\pm 2^{\circ}C$, gradualmente, para prevenir el colapso. Cada ciclo de secado duró, en función de la especie, de 7-13 días y se tomaron, 4 lecturas por día. Para la medición final de las dimensiones para contracción se colocó las probetas, previo a su medición, en una desecador para evitar absorción de humedad ambiente por las probetas.

4. Diseño Experimental: Bloques al azar en un experimento factorial con arreglo de parcelas divididas.

METODOLOGÍA PARA LA CARACTERIZACIÓN MICROSCÓPICA Y MACROSCÓPICA DE LA MADERA

Preparación del material para su estudio por microscopía

Metodología para elaboración de montajes anatómicos

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

Ablandado de las probetas: El proceso de ablandamiento de las se realiza hirviendo las probetas en 200ml de agua con hidróxido de potasio (KOH) en una plancha de calentamiento a 250°C. El tiempo que dura el proceso depende de la dureza de la madera.

Cuadro 1 Tiempos aproximados de ablandado por especie

Especie	No. Lentejas (KOH)	Tiempo (horas)
Swietenia humilis	6	4 - 6
Swietenia macrophylla	--	--
Dalbergia stevensonii	8	20 - 24
Dalbergia retusa	8	18 - 22
Dalbergia calycina	8	20 - 24
Dalbergia tucurensis	8	20 - 22
Guaiacum sanctum	10	20 - 24

Cortes: Los cortes se prepararon en un micrótopo de deslizamiento horizontal con una cuchilla "Leica" perfil "C", con un grosor de 10-14 µm. Se realizaron 10 cortes por cada plano de estudio. Los cortes fueron colocados en cajas petri con agua para mantener el tejido turgente hasta el momento de la tinción.

Tinción: Se prepararon vidrios de reloj con safranina 1% solución acuosa en donde los cortes se sumergieron durante 15 minutos. Luego se lavaron cinco veces sumergiéndolos en recipientes con agua. Este procedimiento se realizó traspasando el tejido haciendo uso de pincel.

Deshidratación: Se preparó un tren con cajas petri vertiéndoles alcohol al 95%, 100%, 100% a fin que en cada una el tejido se deshidratare durante 5 minutos.

Impregnación: Al final del tren de deshidratación, en una caja petri se vertió una solución de isoalcanos (NeoMount®) en donde los cortes se dejaron durante 5 minutos.

Montaje: Con cuidado de no dañar el tejido, uno a uno, se extrajeron los cortes, se secaron sobre papel toalla, en cada laminilla se colocaron dos cortes, sobre los cortes se vertieron tres gotas de

resina sintética (NeoMount®), se colocó el cubreobjetos, se extrajeron las partículas de aire y se dejaron secar.

Toma de fotografías: Las fotografías se tomaron con un microscopio “Leica DM4 B” la cámara “Leica DFC450” acoplada al microscopio y su respectivo software “LAS Core” que permite la medición en vivo y la toma de fotografías.

Metodología para elaboración de macerados

Los disociados se prepararon de acuerdo al método de maceración de Boodle o de Disociado Fuerte y se realizó de la siguiente manera:

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

Maceración: Se hirvieron los cortes con hidróxido de potasio al 10%, dependiendo de la especie, el tiempo varió desde 15 min-1 h. Se lavaron tres veces con agua; a continuación los cortes se colocaron en un tubo de ensayo con 2.5 cc de cloro uso doméstico, los tubos se colocaron en baño maría durante 30 minutos. Luego fueron lavados cinco veces con agua y en el último lavado se agitó con fuerza moderada el tubo de ensayo contra la palma de la mano, de manera que todo el material se disgregue contra las paredes del mismo (Gattuso y Gattuso 1999).

Cuadro 2 Tiempos aproximados de maceración con KOH

Especie	No. Lentejas (KOH)	Tiempo (min)
Swietenia humilis	6	15 - 20
Swietenia macrophylla	4 - 6	5 - 10
Dalbergia stevensonii	8	15 – 25
Dalbergia retusa	8	15 – 25
Dalbergia calycina	8	15 – 25
Dalbergia tucurensis	8	15 – 25
Guaiaicum sanctum	10	20 - 30

Cuadro 3 Tiempos aproximados de maceración con Cloro

Especie	Tiempo (min)
Swietenia humilis	10 - 15
Swietenia macrophylla	10 - 15
Dalbergia stevensonii	20 - 25
Dalbergia retusa	15 - 18
Dalbergia calycina	15 - 20
Dalbergia tucurensis	15 - 20
Guaiacum sanctum	25 - 30

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

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

Medición y toma de fotografías: La medición se realizó con un microscopio “Leica DM4 B”, la cámara “Leica DFC450” acoplada al microscopio y su respectivo software “LAS Core” que permite la medición en vivo y la toma de fotografías.

De las fibras y elementos de los vasos se midió a cada uno la longitud, ancho, lumen y pared celular; tomando repeticiones n=25; según lo establecido en la lista estándar de la Asociación Internacional de Anatomistas de la Madera para la Identificación de Maderas Latifoliadas -IAWA-(IAWA Comité 1989).

3. PRESENTACIÓN DE DATOS, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS Y RESULTADOS

CARACTERIZACIÓN BOTÁNICA, FENOLÓGICA Y FITOGEOGRÁFICA DE *Swietenia macrophylla*, *S. humilis*, *Guaiacum sanctum*, *Dalbergia calycina*, *D. retusa*, *D. stevensonii* y *D. tucurensis*

MAPA DE DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA
De *Dalbergia stevensonii*, *D. retusa*, *D. calycina* y *D. tucurensis* en Guatemala

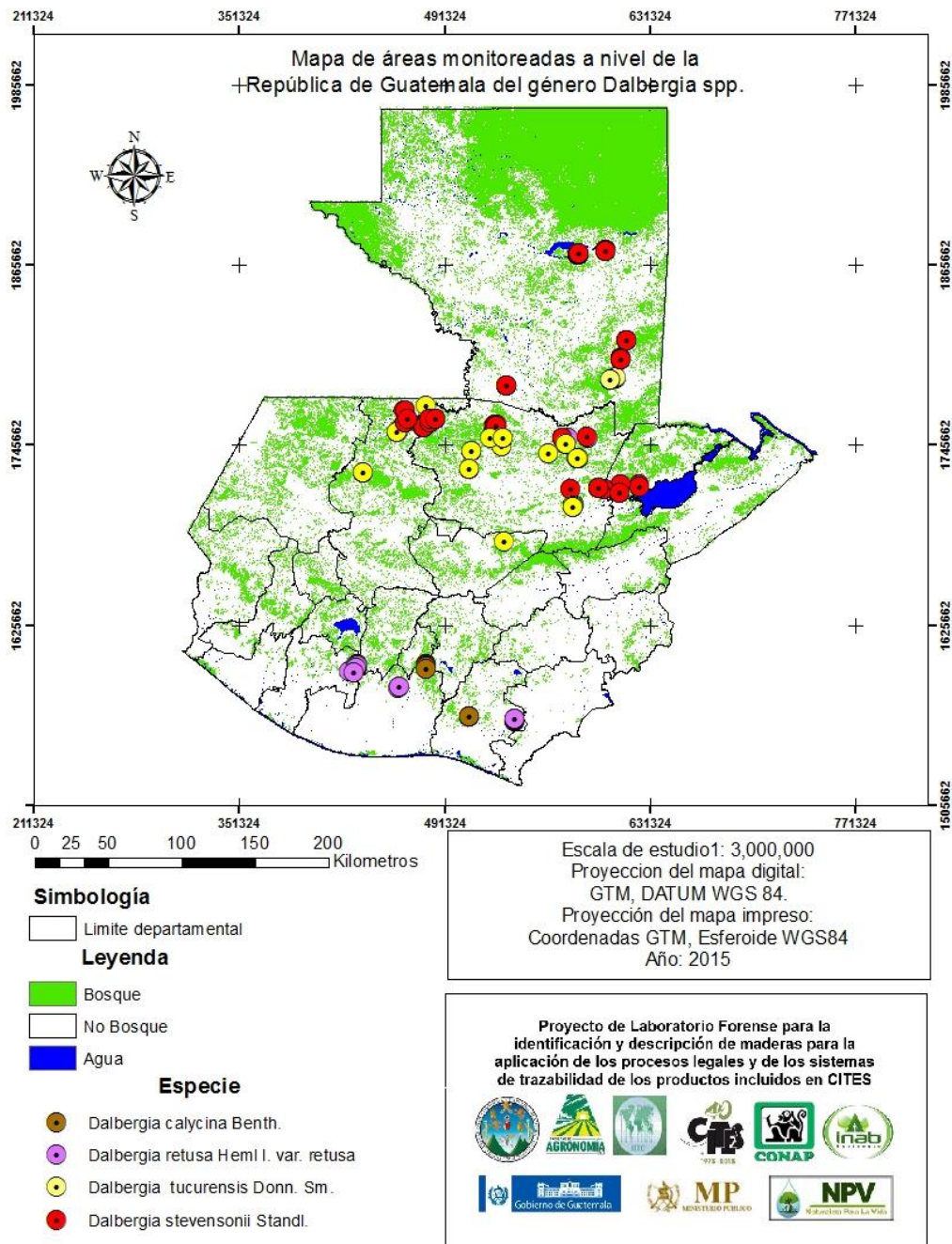


Figura 1

MAPA DE DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA
de *Guaicum sanctum* L. en Guatemala

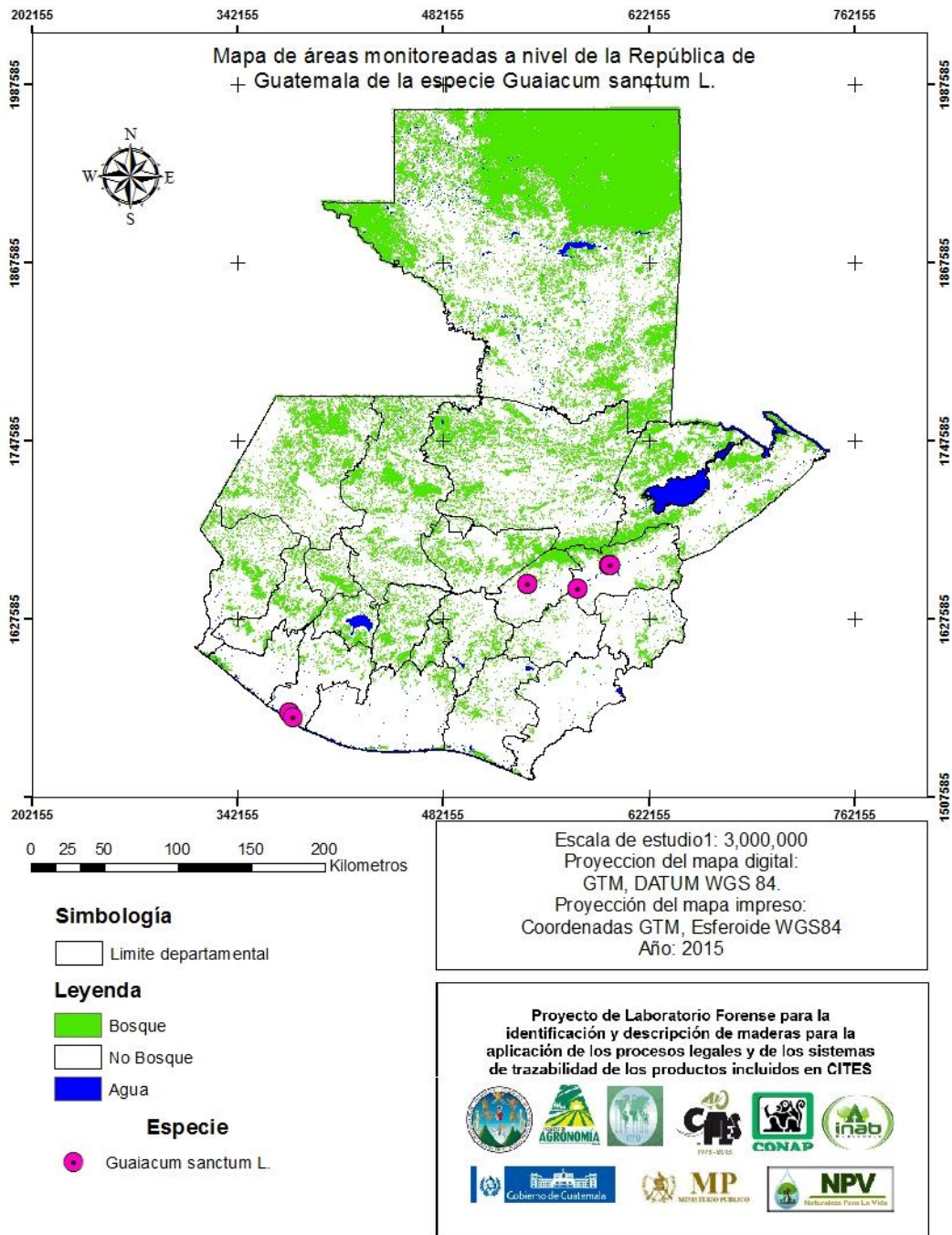


Figura 2

MAPA DE DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA De *Swietenia macrophylla* y *S. humilis* en Guatemala

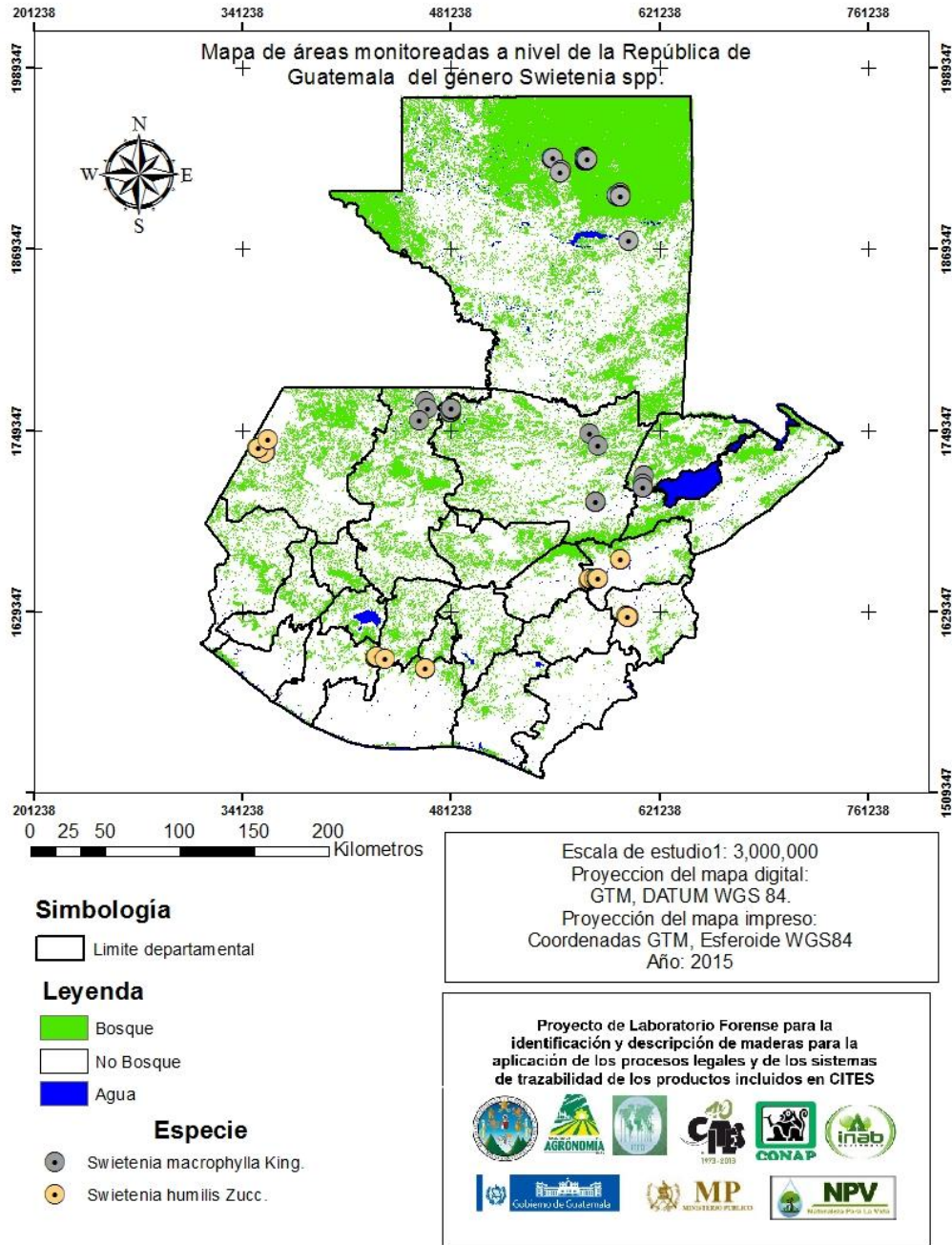


Figura 3

DESCRIPCION BOTANICA DE LAS ESPECIES

Sistemática del género *Dalbergia*

Reino: Plantae

Sub reino: Embryobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Rosidae

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Género: *Dalbergia*

Especie *Dalbergia calycina* Benth. (Nogal, Ébano, Quebracho o Chiquibalché)

Árbol:

Altura del árbol es de 10–12 m, de copa irregular. El fuste presenta un rango de altura a la primera rama de 3 a 6 m, tiende a inclinarse; es cilíndrico con un rango de diámetro de 18 a 40 cm. La corteza es de color café; de textura lisa y cubierta de musgo como en el Volcán Tecuamburro, donde el clima es húmedo, a diferencia de Santa María de Jesús donde el clima es seco y la corteza presenta fisuras longitudinales; cuando la albura está expuesta al ambiente sufre oxidación, pasando de color blanco a amarillo. El árbol sirve de sostén a plantas trepadoras tales como: especies de la familia Araceae, como *anthurium scandens* (Aubl.) Engl.; especies de la familia Orchidaceae, como *Epidendrum difforme* Jacq., *Stelis* sp. y *Maxillaria* sp, helechos como *Phlebodium pseudoaureum* (Cav.) Lellinger y *Phlebodium pleopeltis* aff. y especies de la familia Bromeliaceae como *Tilandsia* sp.



Figura 4. Árbol de *D. calycina*, Tecuamburro, Pueblo Nuevo Viñas, Santa Rosa



Figura 5. Corteza: (derecha) Tecuamburro, Pueblo Nuevo Viñas, Santa Rosa; (izquierda) Santa María de Jesús, Sacatepéquez.



Figura 6. Albura de *D. calycina* en proceso de oxidación.

Hojas: Miden de 7.5 a 13.5 cm de largo; peciólulos de 4 a 6 mm de largo; folíolos alternos de 5 a 7, ovados a lanceolados, 1 a 4.5 cm largo y 0.5 a 1.5 de ancho; ápice agudo a algo atenuado, obtuso o retuso, base redondeada, glabros en el haz y presentando color verde oscuro, glabros o escasamente estrigulosos en el envés y presentando color verde claro; estípulas oblicuamente oblongo-ovadas, 8-10 mm de largo, aparentemente caducas.



Figura 7. Hoja de la especie de *D. calycina*



Figura 8. Estipulas presentes en hojas jóvenes.

Inflorescencia: Racimos axilares, pedicelos 3-5 mm de alto.

Flores: 11 a 19 mm de alto, de color blanco. Cáliz gamosépalo, mide de 7 a 11 mm de alto y 3 a 6 mm de ancho, angostamente alargado en la base, tomentuloso a sub-adpreso-pubescente, sus lóbulos son desiguales o subiguales, el carinal algunas veces atenuado y cerca del doble de largo que los demás. Pétalos de color blanco, el estandarte con pigmentación verde limón en la base del centro; estambres 10 monadelfos. Gineceo unicarpelar de ovario lineal.

El período de floración es durante los meses de enero a febrero.



Figura 9. inflorescencias racimosas de *Dalbergia calycina* Benth.



Figura 10 El cáliz es prominente, de allí el epíteto *calycina*. De estambres monadelfos

Frutos:

Vainas aplanadas, aladas, lustrosos y de color café cuando secos, oblongos; 5.5 a 12 cm de largo y 1.5 a 3.5 cm de ancho, glabros. Estípites de 6 a 14 mm de largo; semillas 1 ó 2 raramente hasta 4. El fruto en estado inmaduro tiene color verde y aparenta ser una hoja.



Figura 11 Vainas maduras de *D. calycina*

CLIMA VERSUS FENOLOGIA

La especie arbórea *D. calycina* crece en las zonas de vida: Bosque húmedo montano bajo subtropical (bh – ms) (Cruz, 1982), en elevaciones que van de 1570 msnm a 1880 msnm.

Climadiagrama para *D. calycina* en Tecuamburro, Santa Rosa.

Debido a la falta de información de estaciones climáticas cercanas al área de monitoreo de las especies se consideró la estación El Pino, que se encontraba en Barberena, a una elevación de 1400 msnm, con coordenadas 1577366X, 509227Y; comparte la zona de vida de la especie: Bosque muy húmedo subtropical (templado) (bmh – S (t)) (Cruz, 1982), en elevaciones que van de 1500 msnm a 1800 msnm.

Los factores climáticos que se presentan en el área como la precipitación, temperatura y la evapotranspiración inciden en las fases fenológicas.

En la figura se muestra el Climadiagrama de la estación Los Pinos (INSIVUMEH, 2014). Un período relativamente seco ocurre entre noviembre y abril, en el que la precipitación no sobrepasa los 50 mm/mes. La temperatura presenta sus mínimas de 21°C en enero y máximo de 22°C en marzo y abril. La evapotranspiración en marzo alcanza 60 mm/mes y es mayor que la precipitación.

El período de lluvia se presenta en los meses de abril a noviembre, con dos picos de precipitación en junio y septiembre. En junio llueve un promedio de 400 mm.

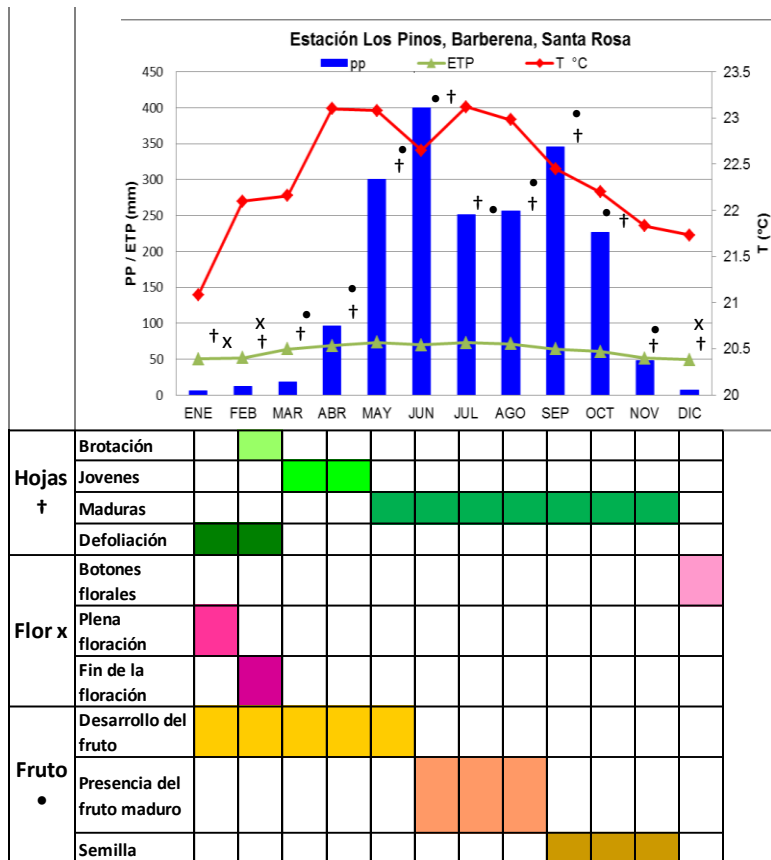


Figura 12 Fenoclimadiagramas de la especie *D. calycina* Benth.

Estado vegetativo

La etapa de defoliación ocurre en los meses enero y febrero, cuando la precipitación disminuye y la evapotranspiración aumenta. La etapa de brotación ocurre en el mes de febrero, las hojas jóvenes se presentan en los meses marzo y abril. Las hojas maduras se presentan en la época lluviosa durante los meses de mayo a noviembre.

Floración

Esta etapa inicia en diciembre-enero con la formación de yemas florales. La plena floración se da en los meses de enero-febrero. La misma finaliza en febrero/inicios de marzo.

Fructificación

Los frutos se desarrollan y crecen entre febrero y junio principalmente. Luego los frutos comienzan a madurar. Ya en los meses que la precipitación tiende a descender se obtiene la semilla aproximadamente en el mes de octubre y noviembre, pudiendo ser el mes de colecta.

Climadiagrama para *D. calycina* en Santa María de Jesús, Sacatepéquez

Debido a la falta de información de estaciones climáticas cercanas al área de monitoreo de las especies se consideró la estación Suiza Contenta, que se encontraba en Sacatepéquez, estaba a una elevación de 2105 msnm, con coordenadas 903940 X, 143708 Y.

En la figura se muestra el climadiagrama de la estación Suiza Contenta (INSIVUMEH, 2014). El período seco y más frío ocurre de noviembre – abril, en los que la precipitación no sobrepasa de los 70 mm/mes; la temperatura presenta sus mínimas de 15°C en diciembre y máximo de 20°C en noviembre. La evapotranspiración en abril alcanza 70 mm/mes igual que la precipitación.

El período lluvioso se presenta en los meses: mayo a octubre. La mayor cantidad de precipitación se presenta en: mayo, agosto y septiembre, teniendo la mayor cantidad en el mes de agosto con 270 mm/mes.

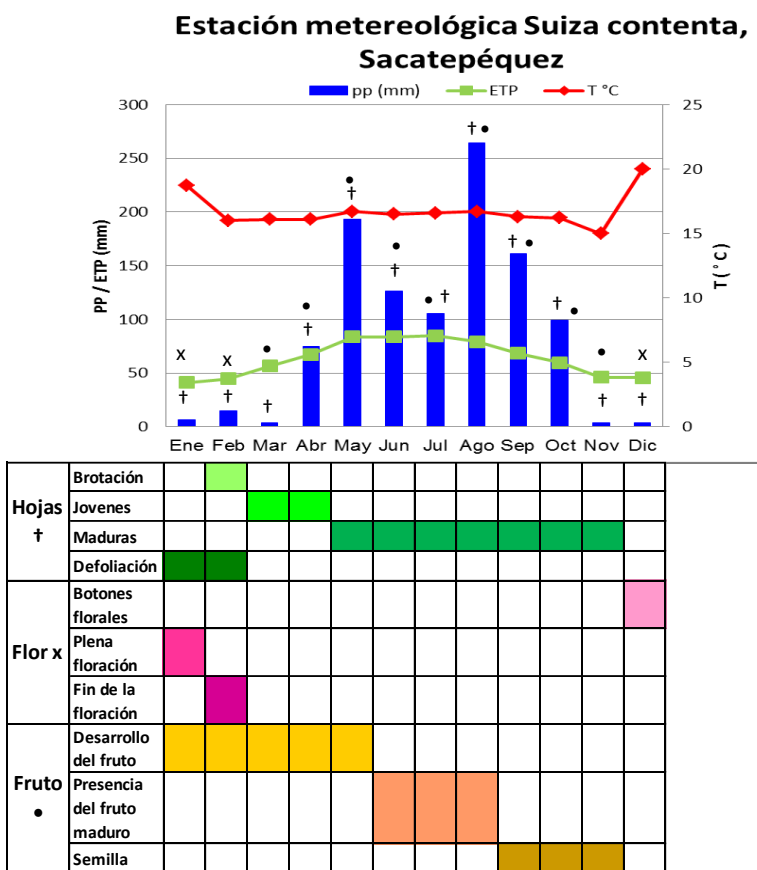


Figura 13 Climadiagrama de la estación Suiza Contenta, y cuadro fenológico para *D. calycina* Benth. en Sta. María de Jesús, Sacatepéquez.

Estado vegetativo

La etapa de defoliación ocurre en los meses enero y febrero, cuando la precipitación disminuye y la evapotranspiración aumenta. La etapa de brotación ocurre en el mes de febrero, las hojas jóvenes se presentan en los meses marzo y abril.

Las hojas maduras se presentan en la época lluviosa durante los meses de mayo a noviembre.

Floración

Al igual que en Tecuamburro, esta etapa inicia en diciembre-enero con la formación de yemas florales. La plena floración se da en los meses de enero-febrero. La misma finaliza en febrero/inicios de marzo, durante la época seca.

Fructificación

Es similar al proceso de fructificación de Tecuamburro.

RESUMEN DEL CICLO FENOLOGICO

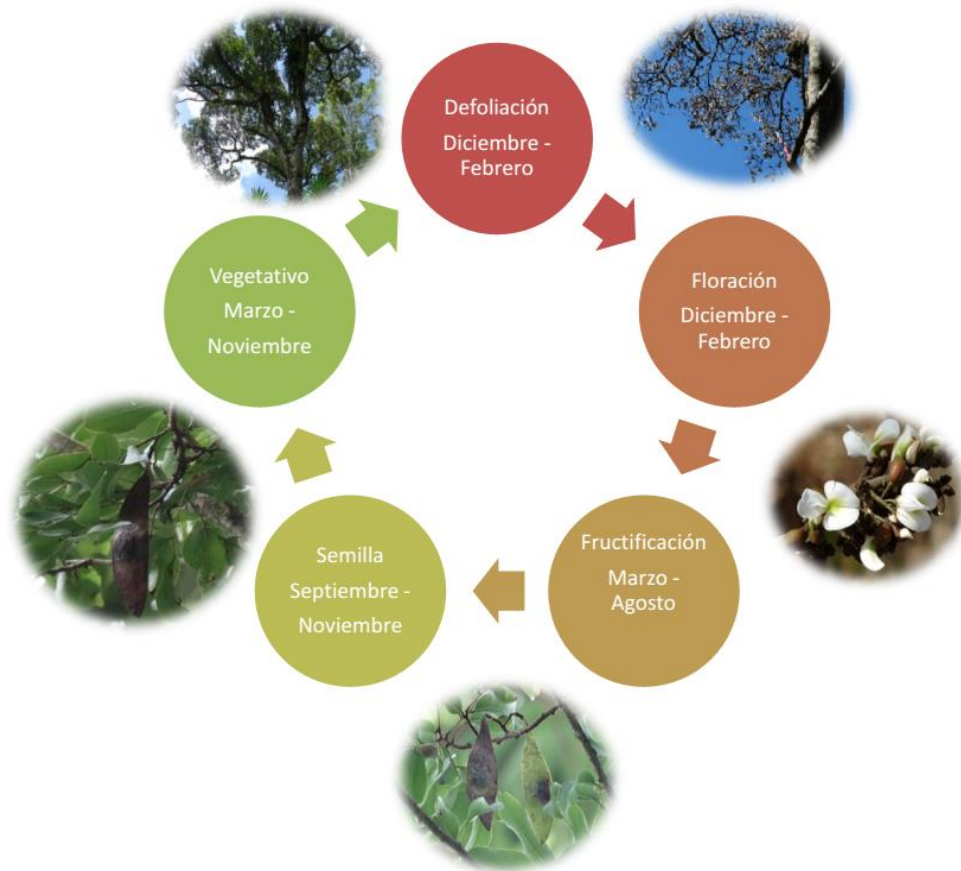


Figura 14 Ciclo fenológico de *Dalbergia calycina* L..

Especie *Dalbergia retusa* Hemsl. var. *retusa* (Nogal o Granadillo)

Árbol:

La altura del árbol es de 10 – 12 m, de copa irregular. El fuste presenta un rango de altura a la primera rama de 3 a 6 m, su fuste es cilíndrico con un rango de diámetro de 18 a 40 cm; tiende a inclinarse. La corteza es leñosa y presenta fisuras rectangulares; es de color café. Cuando la albura está expuesta al ambiente sufre oxidación, pasando de color blanco a amarillo. Esta especie se ve fuertemente afectada por plantas fitoparasitas como el amate (*ficus sp.*). Presenta epífitas de las Familias Bromeliaceae y Piperaceae.



Figura 15 Corteza de *D. retusa* (izquierda); Árbol de *D. retusa* en Oratorio, Santa Rosa (derecha).

Hojas:

Hojas pinnadas, miden entre 21.5 a 31 cm de largo; el peciolulo es de 4 a 5.5 mm de largo; con 11 a 15 folíolos, oblongos, alternos, elíptico-oblongos o lanceolado-oblongos, de 4 a 11 cm de largo y 2 a 5 cm de ancho; ápice retuso principalmente; base redonda; glabros y algo lustrosos en el haz; seríceos o sub-seríceos o raramente glabros en el envés; peciolulo de 4 a 8 mm de largo; estípulas únicamente en ramas jóvenes, son caducas, oblicuamente ovadas a deltoides, hasta 2 cm de largo.



Figura 16 Estípulas en hojas jóvenes de la especie *D. retusa* var. *retusa*



Figura 17 Hojas pinnadas y folíolos de la especie *D. retusa* var. *retusa*

Inflorescencias: Racimos o panículas terminales o axilares.

Flores: 9 a 18 mm de largo; cáliz 4 a 7 mm de alto y 3.5 a 6 mm de diámetro, con lóbulos subiguales, el carinal levemente más largo y angosto que los demás. Pétalos de color blanco, el estandarte con pigmentación verde limón en la base del centro; a menudo ennegrecen al secarse. Estambres 10, monadelfos. Gineceo monocarpelar lineal. Pedicelos de las flores de 2 a 5 mm de largo.

El período de floración transcurre de marzo a abril. La corola, especialmente el estandarte presenta frecuentemente daño por insectos que consiste en la presencia de puntos negros.



a.



b.

Figura 18 a vaina en desarrollo y flor con puntos negros causados por insectos y b: flores de *Dalbergia retusa* Hemsl. var. *retusa*



Figura 19 Inflorescencias racimosas de *D. retusa* var. *retusa*

Fruto:

Vainas aplanadas, aladas, glabras; oblongas a elíptico-oblongas, de 6 a 17 cm de largo y 1.5 a 2 cm de ancho; en su mayoría presentan una sola semilla, raras veces de 2 a 5, generalmente ennegrecen tanto vainas como semillas al secarse. La vaina en estado inmaduro tiene color verde que semejan ser hojas. El estípite mide de 6 a 13 mm.



Figura 20 Vainas de *D. retusa* var *retusa* en proceso de maduración.



Figura 21 Vainas de *D. retusa* var. *retusa* maduras e inmaduras.



a.



b.

Figura 22 a. semilla inmadura, y b. semilla madura de la especie *D. retusa* var. *retusa*

CLIMA VERSUS FENOLOGIA

Climadiagrama de *Dalbergia retusa* var. *retusa* Hemsl. en Oratorio, Santa Rosa

Debido a la falta de información de estaciones climáticas cercanas al área de monitoreo de las especies se utilizaron los datos de la estación Los esclavos, que se encontraba en Cuilapa a una elevación de 700 msnm, con coordenadas 141510 X, 901642 Y. El área de Los Esclavos y Oratorio comparten la zona de vida: Bosque muy húmedo subtropical (cálido) (bmh –S (c)) (Cruz, 1982), con elevaciones que van de 400 msnm a 500 msnm.

En la figura XX se muestra el climadiagrama de la estación Los Esclavos (INSIVUMEH, 2014). La época seca ocurre entre, diciembre y abril, época en la que la precipitación no sobrepasa de los 50 mm/mes. La temperatura, tiene un mínimo de 23.8° C en enero y un máximo de 26 °C en abril. La evapotranspiración en abril alcanza 70 mm/mes mayor que la precipitación que del mes que es de 50 mm/mes.

La mayor cantidad de precipitación se presenta en mayo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre, teniendo la mayor cantidad en septiembre con 350 mm/mes y la mínima en mayo con 330 mm/mes.

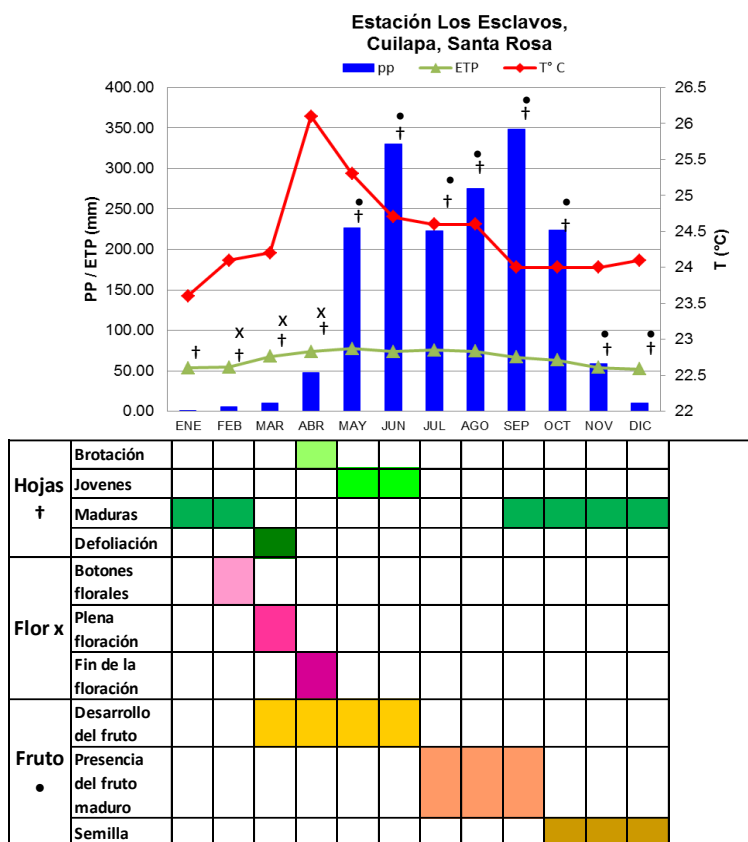


Figura 23 Climadiagramas de la estación Los Esclavos y Cuadro Fenológico para *D. retusa var. retusa* Hemsl.

Estado vegetativo

La etapa de defoliación total ocurre en el mes de marzo, cuando la precipitación disminuye y la evapotranspiración aumenta. La etapa de brotación ocurre en el mes de abril, las hojas jóvenes se presentan en los meses mayo y junio.

Las hojas maduras se presentan a finales de la época lluviosa e inicios de época seca, durante los meses de septiembre a febrero.

Floración: Inicia en febrero, es plena en marzo y finaliza en abril.

Fructificación: La etapa de crecimiento del fruto ocurre en los primeros meses de invierno, mayo y junio; entre julio y septiembre se da la maduración y finalmente en octubre, noviembre y diciembre hay frutos y semillas maduras, pudiendo ser los meses de colecta.

CICLO FENOLOGICO



Figura 24 Ciclo fenológico de *Dalbergia retusa* Hemsl var. *retusa*.

En la figura se observa el desarrollo fenológico desde la época de defoliación en los meses de febrero a abril, el período de floración en los meses de febrero a abril, la fructificación en los meses de mayo a septiembre, caída de los frutos maduros y secos en octubre a enero, y el estado vegetativo de mayo a enero. Ocurriendo un traslape con la defoliación y la floración.

***Dalbergia stevensonii* Standley (Rosul, A'akute y Que'kiche (Q'eqchi' Coban y Senahú respectivamente))**

Descripción botánica:

Árbol: Alto o mediano, mide entre 15 a 30 m de altura, de copa irregular, con diámetro a la altura del pecho de hasta 80 cm. El fuste mide 6.11m a primera rama, es irregular en su forma; las ramas son glabras. Corteza grisácea con desprendimiento de placas rectangulares cuando el árbol es maduro. Tiene regeneración abundante a partir de fustes aprovechados, engrosando varios fustes al mismo tiempo.



Figura 25 Características del fuste de árbol maduro e. Irregularidad de su circunferencia.



a.



b.

Figura 26 a. Corteza fisurada en placas y b. fustes simultáneos de regeneración a partir de un árbol aprovechado.

Hojas: pinnadas, miden de 25-27 cm de largo; con 5-7 folíolos, elípticos u oblongos, de 6.5-9.5 cm de largo y 2.5-4.5 cm de ancho, obtusos o redondeados en el ápice, algunas veces emarginados, agudo a redondeado-obtuso en la base, grueso, de color verde oscuro en el haz, lustroso, glabro, pálido por el envés, más bien glauco. Con peciólulos de 4-5 mm de largo.



a.



b.

Figura 27 Hoja compuesta de *Dalbergia stevensonii* Standl. a. vista del haz lustroso de la hoja compuesta y b. vista del envés opaco de la hoja compuesta.

Inflorescencias: panículas finamente pedunculadas, más cortas que las hojas, cerosas, muy ramificadas; sus ejes escasamente pubescentes.

Flores: de 4-5.5 mm de alto, cáliz casi glabro de 1.5-5 mm de largo y 1-2 mm de ancho. Pétalos glabros, subiguales; el estandarte de 4 mm de largo. Con pigmentación verde claro en el centro. La floración ocurre en el período de mayo a julio.



a.



b.

Figura 28 a y b. Inflorescencias de Rosul (*Dalbergia stevensonii* Standl)..

Fruto: legumbre oblonga pequeña 4-4.5 cm de largo, 12-14 mm de ancho, redondeada y apiculada en el ápice, aguda en la base, más o menos glabra, con 1 semilla; de estípote delgado 5-6 mm de largo.



Figura 29 Frutos de *Dalbergia stevensonii* Standl. Dificiles de encontrar y generalmente con daño por insectos.

CLIMA VERSUS FENOLOGÍA

Climadiagrama para Ixcán, Quiché y PNLL, Cobán, Alta Verapaz.

En la figura XX se observa el Climadiagrama de la estación Chixoy (INSIVUMEH, 2014) ubicada en las coordenadas X 160400; Y 902620 (GTM), a 140 msnm. Se utilizaron los datos de esta estación por ser la más cercana y con mayor información disponible para el área de Ixcán, Quiché y el Parque Nacional Laguna Lachua en Cobán, Alta Verapaz.

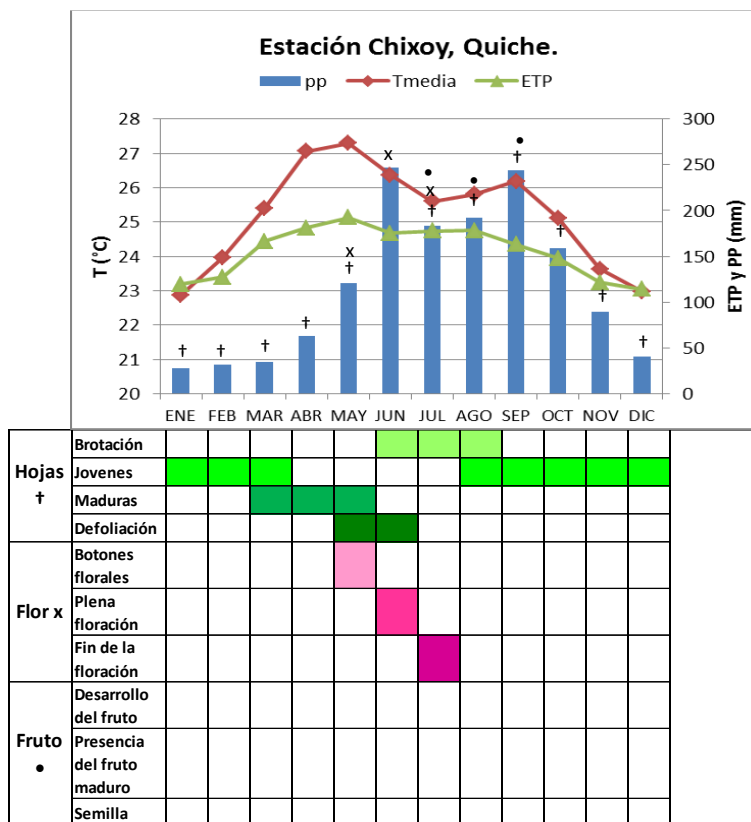


Figura 30 Climadiagrama de la estación San Agustín Chixoy y Cuadro Fenológico de *Dalbergia stevensonii* Standl.

En donde la precipitación es bimodal con dos picos de precipitación, el primero en mayo-julio y el segundo en agosto-octubre; los meses de mayor precipitación son junio y septiembre, y desciende en octubre. La evapotranspiración media de las poblaciones vegetales del área es de 1657 mm/a. Su temperatura máxima anual de 42.8°C, T mínima anual de 6.5°C. y temperatura media de 25.3°C.

Estado vegetativo.

El desarrollo de los brotes foliares comienza en la temporada de mayor precipitación en el mes de junio hasta el cierre de la temporada de canícula en el mes de agosto; en esta temporada hay disminución de la temperatura del ambiente y también de la evapotranspiración de las plantas. Posteriormente comienza la segunda etapa de mayor precipitación que coincide con un período en donde las hojas lucen de color verde claro, son lustrosas y relativamente carnosas; a partir de octubre disminuye paulatinamente la evapotranspiración y declina la temperatura hasta enero. En los meses de marzo a mayo donde hay aumento de la temperatura y comienzo de la temporada lluviosa comienza la maduración de las hojas. La defoliación de los árboles ocurre en los meses de mayo a junio.

Floración

El desarrollo de botones florales comienza con la temporada de precipitación en el mes de mayo; La floración plena tiene lugar en junio para finalizar en el mes de julio.

Fructificación

El desarrollo del fruto debería comenzar en el mes de julio; sin embargo, no se ha logrado observar frutos en desarrollo o maduros a lo largo de un período de 14 meses (junio 2014 a Julio 2015). Las posibles causas de este fenómeno podrían ser: a. la abscisión temprana de fruto por condiciones adversas de clima; b. por ataque de insectos a flores y frutos en sus primeros estadios. En el año 2014 y 2015 han ocurrido períodos de fuerte sequía en el área. Así mismo, tanto en el período de floración se han encontrado insectos tales como hormigas de gran tamaño atacando las flores y posteriormente se observa el raquis de inflorescencia cortado. Finalmente en diciembre de 2016 se encontraron frutos en Poptún, Petén, en donde hay bosques, la precipitación es abundante y la temperatura no es tan alta.

Climadiagrama para El Estor, Izabal.

En la figura se observa el Climadiagrama de la estación Panzós (INSIVUMEH, 2014), ubicada en las coordenadas X 152350; Y 893838 (GTM) a 30 msnm. Esta es la estación más cercana al área del El Estor, Izabal, está dentro de la misma zona de vida (Bosque muy húmedo subtropical cálido).

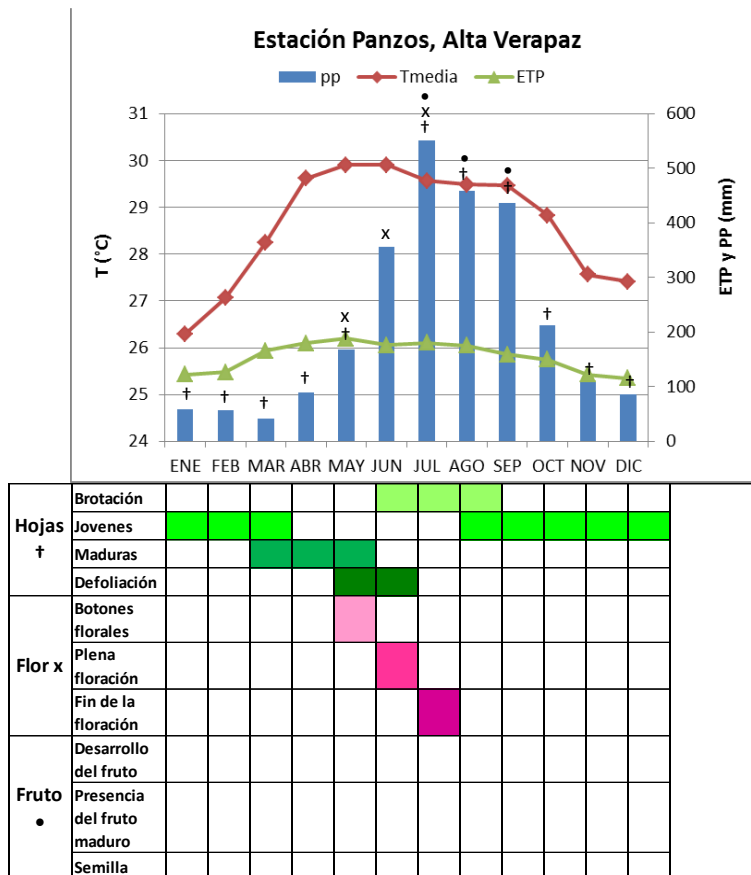


Figura 31 Climadiagrama de la estación Panzós y cuadro fenológico de *Dalbergia stevensonii* Standl.

En el cual se observa un leve descenso de temperatura en los meses de noviembre a febrero, aumentando para llegar al máximo punto entre los meses de Abril-Junio. De la misma forma, la precipitación es unimodal con un pico máximo en julio y mínimo febrero – marzo. El período de lluvia transcurre de mayo a octubre. La evapotranspiración de las poblaciones vegetales del área está en su mayor expresión en los meses de marzo a mayo. Con un superávit de precipitación muy reducido en Julio. La temperatura máxima anual es de 38.0 °C y T mínima anual de 10.0 °C.

Estado vegetativo.

El desarrollo de los brotes foliares comienza con el inicio de la temporada de mayor precipitación en el mes de junio hasta el mes de agosto. De aquí en adelante y hasta el mes de febrero las hojas se mantienen carnosas, de color verde claro y lustrosas. En el mes de marzo las hojas se tornan coriáceas, rígidas, de color verde oscuro que se torna amarillento antes de caer. Esta etapa coincide con el punto de menor precipitación en el área y un ascenso en la temperatura. La defoliación ocurre

en los meses de mayo a junio, en la temporada de mayor temperatura y un ambiente seco y cálido durante la mañana con períodos cortos de precipitación intensa.

Floración: El desarrollo de botones florales comienza en el inicio de la temporada de lluvia en el mes de mayo; el desarrollo de la floración plena en junio coincidiendo con la mayor temperatura, para finalizar en el mes de julio en la temporada de mayor precipitación.

Fructificación: El desarrollo del fruto comienza en el mes de julio, sin embargo, tanto en el área de Flores, Petén, al igual que en Ixcán y el PNLL no se observó desarrollo de frutos. Solamente hubo desarrollo de frutos en Poptún, Petén.

Se observó que las fuertes precipitaciones provocaron la caída de numerosas flores y esta puede una causa de la falta de fructificación de los árboles. Un factor climático que incide negativamente en el cuaje de frutos podría ser los fuertes cambios de temperatura y evapotranspiración; ya que en el día las temperaturas alcanzan los 30°C o más con un ambiente seco y durante la noche hay precipitación intensa. Así pues, es un clima de cambios drásticos y *D. stevensonii* parece ser una especie sensible a los mismos.

CICLO FENOLÓGICO



Figura 32 Ciclo fenológico de *Dalbergia Stevensonii* Standl. Los datos de fructificación se tomaron de Interiano, J., 2010, y Utrera L.P. (2007).

En la figura se observa el desarrollo fenológico desde la época de defoliación en los meses de mayo a junio, el período de floración en los meses de mayo a julio: la fructificación en los meses de julio hasta agosto, caída de los frutos maduros y secos en agosto, y el estado vegetativo de septiembre a abril. Ocurriendo un traslape entre la defoliación, la floración y el inicio de brotes foliares.

***Dalbergia tucurensis* Donn.** (Granadillo; Acuté (Q' eqch'í, Chisec).

Sinónimos.

D. variabilis var. *cubilquitzensis* Donn. Smith; *D. cubilquitzensis* Pittier (Standley, 1946)

Descripción botánica.

En la FTN los árboles miden de 10-25m de altura total, con un promedio de 13.13 m; la altura del fuste a primera rama es de 4-10 m, con un promedio de 6.0 m y el diámetro a la altura del pecho (DAP) varía de 25-90 cm, con un promedio de 40 cm. En el Petén, los árboles miden 10-22 m de altura total, con un promedio de 14.63 m; la altura del fuste a primera rama es de 1-10 m, con un promedio de 6.25 m y, el DAP varía de 17 – 73 cm, con un promedio de 39.32 cm. De fuste regular, cilíndrico y limpio hasta por lo menos 5 m. Cuando jóvenes los tallos son de color verdoso y con lenticelas. Corteza blanquecina con fisuras verticales a lo largo del fuste. La albura sufre oxidación al exponerse al ambiente, cambiando de color blanquecino a amarillo.



a.



b.

Figura 33 Árbol de *D. Tucurensis* Donn. a. fustes múltiples b. corteza fisurada.

Hojas: pinnadas de 18.5-36.5 cm de largo, su peciolulo es de 2-4 mm de largo, con foliolos generalmente 9-15, oblongos a oblongamente ovados; miden 5-8 cm de largo x 1.5-3 cm de ancho,

ápice agudo, obtuso o retuso; base redondeada u obtusa, raramente fuertemente pilosa o glabra en el haz, usualmente densamente castaña-pilosa en el envés, más o menos postrados, cortos. Presentan estípulas cuando jóvenes.



a.



b.

Figura 34 Hojas compuestas de *D. tucurensis* Donn. a. haz y envés de la hoja. b. hoja compuesta con inflorescencia axilar.

Inflorescencia: En panículas pequeñas más cortas que las hojas, muy densas y de muchas flores, pedunculadas, corimbiformes. Las inflorescencias son densamente pilosas con pelos cortos y postrados;

Flores: blancas cuando turgentes; se tornan cremosas al iniciar el proceso de marchitez; miden 4-6 mm de alto. Cáliz verde, gamosépalo, de 1.5-5.5 mm de alto, densamente piloso. Corola de prefloración vexilar, el estandarte es blanco con una ligera mancha verdosa en su base; pétalos glabros. La floración ocurre en el período de enero a marzo.



a.



b.

Figura 35 Inflorescencias de *Dalbergia tucurensis* Donn. a. inflorescencia en estado final de la floración. b. Inflorescencia en estado inicial de floración.

Fruto: legumbre oblonga, de 4.5-6 cm de largo y 1-1.5 cm de ancho, obtuso o redondeado y mucronado en el ápice, agudo en la base, aplanada, glabro, de venación reticulada. Con una sola semilla por vaina. La fructificación ocurre en el período de febrero a mayo; mes en el que hay semilla madura.



a.

b.

Figura 36 a- Ramas con hojas pinnadas y frutos de *D. tucurensis* Donn. b. Frutos en diferentes estados de madurez. Las primeras 3 vainas están parasitadas por insectos.

Semillas: Pequeñas, aplanadas de 1 cm de largo y 0.5 cm de ancho. Se encontraron generalmente parasitadas por insectos antes de madurar.



Figura 37 Semilla de *D. tucurensis* Donn. Parasitada por un insecto desde la etapa de floración.

CLIMA VERSUS FENOLOGÍA

Climadiagrama para Ixcán, Quiche.

En la figura se observa el Climadiagrama de la estación Chixoy (INSIVUMEH, 2014) para el área de Ixcán, Quiche, ubicada en las coordenadas X 160400; Y 902620 (GTM) a 140 msnm. Ésta es la estación más cercana al Ixcán y con mayor información disponible. Están en la misma zona de vida.

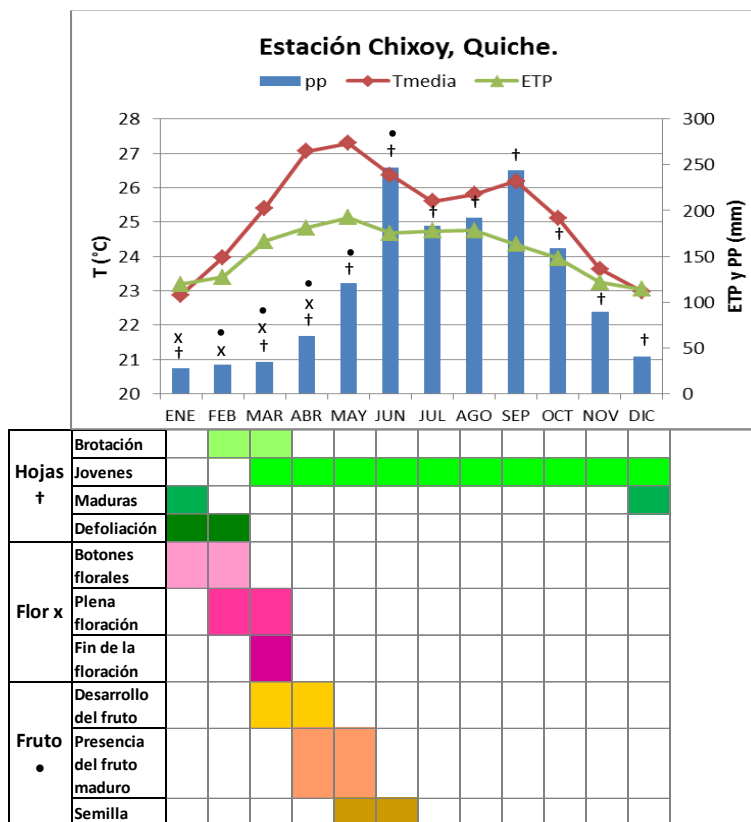


Figura 38 Climadiagrama de la estación Chixoy y cuadro fenológico de *Dalbergia stevensonii* Standl en Ixcán, Quiché y Chisec, Alta Verapaz.

Se observa que la precipitación es bimodal con dos picos máximos y dos mínimos, que tiene su menor presencia en el mes de Febrero-Abril y en Julio-Agosto y el punto de alta precipitación en Junio y Septiembre para descender en Octubre. La evapotranspiración media de las poblaciones vegetales del área es de 1657 mm/año. Su temperatura máxima anual de 42.8 °C, T mínima anual de 6.5 °C. y temperatura media de 25.3°C.

Estado vegetativo.

El desarrollo de los brotes foliares comienza en la temporada de menor precipitación en el mes de febrero y marzo, coincidiendo con la temporada de aumento de temperatura y evapotranspiración de las plantas. Posteriormente, en junio comienza la primera etapa de mayor precipitación y se asienta el período vegetativo de la especie. En esta etapa disminuye paulatinamente la evapotranspiración y declina la temperatura. Entre diciembre y enero las hojas se tornan de color verde oscuro, luego se secan y defolian. Esta es la época de menor precipitación y menor temperatura en el área.

Floración: El desarrollo de botones florales comienza en enero y febrero, con el inicio del aumento de la temperatura. La plena floración ocurre en febrero y marzo. En esta especie pueden observarse botones, flores y pequeños frutos al mismo tiempo.

Fructificación: El desarrollo de los frutos toma aproximadamente 4 meses; comienza en el mes de marzo y culmina en mayo-junio. La maduración coincide con el aumento de la temperatura y de la evapotranspiración. En los meses de mayo-junio, en la temporada de mayor precipitación, comienza la caída de los frutos maduros y secos.

Climadiagrama para Fray Bartolomé de las casas y Senahú, Alta Verapaz

En la figura se observa el Climadiagrama de la estación Cahabón (INSIVUMEH, 2014) para el área de Fray Bartolomé de las casas y Senahú, Alta Verapaz. Ubicada en las coordenadas X 153630; Y 894838 (GTM) a 380 msnm. Por ser la estación más cercana y con mayor información disponible.

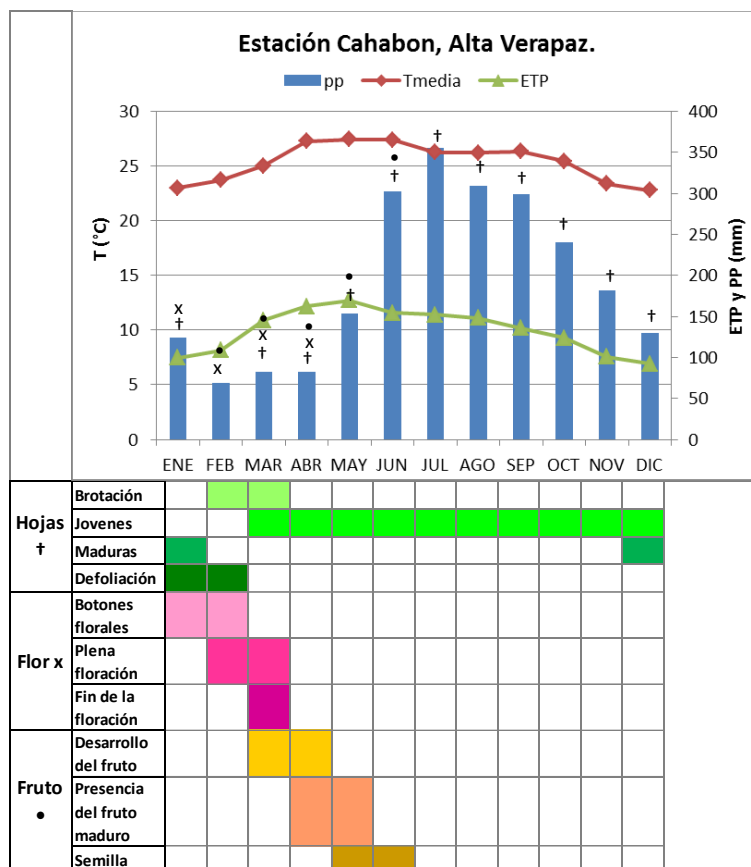


Figura 39 Climadiagrama de la estación Cahabón y cuadro fenológico de *Dalbergia tucurensis* Donn.

Se observa un descenso de temperatura en los meses de noviembre y Febrero aumentando para llegar al máximo punto entre los meses de Abril-Junio. De la misma forma la precipitación unimodal

con un pico máximo y uno mínimo, que tiene su menor presencia en el mes de Febrero a Abril y el punto de alta precipitación en Julio, un equilibrio en Agosto para descender en Septiembre. La evapotranspiración de las poblaciones vegetales del área está en su mayor expresión en los meses de marzo a mayo. Con un superávit de precipitación muy reducido en Julio. Su temperatura máxima anual de 38.0 °C y T mínima anual de 10.0 °C

Estado vegetativo.

El desarrollo de los brotes foliares comienza en la temporada de menor precipitación en el mes de febrero y marzo en la temporada de aumento de temperatura y evapotranspiración de las plantas, posteriormente comienza la primer etapa de mayor precipitación y periodo vegetativo juvenil de la especie en el cual disminuye paulatinamente la evapotranspiración y declina la temperatura, comenzando posteriormente la maduración de las hojas, hasta el mes de enero, en la época de menor precipitación en el área. Y posterior defoliación en los meses de enero y febrero en la temporada de menor temperatura.

Estado floración.

El desarrollo de botones florales comienza con el inicio del aumento de la temperatura en el mes de enero y febrero, el desarrollo de la floración plena en febrero y marzo, para finalizar en el mes de marzo-abril. En el caso de *D. tucurensis* Donn. en el mismo individuo y árboles cercanos pueden ocurrir botones y floración plena, así como, floración plena e inicio de formación de frutos.

Estado de fructificación.

El desarrollo del fruto comienza desde el final de la floración en el mes de marzo y comienza la maduración en los meses consecutivos con el aumento de la temperatura. En el mes de mayo junto a la temporada de mayor precipitación comienza la caída de los frutos maduros y secos.

CICLO FENOLÓGICO



Figura 40 Ciclo fenológico de *Dalbergia tucurensis* Donn.

En la figura se observa el desarrollo fenológico desde la época de defoliación en los meses de enero a febrero, el periodo de floración en los meses de enero a abril, la fructificación en los meses de marzo a mayo, caída de los frutos maduros y secos en mayo a junio, y el estado vegetativo de mayo a diciembre. Ocurriendo un traslape con la floración y los brotes foliares.

Reino: Plantae

Sub reino: Embryobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Rosidae

Orden: Fabales

Familia: Zygophyllaceae

Género: *Guaicum*

***Guaicum sanctum* L. (Guayacán)**

Árbol:

Arbustos o árboles de 5 a 16 m de altura total, de copa densa y redondeada, altura a la primera rama es de 0.5 a 3 m, con un dap entre 20 a 40 cm, corteza gris, escamosa, presentando parches amarillos al caer las escamas; fuste simulando un cuadrado conforme crece. Algunas veces alberga especies de la familia Bromeliaceae.



Figura 41 Árbol de la especie *G. sanctum* L. en Cabañas, Zacapa



Figura 42 Árbol de la especie *G. sanctum* L. en Tahuexco, Suchitepéquez



Figura 43 Corteza del árbol de la especie *G. sanctum* L.

Hojas:

Las hojas miden de 2.5 a 7.5 cm de largo; folíolos de 4 a 5 pares, angostamente oblongos a obovados, 1 a 4.5 cm de largo y 0.5 a 1.5 cm de ancho; raquis de 2.5 a 6.5 mm de largo; peciolulos de 0.4 a 1.2 mm, color verde oscuro en el haz y en el envés verde pálido, coriáceas y glabras.



Figura 44 Folíolos de la especie *G. sanctum* L.

Flores:

Muy llamativas y abundantes, moradas o azules en raros casos blancas o rosado pálido; pedúnculos de 1.5 a 3mm de largo, presenta en las axilas de brácteas axilares diminutas que se encuentran entre las estípulas, pocos a muchos juntos; cáliz 3 a 11 mm de largo y 2 a 5 mm de ancho; sépalos 5, deciduos; pétalos 5, unguiculados, retorcidos basalmente dando a las flores apariencia zigomorfa, obovados, 7 a 12 mm de largo. El período de floración es durante los meses de enero a abril y junio a julio.



Figura 45 Flores moradas o azules de la especie arbórea *G. sanctum* L.



Figura 46 Flores de la especie arbórea *G. sanctum* L. raras veces blancas o rosado pálido.

Fruto:

Obovoide, de 1 a 2 cm de largo, ca 1 cm de alto y 1.5 cm de ancho, amarillo a anaranjado cuando maduro; semillas 5 mm de largo, 1 a 4, negras, rodeadas por un arilo rojo brillante, por lo general 1 ó 2 madurando en cada fruto.



Figura 47 Fruto globoso de la especie *G. sanctum* L.

CLIMA VERSUS FENOLOGIA

Climadiagrama de la especie *Guaiacum sanctum* L., Río Hondo, Zacapa

La especie arbórea *G. sanctum* crece en las zonas de vida: Monte espinoso subtropical (me-S) y Bosque seco tropical (bs –T) (Cruz, 1982), en elevaciones que van de 260 msnm a 350 msnm, por lo que se definió la Estación Pasabien (INSIVUMEH, 2014), que se encontraba en Río Hondo a una elevación de 260 msnm, con coordenadas 588107.61 X, 1662189.30 Y; ésta comparte la zona de vida de la especie. Los factores climáticos que se presentan en el área como la precipitación, temperatura y la evapotranspiración inciden en las fases fenológicas.

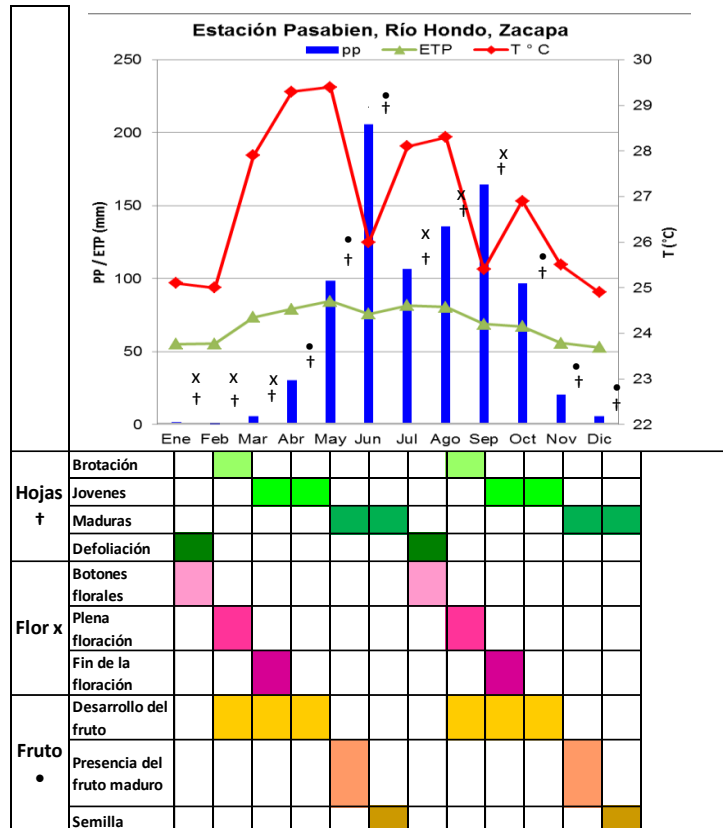


Figura 48 Climadiagrama de la región oriente y cuadro fenológico para *G. sanctum* L.

Estado vegetativo

En el mes de febrero, existe defoliación parcial, las hojas son jóvenes terminado el verano, en los meses marzo y abril. Así, en los meses de mayor precipitación, mayo a julio, las hojas madurando soporte a los frutos que se encuentran en desarrollo. En la época de canícula que se da durante los meses de julio y agosto, el estado vegetativo inicia su período de defoliación parcial, hojas jóvenes, en los meses septiembre y octubre, llegando a hojas maduras, en los meses de noviembre a diciembre.

Estado de floración

Los meses de menor precipitación, noviembre, enero, febrero, marzo y abril, no sobrepasa de los 20 mm, donde la temperatura aumenta, teniendo un máximo de casi 30 °C en abril. Estos se consideran meses secos ya que, la evapotranspiración en dicho mes, alcanza 70 mm mayor que la precipitación, siendo necesario para que la especie arbórea presente el desarrollo de los botones florales y la plena floración durante esta fase existe defoliación y hojas jóvenes. Debido a la canícula

que se presenta en julio y agosto, cuando la temperatura aumenta a 28 °C y la evapotranspiración está a 70 mm, la especie florea por segunda vez al año.

Fructificación

Las precipitaciones se presentan en los meses: mayo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre. El mes de junio ocurre la mayor precipitación, con 200 mm, en estas condiciones existe la presencia del fruto maduro así, en el mes de julio aproximadamente se tiene la semilla. Luego, en agosto, septiembre y octubre se presenta por segunda vez del año, el desarrollo del fruto, la presencia del fruto maduro. La semilla se podrá obtener aproximadamente en diciembre y enero, pudiendo ser los meses de colecta, cuando la precipitación ha disminuido.

Climadiagrama de *Guaiacum sanctum* L. en Churirin y Tahuexco, Suchitepéquez

Debido a la falta de información de las estaciones climatológicas cercanas al área de estudio, se eligió la Estación Puerto San José. Está comparte la zona de vida de *G. sanctum*. Dicha estación se encuentra en el área costera de Escuintla, a una elevación de 50 msnm, con coordenadas 135610X, 905004Y. La especie arbórea *G. sanctum* crece en las zona de vida: Bosque húmedo subtropical (cálido) (bs –S (c)) (Cruz, 1982), con elevaciones que van de 15 msnm a 30 msnm, la especie crece cerca del mar en una franja de 10 km de largo por 4 km de ancho, en su mayoría en cercos vivos.

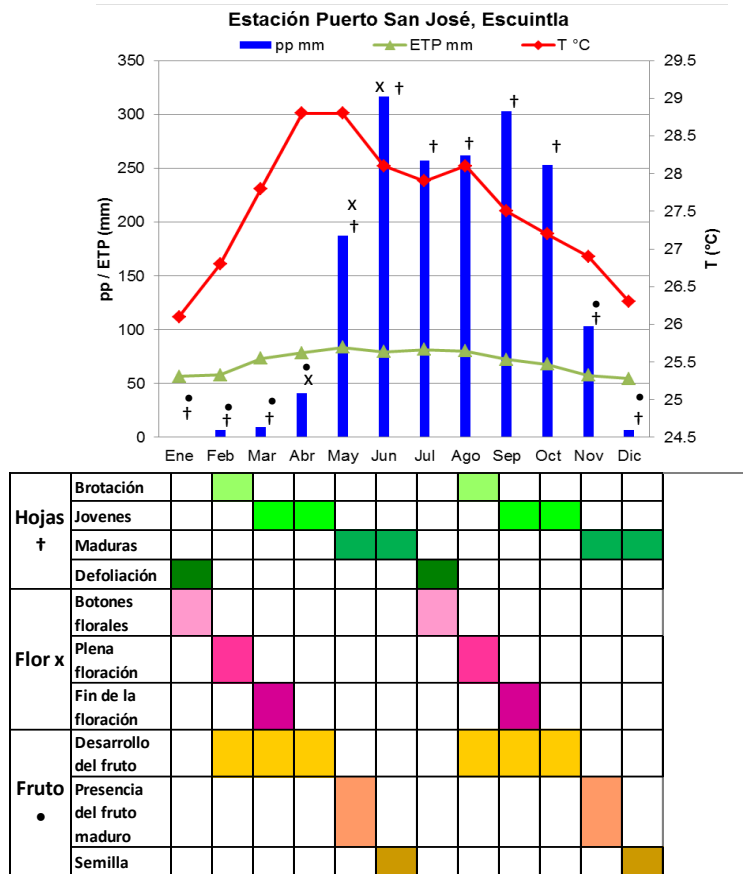


Figura 49 Climadiagrama de la región sur y cuadro fenológico para *G. sanctum* L.

Los factores climáticos que se presentan en el área como la precipitación, temperatura y la evapotranspiración inciden en las fases fenológicas, como se observa en la comparación de la fenología y el climadiagrama de la estación Puerto San José (INSIVUMEH, 2014).

Estado vegetativo

En el mes de enero, existe defoliación parcial, las hojas son jóvenes terminado el verano, en los meses marzo y abril. Así, en los meses de mayor precipitación, mayo a julio, las hojasmadurando soporte a los frutos que se encuentran en desarrollo. En la época de canícula que se da durante los meses de julio y agosto, el estado vegetativo inicia su período de defoliación parcial, hojasjóvenes, en los meses septiembre y octubre, llegando a hojas maduras, en los meses de noviembre a diciembre.

Floración

Los meses de menor precipitación, diciembre, enero, febrero, marzo y abril, no sobrepasa de los 25 mm, donde la temperatura aumenta, teniendo un máximo de casi 29 °C en abril y mayo. Abril se considera mes seco ya que, la evapotranspiración en dicho mes, alcanza 80 mm aproximadamente, mayor que la precipitación, siendo necesario para que la especie arbórea presente el desarrollo de los botones florales y la plena floración durante esta fase existe defoliación y hojas jóvenes. Debido a la canícula que se presenta en julio y agosto, cuando la temperatura se encuentra en 27 °C y 28 °C y la evapotranspiración está en 60 mm - 70 mm, la especie florea por segunda vez al año.

Fructificación

Las precipitaciones se presentan en los meses: mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre. El mes de junio ocurre la mayor precipitación, con 310 mm, en estas condiciones existe la presencia del fruto maduro así, en el mes de julio aproximadamente se tiene la semilla. Luego, en agosto, septiembre y octubre se presenta por segunda vez del año, el desarrollo del fruto, la presencia del fruto maduro. La semilla se podrá obtener aproximadamente en diciembre y enero, pudiendo ser los meses de colecta, cuando la precipitación ha disminuido.

Aunque el período fenológico sea similar entre las dos regiones, existe diferencia en los tamaños de las hojas y frutos, pueda ser porque en la costa sur las cantidades de precipitación sean mayores.

CICLO FENOLÓGICO



Figura 50 Ciclo fenológico de *Guaiacum sanctum* L.

En la figura se observa el desarrollo fenológico desde la época de defoliación parcial en los meses de febrero a abril y agosto, el periodo de floración en los meses de febrero a abril y agosto a octubre, la fructificación en los meses de mayo hasta julio y noviembre, liberación de semilla de junio a julio y diciembre a enero y estado vegetativo de marzo y noviembre. Ocurriendo un traslape con la floración y la defoliación. Nótese que ocurren dos ciclos fenológicos durante el año.

Sistemática del género *Swietenia*.

Reino: Plantae

Sub reino: Embryobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Rosidae

Orden: Sapindales

Familia: Meliaceae

Género: *Swietenia*

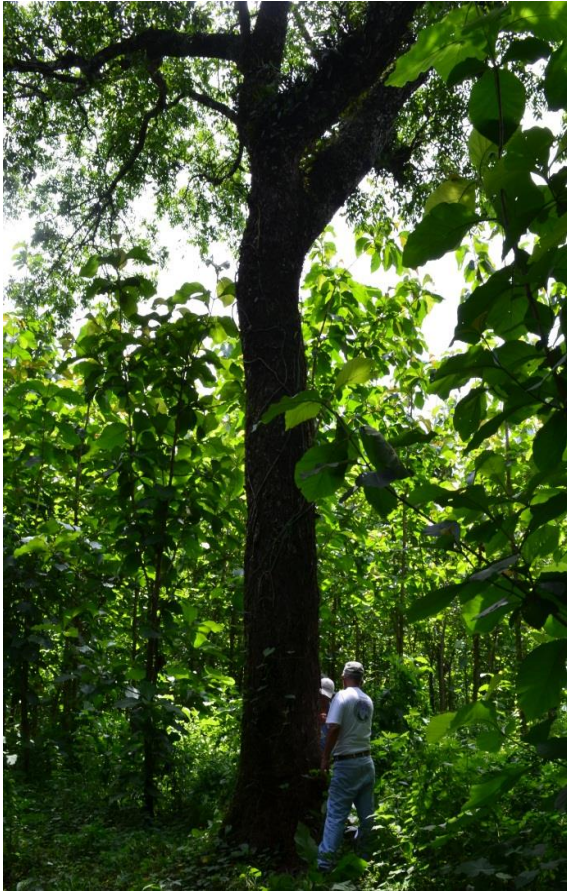
Especie *Swietenia humilis* Zucc.

Árbol:

Deciduos de 10 a 30m de altura total y altura a la primera rama de 2.75 a 12 m, con un Dap de 15 a 100 cm tiene una copa mediana, alberga especies de la familia *Bromeliaceae*, es frecuente en las zonas húmedas; corteza fisurada, gris – café; el fuste cilíndrico recto.



Figura 51 Corteza y copa del árbol de la especie *S. humilis* Zucc.



a.



b.

Figura 52 Árbol de la especie *S. humilis* Zucc. a. En Patulul, Suchitepéquez, b. en San José La Arada, Chiquimula

Hojas:

Agrupadas en los extremos de las ramitas, hasta 22 cm de largo, con 6 a 12 folíolos; folíolos ovados a elíptico-ovados, 7 a 20 cm de largo y 2 a 6.5 cm de ancho, ápice caudado o largamente acuminado, terminado en un hilo filiforme, base redondeada o aguda, glabros o ceráceos, nervadura reticulada, prominente y elevada en ambas superficies, a veces glaucos en el envés; sésiles o casi así; raquisde 14 a 38 cm de largo.



Figura 53 Folíolos asimétricos, de margen entero de la especie *S. humilis* Zucc.

Inflorescencia:

Usualmente axilares, 11.5 a 22 cm de largo, muy ramificadas, formando tirsos terminales densamente agrupados y glabros.

Flor:

Cáliz 5-lobado, lobos obtusos o deltados, 1 a 2 mm de largo y 1 a 3 mm de ancho; pétalos liguliformes a obovados, 3 a 5.5 mm de largo y 1.5 a 3 mm de ancho, ápice redondeado, margen ciliolado, blanco-verdoso; tubo estaminal cilíndrico a urceolado, 3.5 a 4.5 mm de largo, con 10 apéndices cortamente acuminados o angostamente deltados en el ápice, anteras 10, dentro del ápice del tubo, anteroides más pequeños que las anteras, café oscuros, indehiscentes; nectarop anular, margen crenulado, inconspicuo en las flores pistiladas; ovario globoso, glabro, lóculos con 12 a 14 óvulos, pistilodio delgado y con óvulos rudimentarios.

El período de floración es durante los meses de diciembre a marzo.



Figura 54 Flores de la especie *S. humilis* Zucc.

Fruto:

En forma de cápsula alargada y ovoide, 11.5 a 15 cm y 5.5 a 9.5 cm de diámetro, lisa o distintamente foveolada, café gris pálida, valvas exteriores muy leñosas, valvas interiores más delgadas, con manchas café pálidas y blancas; estípites 5.3 a 15 cm de largo; semillas 7 a 10 cm de largo incluyendo el ala, café-pajizas pálidas; ala que le permite a la semilla ser dispersada por el viento.



Figura 55 Fruto y semilla de la especie *S. humilis* Zucc.



Figura 56 Frutos de *S. humilis* en diferentes estadios de maduración.

CLIMA VERSUS FENOLOGIA

Climadiagrama de *Swietenia humilis* Zucc, en Río Hondo, Zacapa

La especie arbórea *S. humilis* crece en las zonas de vida: Bosque seco tropical (bs – T) y Bosque Muy Húmedo Subtropical (templado) (bmh-S (t)) (Cruz, 1982), en elevaciones que van de 220 msnm a 800 msnm.

La Estación Pasabien, se encontraba en Río Hondo a una elevación de 260 msnm con coordenadas 588107.61 X, 1662189 Y; el período de monitoreo de esta estación fue del año 1990 al 2011, comparte la zona de vida Bosque seco tropical (bs – T) (Cruz, 1982).

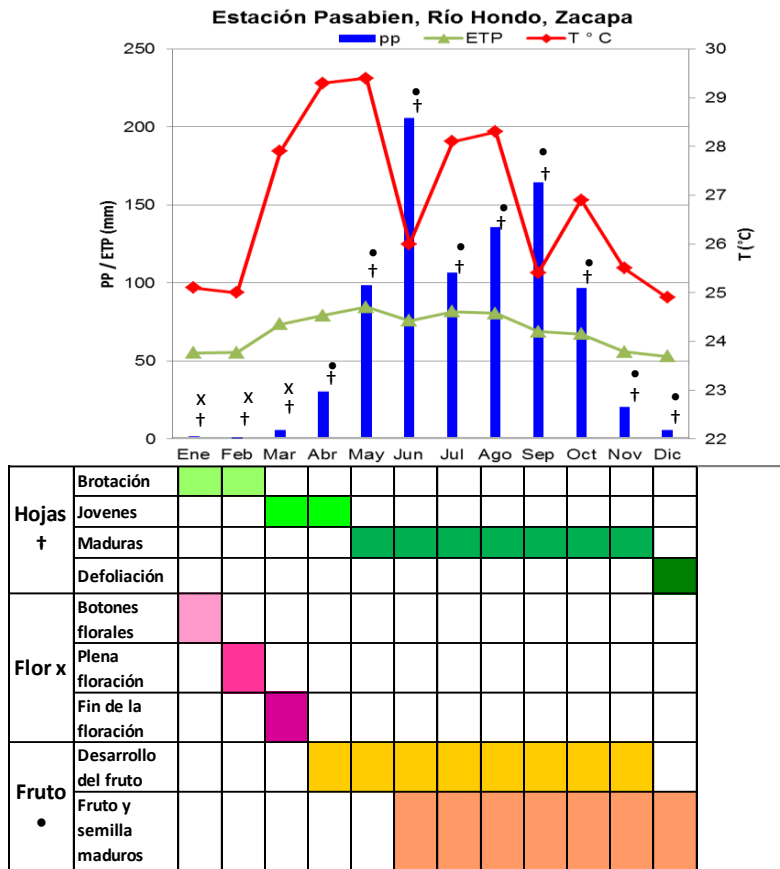


Figura 57 Climadiagramas de la región oriente y cuadro fenológico para *S. humilis* Zucc.

Los factores climáticos que presentan en el área como la precipitación, temperatura y la evapotranspiración inciden en las fases fenológicas, dichos factores están representados por días despejados en la mayor parte del año y una escasa precipitación anual.

Estado Vegetativo

En el mes de diciembre ocurre la defoliación parcial. Los brotes se tornan de colores naranja o rojizos; esto sucede en enero y febrero. Las hojas son jóvenes se presentan en los meses marzo y abril. Así, en los meses de mayor precipitación, durante los meses de mayo a noviembre, las hojas maduran dando soporte a los frutos que se encuentran en desarrollo.

Floración

El climadiagrama de la estación Pasabién (INSIVUMEH, 2014) presenta, los meses de menor precipitación que son: diciembre, enero, febrero y marzo, no sobrepasa de los 90 mm y donde la temperatura inicia a aumentar, iniciando con temperaturas de 26 °C a 27 °C, en el mes de marzo,

los meses antes mencionados se consideran meses secos ya que, la evapotranspiración en estos meses está en un rango de 50 mm a 90 mm. En marzo la evapotranspiración es igual que la precipitación (90 mm); se infiere que estas condiciones son necesarias para inducir el desarrollo de botones florales y la floración en esta especie.

Fructificación

La mayor cantidad de precipitación se presenta en los meses de: abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre, teniendo la mayor cantidad de precipitación en los meses de junio y septiembre con 590 y 680 mm; asegurando el desarrollo del fruto y la plena fructificación que, se lleva a cabo en 7 u 8 meses aproximadamente. Las cápsulas liberan semilla en noviembre y diciembre e incluso hasta enero.

El estado de fructificación en la región oriente y sur es similar sin embargo, el estado de maduración del fruto es lento en comparación de la región costa sur también, los tamaño de fruto se muestra pequeño en comparación al de la costa sur, debido a que en la región de oriente existe menor cantidad de precipitación y altas temperaturas.

Climadiagrama de *Swietenia humilis* Zucc, en Patulul, Suchitepéquez

La especie arbórea *S. humilis* crece en las zonas de vida: Bosque muy húmedo subtropical (Bh - ms) (Cruz, 1982), en elevaciones que van de 550 msnm a 900 msnm, por lo que se definió la Estación Los Tarrales, que se encontraba en Patulul, Suchitepéquez a una elevación de 760 msnm, con coordenadas 43120X, 910808Y

Debido a que está área donde se desarrolla dicha especie arbórea es Bocacosta, se tiene una composición natural diversa. Los factores climáticos que presentan en el área como la precipitación, temperatura y la evapotranspiración inciden en las fases fenológicas

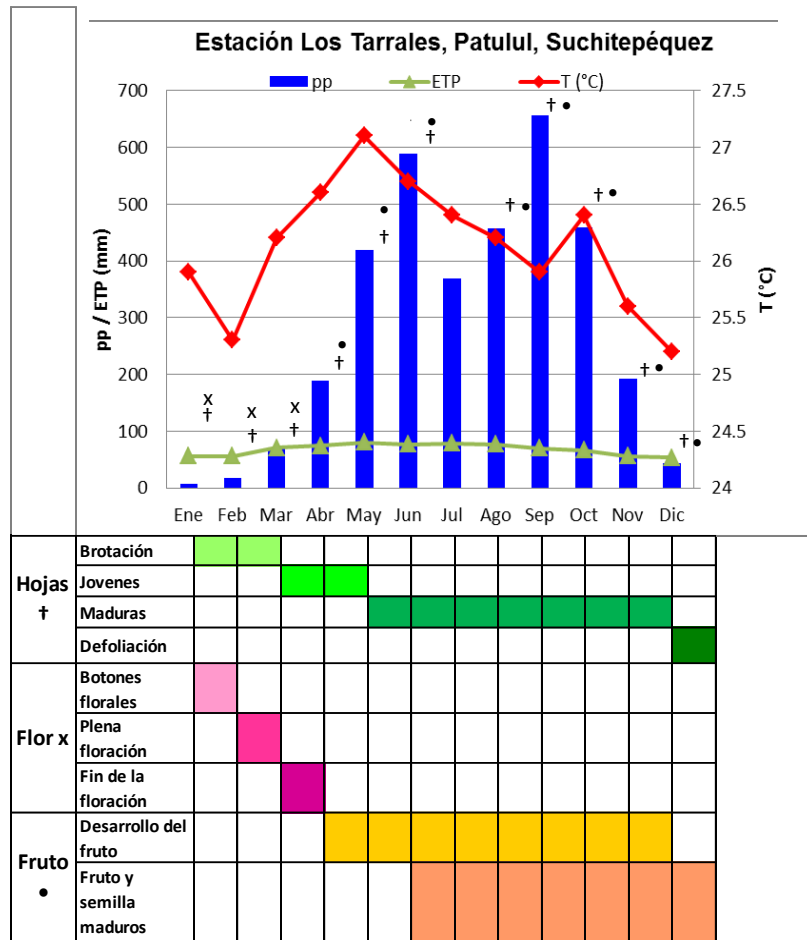


Figura 58 Climadiagrama de la región sur y cuadro Fenológico para *S. humilis* Zucc.

Estado vegetativo

En el mes de diciembre, con el inicio de la época seca, ocurre la defoliación parcial de los árboles. Entre enero y febrero, en plena época seca, aparecen brotes nuevos, los cuales son de color naranja-rojizos. Entre marzo y abril, se observan hojas jóvenes de color verde claro. En los meses de mayor precipitación, de mayo a noviembre, las hojas maduran dando soporte a los frutos que se encuentran en desarrollo.

Floración

El período de floración de *S. humilis* ocurre en época seca, iniciando con la presencia de botones florales en enero, luego ocurre la plena floración en febrero y finaliza en marzo. Se infiere que las condiciones de sequía inducen la floración de esta especie.

Fructificación

La mayor cantidad de precipitación se presenta en los meses de abril a noviembre; ocurriendo la mayor cantidad de precipitación en junio y septiembre con 590 y 680 mm, respectivamente. Estas condiciones son propicias para el desarrollo del fruto y su maduración. Las cápsulas maduran y liberan semilla en los meses de octubre a diciembre; siendo ésta la temporada de colecta de semilla.

CICLO FENOLOGICO



Figura 59 Ciclo fenológico de *Swietenia humilis* Zucc.

Especie: *Swietenia macrophylla* King. (Caoba, Ajanté (Q'eqchi') Mohogany)

Descripción botánica.

Árbol de gran tamaño, de 20 a 60 m de altura según la literatura; de hasta 30 m de altura según datos de campo, con un promedio de 22 m; altura a primera rama variando de 6 a 20 m, con un promedio de 11 m. Los arboles adultos miden entre 75 a 150 cm de diámetro a la altura del pecho, según la literatura y según datos de campo, el DAP varía de 46 a 157 cm; con una copa de diámetro aproximado de 14 m. Su fuste es recto principalmente, libre de ramas en buena proporción, bastante cilíndrico, los contrafuertes pueden tener una altura de más de 4 m. Corteza externa a color café rojizo con fisuras profundas a lo largo del fuste, la cara interna es de color rosado rojizo a café



Figura 60 Fuste de *S. macrophylla* en ambas fotografías.

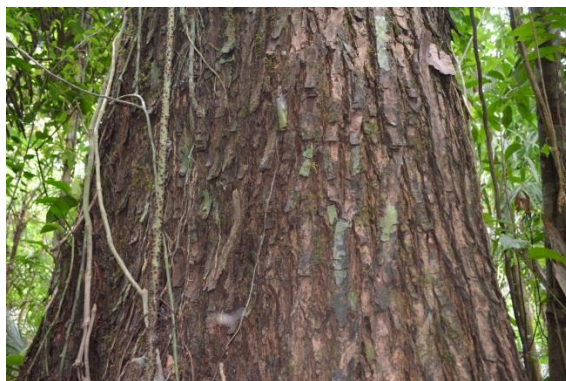


Figura 61 Árbol de *Swietenia macrophylla* King. a. Fuste limpio de *S. macrophylla*; b. Contra fuertes de *S. macrophylla*, c. corteza fisurada de *S. macrophylla*.

Hojas: compuestas, alternas, paripinnadas; de 20 a 40 cm de largo; pecioladas, portando de 6 a 12 foliolos delgados, asimétricos longitudinalmente, oblicuamente lanceolados, que miden por lo regular de 8 a 20 cm de largo y 2.5 a 7 cm de ancho, acuminados en el ápice, agudos o muy oblicuos en la base del haz verde oscuro brillante, envés verde pálido, glabros.



a.



b.

Figura 62 Hoja compuesta de *S. macrophylla* King. a. Vista del haz la hoja compuesta con 12 foliolos, b. vista del envés de la misma hoja.

Inflorescencia: panículas de 10 a 20 cm de largo o más, glabras.

Flores: cáliz 2 a 2.5 mm de largo lóbulos cortos, redondeados; 5 pétalos ovados de color blanco, 5 a 6 mm de largo; 10 estambres formando un tubo cilíndrico con dientes agudos o acuminados (Standley, 1946); período de floración de Abril a Junio.



Figura 63 Inflorescencia tipo panícula de *S. macrophylla* King

Fruto: es una cápsula ovoide dehiscente, comúnmente de 6 a 25 cm de largo y 2 a 12 cm de diámetro, reducido hasta el ápice en la punta, color pardo grisáceo, de epicarpio duro, liso o diminutamente verrugoso; con 4 y 5 valvas leñosas de 6 a 8 mm de grueso; cada cápsula contiene entre 45 a 70 semillas, esponjosas y frágiles (Standley, 1946). El desarrollo y maduración de frutos tarda casi un año.



a.



b.

Figura 64 Frutos de *Swietenia macrophylla* King. en Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz. a. Frutos maduros junto a etapa de brotes foliares. b. Fruto tipo capsula comenzando a abrir.

Semillas: sámaras aladas, livianas, de 7.5 a 10 cm. de largo por 2.0 a 3.0 cm de ancho, color café-rojizo, sabor muy amargo, la liberación ocurre de marzo a Junio.



Figura 65 Liberación por el viento de semillas tipo sámaras de *S. macrophylla* King.

CLIMA VERSUS FENOLOGIA

Climadiagrama para Ixcán, Quiché y el Parque Nacional Laguna Lachuá, Cobán, Alta Verapaz.

En la figura se observa el Climadiagrama de la estación Chixoy (INSIVUMEH, 2014), ubicada en las coordenadas X 160400; Y 902620 (GTM) a 140 msnm, en la Zona de Vida Bosque muy húmedo Sub-tropical Cálido. Esta estación es la más cercana y está en la misma Zona de Vida que Ixcán y el Parque Nacional Laguna Lachuá, que fueron monitoreados; por lo que su información se utilizó para el análisis de clima en dichas localidades.

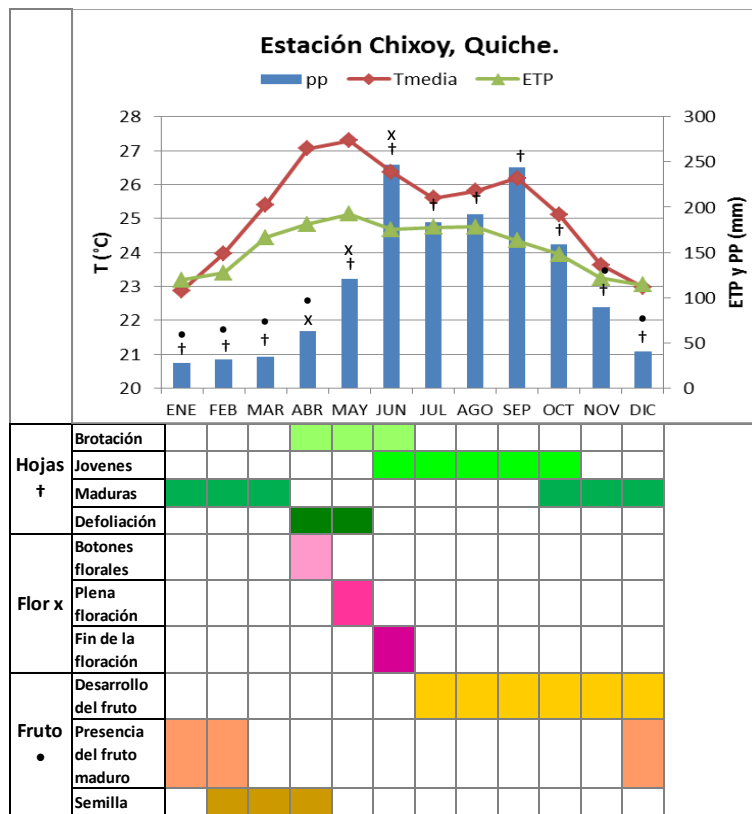


Figura 66 Climadiagrama de la estación Chixoy y cuadro fenológico de *Swietenia macrophylla* King.

En el climadiagrama se observa que la precipitación es bimodal, con dos picos de precipitación en junio y septiembre para descender en octubre. La evapotranspiración media de las poblaciones vegetales del área es de 1657 mm/area. La temperatura máxima anual es de 42.8°C, T mínima anual de 6.5°C y la temperatura media de 25.3°C.

Estado vegetativo:

El desarrollo de los brotes foliares comienza en la temporada de inicio de lluvias en el mes de abril hasta el mes de junio, coincidiendo con la temporada de mayor temperatura y evapotranspiración de las plantas; en julio ocurre una canícula y se estabiliza la evapotranspiración, para esta etapa las hojas tienen color verde claro. En el mes de octubre declina la temperatura y disminuyen las lluvias, lo cual induce a la maduración de las hojas, que se tornan de color verde oscuro y duran así hasta el mes de marzo. Esta es la época de menor precipitación en el área. La defoliación se da en los meses de abril y mayo, en la temporada de mayor temperatura.

Floración:

El desarrollo de botones florales comienza en abril, con el inicio de la temporada de lluvias y simultáneamente con el desarrollo de los brotes foliares. La plena floración ocurre en mayo, en el punto de mayor temperatura, máxima evapotranspiración y presencia de lluvia, para finalizar en el mes de junio.

Fructificación:

El desarrollo del fruto ocurre en los meses de mayo a diciembre; la maduración inicia en noviembre, con la disminución de la lluvia y la temperatura. La liberación de semilla se da entre diciembre y febrero.

Climadiagrama para Fray Bartolomé de las Casas y Senahú, Alta Verapaz.

En la figura se observa el Climadiagrama de la estación Cahabón (INSIVUMEH, 2014), ubicada en las coordenadas X 153630; Y 894838 (GTM) a 380 msnm, en una zona de vida de Bosque muy húmedo Sub-tropical Cálido. Esta estación es la más cercana y está en la misma zona de vida que las áreas estudiadas, por lo que su información se utilizó para el análisis de clima en el área de Fray Bartolomé de las Casas (180 msnm) y Senahú (100 msnm), Alta Verapaz.

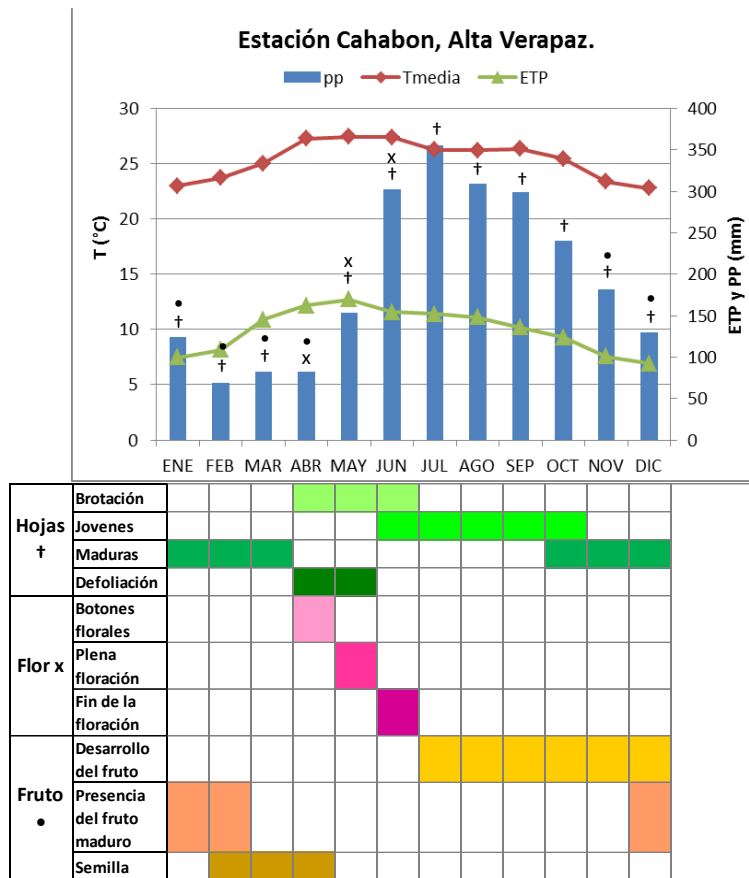


Figura 67 Climadiagrama de la estación Cahabón y cuadro fenológico de *Swietenia macrophylla* King.

El Climadiagrama muestra que en la región no hay una época seca bien marcada, pues aunque la lluvia disminuye entre febrero y abril, ésta no cesa completamente. La precipitación es unimodal; con un pico máximo en julio de 350 mm/mes. La temperatura es muy estable pues la media en el año varía entre los 23 y 27°C. La evapotranspiración (ETP) de las plantas también muestra estabilidad, ya que varía entre 90 y 150 mm/mes.

Estado vegetativo.

El desarrollo de los brotes foliares ocurre entre abril y junio, y con el aumento de las lluvias se da el desarrollo foliar. De junio a octubre las hojas presentan color verde claro; su color es verde oscuro en los meses de octubre a marzo, época en que disminuyen la precipitación, la temperatura y la ETP. La defoliación se da en los meses de abril y mayo, temporada de mayor temperatura.

Floración:

El desarrollo de botones florales ocurre en abril, junto con el desarrollo de los brotes foliares. La floración plena se da en mayo, cuando ha iniciado el período lluvioso, para finalizar en el mes de junio.

Fructificación.

El desarrollo del fruto comienza en mayo transcurriendo hasta el mes de diciembre; en el cual ya hay presencia de frutos maduros. La liberación de semillas ocurre de diciembre a febrero.

Climadiagrama para El Estor, Izabal.

En la figura XX. Se observa el Climadiagrama de la estación Panzós (INSIVUMEH, 2014), ubicada en las coordenadas X 152350; Y 893838 (GTM) a 30 msnm; en una zona de vida de Bosque muy húmedo Sub-tropical Cálido. Esta estación es la más cercana y está en la misma Zona de Vida que el Estor (120 msnm) por lo que su información se utilizó para el análisis de clima de esa localidad.

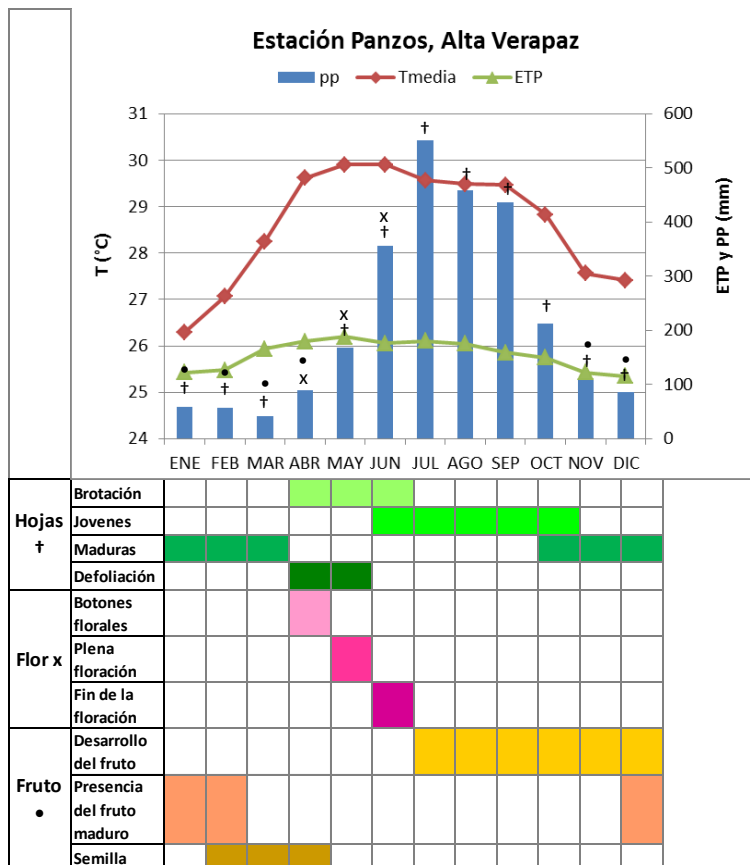


Figura 68 Climadiagrama de la estación Panzós y cuadro fenológico de *Swietenia macrophylla* King.

El Climadiagrama muestra que la región tiene una corta estación seca, que se marca entre enero y marzo, pero que aún en esta temporada hay una precipitación mensual que varía entre 40 y 60 mm. La época lluviosa inicia en abril, es unimodal con un pico máximo de 540 mm/mes en julio.

La temperatura es muy estable pues la media en el año varía entre los 26 y 30°C. La evapotranspiración (ETP) de las plantas también muestra estabilidad, ya que varía entre 110 y 160 mm/mes.

En el cual se observa un descenso de temperatura en los meses de noviembre y Febrero aumentando para llegar al máximo punto entre los meses de Abril-Junio. De la misma forma la precipitación unimodal con un pico máximo y uno mínimo, que tiene su menor presencia en el mes de Febrero a Abril y el punto de alta precipitación en Julio, un equilibrio en Agosto para descender en Septiembre. La evapotranspiración de las poblaciones vegetales del área está en su mayor expresión en los meses de marzo a mayo. Con un superávit de precipitación muy reducido en Julio. Su temperatura máxima anual de 38.0 °C y T mínima anual de 10.0 °C.

Estado vegetativo.

El desarrollo de los brotes foliares comienza en la temporada de inicio de lluvias en el mes de abril hasta el mes de junio en la temporada de aumento de temperatura y evapotranspiración de las plantas, posteriormente comienza la etapa de mayor precipitación y periodo vegetativo juvenil de la especie en el cual se estabiliza la evapotranspiración y declina la temperatura, por el punto mayor precipitación, comenzando posteriormente la maduración de las hojas, hasta el mes de marzo, en la época de menor precipitación en el área. Y posterior defoliación en los meses de abril y mayo, temporada de mayor temperatura.

Floración.

El desarrollo de botones florales comienza en el comienzo de la temporada de precipitación en el mes de abril, junto con el desarrollo de los brotes foliares, el desarrollo de la floración plena en mayo punto de mayor temperatura y máxima evapotranspiración, para finalizar en el mes de junio antes de la temporada de máxima precipitación.

Fructificación.

El desarrollo del fruto comienza desde el final de la floración en el mes de junio hasta el punto donde comienzan a ser visibles, y comienza la maduración en los meses consecutivos desde el mes de noviembre con el declive de la precipitación, para comenzar la liberación de la semilla en febrero a abril con el aumento de la temperatura junto con la defoliación completa.

CICLO FENOLÓGICO GENERAL



Figura 69 Ciclo fenológico de *Swietenia macrophylla* King.

En la figura se observa el desarrollo fenológico desde la época de defoliación en los meses de abril a mayo, el periodo de floración en los meses de abril a junio, la fructificación en los meses de julio hasta febrero, liberación de semilla de febrero a abril y estado vegetativo de junio a marzo. Ocurriendo un traslape con la floración y la defoliación.

DESCRIPCION DEL AMBIENTE

***Dalbergia stevensonii* Standl. y *Dalbergia tucurensis* Donn. Ixcán, Quiche**

Abarcada por la zona de vida de Holdridge clasificada como bosque muy húmedo subtropical cálido bmh-S(c) que abarca desde una parte de Huehuetenango, Quiche, Alta Verapaz hasta Izabal y la parte sur de Petén. (Cruz, 1982).

Según datos de campo se encuentra a una altimetría de 180 a 230 msnm. Área de potreros y cultivo, los individuos de “Rosul” (*D. stevensonii* Standl.) y “granadillo” (*D. tucurensis* Donn) son utilizados como sombra y cerco en su mayoría.



a.



b.

Figura 70... Ambiente de Ixcán, Quiche. a. árboles en su mayoría presentes en cerco de áreas agrícolas. b. suelo marrón de profundidad mayor a un metro.

***Dalbergia stevensonii* Standl. y *Swietenia macrophylla* King. Parque Nacional Laguna Lachua, Cobán, Alta Verapaz**

Abarcada por la zona de vida de Holdridge clasificada como bosque muy húmedo subtropical cálido bmh-S(c) que abarca desde una parte de Huehuetenango, Quiche, Alta Verapaz hasta Izabal u la parte sur de Petén. (Cruz, 1982).

El área del Parque Nacional Laguna Lachua con altimetría que va desde 177 hasta 240 msnm, presenta características de un bosque primario o maduro con un alta área basal en el rodal, una amplia distribución diamétrica en la población específica y en las demás especies acompañantes, el

dosel presenta pequeños claros comunes y claros grandes poco frecuentes. Lianas y epifitas muy comunes e invadiendo a los individuos. Alta abundancia de troncos en el suelo y con individuos con un Dap superior a los 70 cm. Caracterizado por un ambiente húmedo de dosel cerrado, abundante soto bosque en latizales y brinzales, regeneración natural de Caoba y Rosul en abundancia y hojarasca abundante sobre el suelo con materia orgánica incorporada.

Las Especies Asociadas principales son: Canxán (*Terminalia amazonia*), Santa maria (*Calophyllum brazilense*), San juan (*Vochysia guatemalensis*), Palo de jiote (*Bursera Simaruba Linneo*), Paterna (*Inga paterno Harms.*), Guarumo (*Paurama aspera*), Irayol (*Genipa americana*), Güiscoyol (*Bactris trichophylla*) y Lancetillo (*Astrocaryum mexycanum*)



a.



b.

Figura 71... Ambiente de Parque Nacional Laguna Lachua. a. Perfil del área boscosa dentro del parque. b. Límite del parque en colindancia con zonas agrícolas.

***Dalbergia stevensonii* Standl. y *Dalbergia tucurensis* Donn. Chisec, Alta Verapaz**

Abarcada por la zona de vida de Holdridge clasificada como bosque muy húmedo subtropical cálido bmh-S(c) que abarca desde una parte de Huehuetenango, Quiché, Alta Verapaz hasta Izabal u la parte sur de Petén. (Cruz, 1982).

La altimetría del área de estudio varía desde 176 hasta 227 msnm. Según datos de campo. Presenta características de un bosque talado selectivamente con un área basal intermedia, la distribución diamétrica de los fustes es intermedia a regular, con claros frecuentes y dosel de altura uniforme, las lianas y epifitas son raras, abundancia de troncos muertos tirados en el suelo, aunque no hay presencia fustes grandes mayores a 70 cm en Dap. Debido a aprovechamiento selectivo de los individuos. Es un ambiente húmedo con abundancia de sotobosque en latizal y regeneración madura natural de Rosul, abundancia de herbáceas y pasto (Cyperaceas), pero baja presencia de materia orgánica incorporada.

Las Especies Asociadas principales son: Canxan (*Terminalia amazonia*), Santa maria (*Calophyllum brazilense*), San juan (*Vochysia guatemalensis*), Tamarindo (*Dialium guianensis*), Irayol (*Genipa americana*), Güiscoyol (*Bactris trichophylla*), Labios de mujer (*Cephaelis glomerulata*) y Navajuela (cyperacea).

También área de potreros en las que se existe regeneración natural joven de *D. tucurensis* Donn. y pastizales.



Figura 72... Ambiente de Chisec, Alta Verapaz

***Dalbergia tucurensis* Donn y *Swietenia macrophylla* King. en Fray Bartolomé de las Casas y Senahú Alta Verapaz**

Abarcada por la zona de vida de Holdridge clasificada como bosque muy húmedo subtropical cálido bmh-S(c) que abarca desde una parte de Huehuetenango, Quiché, Alta Verapaz hasta Izabal u la parte sur de Petén (Cruz, 1982).

Según datos de campo posee una altimetría de por lo menos 170 a 380 msnm Es un área con aprovechamientos forestales en regeneración rodeado de plantaciones de palma africana y áreas agrícolas. Individuos jóvenes de no más de 40 cm de dap tanto para *D. tucurensis* como para *S. macrophylla*.



a.



b.

Figura 73 Ambiente de Fray Bartolomé de las Casas. a. áreas agrícolas en su mayoría. b. suelos rojizos y plásticos.

***Dalbergia stevensonii* Standl. y *Swietenia macrophylla* King. En El Estor, Izabal**

Abarcada por la zona de vida de Holdridge clasificada como bosque muy húmedo subtropical cálido bmh-S(c) que abarca desde una parte de Huehuetenango, Quiche, Alta Verapaz hasta Izabal u la parte sur de Petén. (Cruz, 1982).

Con altimetría que va desde 274 hasta 554 msnm. Según datos de campo. Presenta características de un bosque secundario de edad avanzada con una rea basal intermedia, la distribución diamétrica de los fustes es intermedia a regular, con claros frecuentes y dosel de altura uniforme, las lianas y epifitas son raras y baja presencia de troncos muertos tirados en el suelo, aunque no hay presencia fustes grandes mayores a 70 cm en Dap. Es un ambiente húmedo con abundancia de sotobosque en latizal y regeneración natural de Rosul en varios estadíos.

Las Especies Asociadas principales son: Canxan (*Terminalia amazonia*), Santa María (*Calophyllum brasilense*), San Juan (*Vochysia guatemalensis*), Guarumo (*Paurama aspera*), Irayol (*Genipa americana*), Güiscoyol (*Bactris trichophylla*), corozo (*Attalea butyracea*), labios de mujer (*Cephaelis glomerulata*) y navajuela (*Cyperaceae*).



a.



b.

Figura 74... ambiente de El Estor, Izabal. a. perfil del área boscosa b. área montañosa con zonas agrícolas.

***Dalbergia calycina* Benth.**

D. calycina se desarrolla en los departamentos de Santa Rosa y Sacatepéquez en las zonas de vida Bosque Muy Húmedo Subtropical (templado) (bmh-S (t)) y Bosque húmedo montano bajo subtropical (bh-Mb (s)) (Cruz, 1982), en altitudes que oscilan entre 1500 a 1800 msnm. La topografía es generalmente ondulada, llegando a ser accidentada teniendo 85% de pendiente, con suelos de textura franca, de origen roca volcánica. Se desarrollan en cerros volcánicos a lo largo de laderas escabrosas, del período geológico Terciario. (MAGA, 2001)

Las principales especies arbóreas acompañantes son: Granadillo (*Platymiscium parviflorum* Benth.), Aguacatillo (*Persea caerulea* Donnell Smithii), Balsamo (*Andira inermis* Swartz), Inga (*Inga Paterno* Harms.), Sarsa (*Albizzia adinocephala* Donn. Smith) Palo de jiote (*Bursera simaruba* L.), (Standley y Steyermark, 1946).



Figura 75 Cerro Linda Vista, Volcán Tecuamburro en Pueblo Nuevo Viñas, Santa Rosa.



Figura 76 Volcán Tecuamburro en Pueblo Nuevo Viñas, Santa Rosa.



Figura 77 Santa María de Jesús, Sacatepéquez



Figura 78 Santa María de Jesús, Sacatepéquez

***D. retusa* var. *retusa* Hemsl.**

D. retusa crece en los departamentos de Santa Rosa, Escuintla y Suchitepéquez, en las zonas de vida Bosque Muy Húmedo Subtropical (cálido) (bmh-S (c)) y Bosque húmedo subtropical (bh-S) (Cruz, 1982), en altitudes que varían entre 200 a 500 msnm; en topografía plana a poco pronunciada y pendientes de entre 5%-20%. Suelos de textura franco-arenosa de color café. Se desarrollan en la llanura costera del Pacífico, se encuentra rellena de aluviones compuestos de andesita y arenas; período geológico Cuaternario.

Las especies que usualmente la acompañan son: Conacaste (*Enterolobium cyclocarpum* Jacq.), Ceiba (*Ceiba pentandra* L.), Palo de jiote (*Bursera simaruba* L.) y Palo de pito (*Erythrina berteroana* Urb.). Otras especies arbóreas acompañantes son: Castaño (*Sterculia apetala* (Jacq.) Karst.), Tempisque (*Sideroxylon capiri* Pittier), Cedro (*Cedrela odorata* L.), Chichipate (*Sweetia panamensis* Benth.), Ceibillo (*Ceiba aescutifolia* L.), y Jaboncillo (*Sapindus saponaria* L.) (Standley y Steyermark 1946).



Figura 79 Bosque tropical en Oratorio, Santa Rosa



Figura 80 Abanico aluvial en Escuintla, Escuintla.



Figura 81 Orilla del río Achiguate en Escuintla, Escuintla



Figura 82 Orilla del río Madre Viaje en Patulul, Suchitepéquez

***Guaiacum sanctum* L.; región Oriente**

G. sanctum crece en los departamentos de Zacapa, El Progreso, en las zonas de vida, Monte espinoso subtropical (me-S), Bosque Seco Tropical (bs-T) y Bosque seco subtropical (bs-S) (Cruz, 1982), en altitudes que oscilan entre 200 a 400 msnm, la topografía que se presenta en el área es

poco pronunciada, teniendo 5%-40% de pendiente, suelos de textura franco-arenosa, en el área se encuentran rocas pomáceas, metamórficas e ígneas. Se desarrollan en las Tierras Altas Cristalinas y Depresión del Motagua, se encuentran en áreas de desborde e inundaciones; período geológico Terciario.

Las especies arbóreas y arbustivas que usualmente la acompañan son: *Swietenia humilis* Zucc., Girador (*Gyrocarpus americanus* Jacq.), Naranjillo o Duruche (*Jacquinia aurantiaca* Ait), *Pereskia lichnidiflora* D.C. y especies de la familia Cactaceae. Otras especies arbóreas y arbustivas como: Chaparro (*Cordia truncatifolia* Bartlett.), Vainillón (*Cassia emarginata* L. Senna), Brasil o Campeche (*Haematoxylon brasiletto* Karst) (Standley y Steyermark, 1946).



Figura 83 Parque Regional Municipal Niño Dormido, Cabañas, Zacapa en época de verano (Diciembre – Abril)



Figura 84 Vista desde el Parque Regional Municipal Niño Dormido, Cabañas, Zacapa en época de invierno (Mayo – Noviembre)

***Guaiacum sanctum* L.; región sur**

Dicha especie se desarrolla en los departamentos de Suchitepéquez y Retalhuleu, en la zona de vida Bosque seco subtropical (bs-S) (Cruz, 1082), en altitudes que oscilan entre 10 a 30 msnm, sobre topografía suave de 5% pendiente, con suelos de origen de grano fino y cristalita de textura franco - arenoso en el área se encuentran rocas pomáceas, metamórficas e ígneas. Se desarrollan en la Llanura Costera Pacífico, en esteros de mangles; se encuentran en áreas de inundaciones; período geológico Terciario.

Las especies arbóreas y arbustivas que usualmente la acompañan son: Caoba (*Swietenia humilis* Zucc.), *Pereskia licheniflora* D.C., Ceiba (*Ceiba pentandra* L.), Conacaste (*Enterolobium cyclocarpum* Jacq.), aripín (*Caesalpinia velutina* Britton & Rose). Otras especies arbóreas acompañantes son: Jocote de marañón (*Anarcadium occidentale* L.), Matiliguatate (*Tabebuia rosea* Bertol.), Palo de jiote (*Bursera simaruba* L.), (Standley y Steyermark, 1946).

El avance de frontera agrícola ha provocado la disminución de la biodiversidad provocando que la especie *G. sanctum* se encuentre a orilla del camino en cercos y patios de casas que las personas lo utilizan como ornamental; quedando menos de 100 árboles en el área (Sánchez, M., 2015). Se encontró una plantación de 1 ha con 8 años de edad.



Figura 85 Plantación de *G. sanctum* en Churirin, Suchitepéquez



Figura 86 *G. sanctum* en cercos, Tahuexco, Suchitepéquez

***Swietenia humilis* Zucc.; región oriente**

Esta especie se desarrolla en los departamentos de Zacapa, Chiquimula y El Progreso en las zonas de vida Monte espinoso subtropical (me-S), Bosque Seco Tropical (bs-T), Bosque Muy Húmedo Subtropical (templado) (bmh-S(t)) (Cruz, 1982), en altitudes que oscilan entre 200 a 900 msnm, con topografía poco pronunciada con pendientes de 5%-40%. Los suelos de textura franco-arenosa, en el área se encuentran rocas pomáceas, metamórficas e ígneas. Se desarrollan en las Tierras Altas Cristalinas y Depresión del Motagua, se

Las especies arbóreas y arbustivas que usualmente la acompañan son: *Guaiaacum sanctum* L., Girador (*Gyrocarpus americanus* Jacq.), Naranjillo o Duruche (*Jacquinia aurantiaca* Ait), *Pereskia licheniflora* D.C. y especies de la familia Cactaceae. Otras especies arbóreas y arbustivas como: Chaparro (*Cordia truncatifolia* Bartlett.), Vainillón (*Cassia emarginata* L. Senna), Brasil o Campeche (*Haematoxylon brasiletto* Karst) (Standley y Steyermark, 1946).



Figura 87 *S. humilis* Zucc. en San José La Arada, Chiquimula



Figura 88 *S. humilis* Zucc vista del paisaje desde el Parque Regional Municipal, El Castillo, Río Hondo, Zacapa.

***Swietenia humilis* Zucc.; región sur**

Esta especie se desarrolla en los departamentos de San Marcos, Quetzaltenango, Suchitepéquez, Escuintla y Jutiapa en la zona de vida Bosque Muy Húmedo Subtropical (cálido) (bmh-S(c)) (Cruz, 1982), en altitudes que oscilan entre 400 a 900 msnm en topografía pronunciada con suelos de origen volcánico, compuesto de rocas andesitas, basalto, arenas y gravas, de textura franco arenosa. Pertenecen al período geológico Terciario iniciando el cuaternario.

Las especies que usualmente la acompañan son: Cedro (*Cedrela pacayana* Harms.), Inga (*Inga rodrigueziana* Pittier, Contr.), Sapote (*Manilkara sapota* L.), Granadillo (*Dalbergia retusa* Hemsl. var *retusa*), Conacaste (*Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb), (Standley y Steyermark, 1946). Otras especies arbóreas acompañantes son: Cedro (*Cedrela odorata* L. y Jaboncillo (*Sapindus saponaria* L.) (Standley y Steyermark 1946).



Figura 89 Remanente de la especie *S. humilis* Zucc. en un sistema agroforestal, en San José El Rodeo, Escuintla.



Figura 90 Remanente de *S. humilis* Zucc. en un sistema agroforestal en Patulul, Suchitepéquez

PROPIEDADES FISICAS SELECCIONADAS (DENSIDAD BÁSICA Y CONTRACCION) DE LA MADERA DE Swietenia humilis, S. macrophylla , Dalbergia calycina, D. retusa, D. stevensonii, D. tucurensis y Guaiacum sanctum

Densidad básica.

Los valores de densidad básica indican la cantidad de sustancia leñosa; puede, por tal razón, ser un primer indicador de la resistencia de la madera. Como se puede apreciar en el cuadro 1, la densidad básica de *S. humilis* varía en función de la altura del fuste y distancia de la médula. Esa variación es mínima, no siendo significativa estadísticamente.

Cuadro 4 Densidad básica en función de altura y distancia de la médula de Swietenia humilis Zucc.

Altura	Distancia de la médula	Densidad media	Desviación estándar
Basal	Médula	0.57	0.06
	Centro	0.55	0.07
	Corteza	0.57	0.07
Media	Médula	0.55	0.02
	Centro	0.51	0.08
	Corteza	0.52	0.06
Apical	Médula	0.58	0.04
	Centro	0.61	0.01
	Corteza	0.57	0.04

Swietenia macrophylla

Esta especie valores menores de densidad básica, tanto en función de la altura como de la distancia de la médula.

Cuadro 5 Densidad básica en función de la altura del fuste y distancia de la médula de la madera de S. macrophylla King

Altura	Distancia de la médula	Densidad media	Desviación estándar
Basal	Médula	0.49	0.04
	Centro	0.52	0.02
	Corteza	0.55	0.05
Media	Médula	0.44	0.05
	Centro	0.48	0.04
	Corteza	0.46	0.01
Apical	Médula	0.55	0.03
	Centro	0.52	0.01
	Corteza	0.50	0.02

En *S. macrophylla* King, los patrones de densidad son diferentes en diferentes alturas. En la altura basal los valores son ascendentes en la medida que se alejan de la médula, en la altura apical, ese patrón presenta valores descendentes. Por su parte, en la altura media, los mayores valores de densidad están en el centro, le sigue la orilla y por último están los de la médula. Aunque se encontraron tales patrones, no hubo diferencia significativa en los valores.

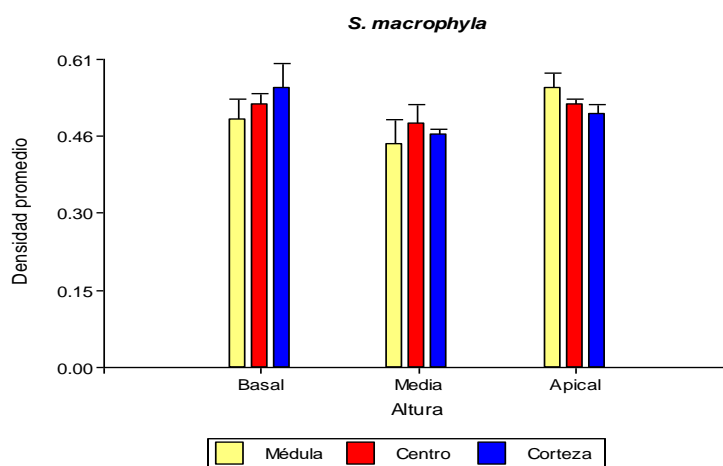


Figura 91 Densidad promedio vs distancia de la médula

Swietenia macrophylla

Cuadro 6 Valores promedio de densidad básica, desviación estándar (D.E.) y cantidad de datos (n) de acuerdo con la altura de la sección del árbol y distancia de la médula, para la especie *Swietenia macrophylla*.

Altura	Distancia	N	Densidad básica
			promedio
Basal	Médula	3	0.49 ± 0.04
	Centro	21	0.52 ± 0.02
	Corteza	7	0.55 ± 0.05
Media	Médula	8	0.44 ± 0.05
	Centro	14	0.48 ± 0.04
	Corteza	5	0.46 ± 0.01
Apical	Médula	10	0.55 ± 0.03
	Centro	8	0.52 ± 0.01
	Corteza	6	0.5 ± 0.02

En la densidad básica, la altura del tronco y la distancia de la médula, para las dos especies no mostró diferencia significativa. Los que lleva a concluir que los valores son iguales estadísticamente.

COMPARACION ENTRE LAS ESPECIES DEL GENERO SWIETENIA EVALUADAS

Cuadro 7 ANDEVA para Densidad básica

Especie	Valores de F para los efectos fijos			CV%
	Altura	Distancia	Alt. X Dist.	
S. humilis	6.03 ^{NS}	1.08 ^{NS}	0.23 ^{NS}	5.99
S. macrophylla	4.34 ^{NS}	0.26 ^{NS}	0.06 ^{NS}	5.67

Hom. Var.	0.7102	Las varianzas son homogéneas
T	3.83	
p-valor	0.0004	Hay diferencias entre las medias.

Cuadro 8 Medidas resumen

Especie	Variable	Media	D.E.	CV
S. humilis	Densidad	0.56	0.05	9.38
S. macrophylla	Densidad	0.50	0.05	9.64

Figura 92 .Evaluación estadística de las dos especies en cuanto a Densidad básica.

Los valores promedio de densidad básica son superiores en S. humilis, situación que se manifiesta en mayor cantidad de sustancia leñosa y por consiguiente, más resistencia.

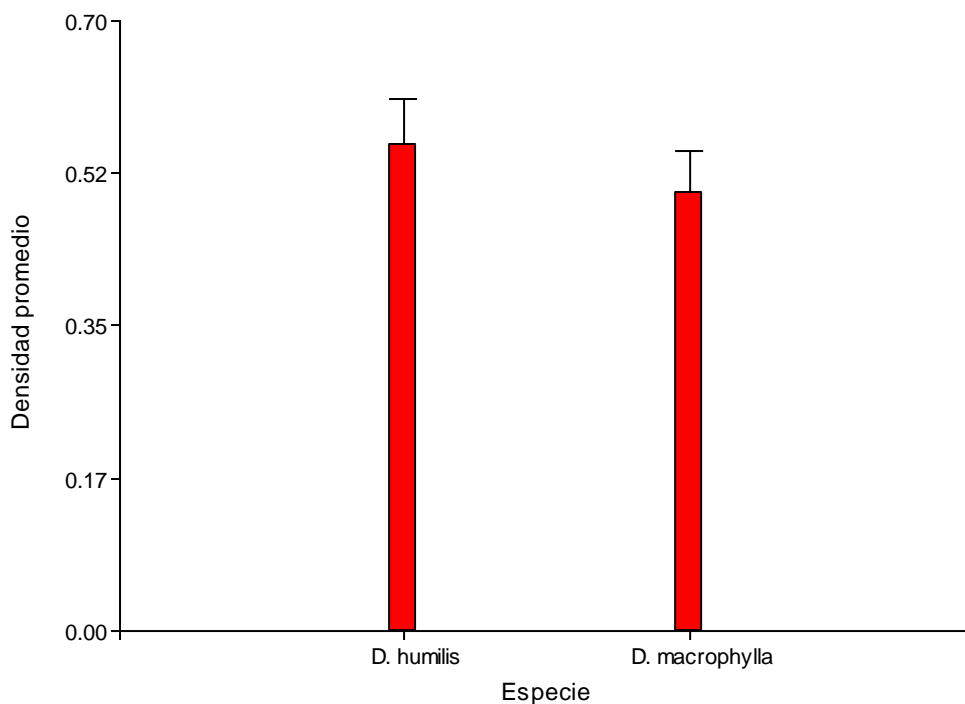


Figura 93. Densidad promedio de las dos especies del género Dalbergia.

Al comparar la densidad de las dos especies estudiadas del género Swietenia, se visualiza que la *S. humilis* tiene una densidad mayor. Esto puede tener como ventaja que la madera de *S. humilis* contiene más sustancia leñosa; es de esperarse que sea más dura y pesada. Los valores promedio de densidad básica son superiores en *S. humilis*, situación que se manifiesta en mayor cantidad de sustancia leñosa y por consiguiente, se presume de mayor resistencia.

Especie	Altura	Distancia de la médula			Clasificación madera
		Médula	Centro	Orilla	
<i>S. humilis</i>	Basal	0.57±0.06	0.55±0.07	0.57±0.07	Semiligera
	Media	0.55±0.02	0.51±0.08	0.52±0.06	Semiligera
	Apical	0.58±0.04	0.61±0.01*	0.57±0.04	semiligera/semipesada*
<i>S. macrophylla</i>	Basal	0.49±0.04*	0.52±0.02	0.55±0.05	Semiligera
	Media	0.44±0.05	0.48±0.04	0.46±0.01	Semiligera
	Apical	0.55±0.03	0.52±0.01	0.5±0.02	Semiligera

Figura 94. Valores de la Densidad básica y clasificación de la madera, en función de altura del fuste y distancia de la médula.

Al presentar una Densidad básica en el rango de 0.52 a 0.61, la madera de *S. humilis* se clasifica según Vignhote () como semiligera a semipesada. La madera de *S. macrophylla*, con densidad básica en el rango de 0.44 a 0.55, clasificada también como semiligera.

Como puede verse en el cuadro 1, los dos géneros de especies madereras evaluados presentan valores promedios de densidad básica en aumento. Las especies del género *Swietenia humilis* con valores de 0.52 a 0.61 la *humilis* y de 0.44 a 0.55 la *S. macrophylla*.

Al comparar los valores se encontró diferencia entre ellos, por lo que la densidad encontrada para las dos especies del género *Swietenia*, son estadísticamente diferentes.

om. Var.	0.7102	Las varianzas son homogéneas
T	3.83	
<u>p-valor</u>	<u>0.0004</u>	Hay diferencias entre las medias.

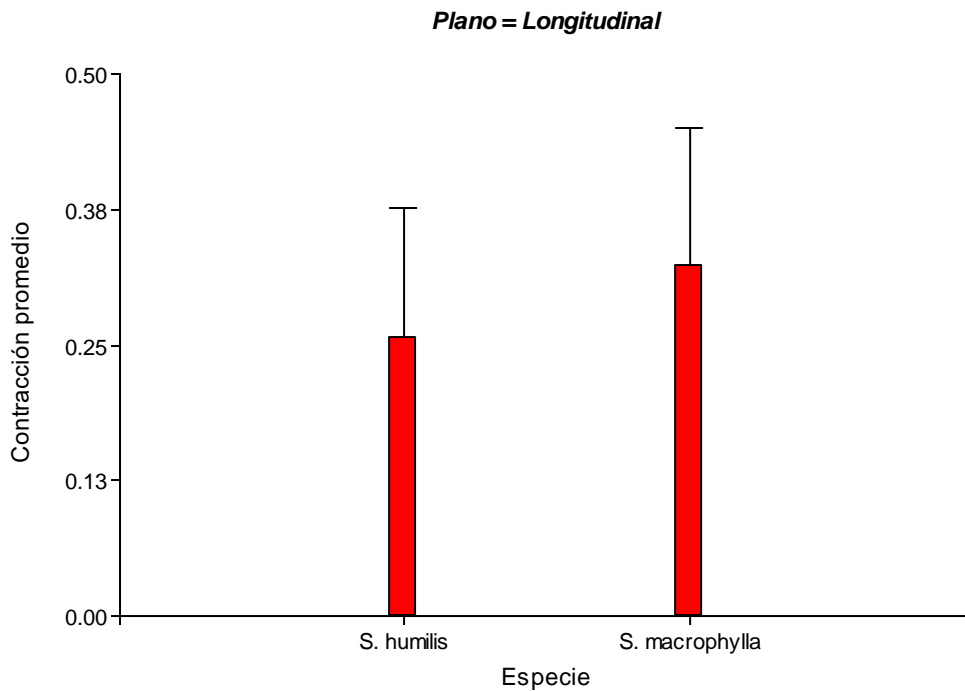
Figura 95. Comparación estadística entre las medias de la densidad básica de las dos especies del género *Swietenia* evaluadas.

CONTRACCION DE LA MADERA DE LAS DOS ESPECIES DEL GENERO SWIETENIA

La contracción de la madera es un fenómeno que ocurre abajo del punto de saturación de la fibra aproximadamente en el 30 % de contenido de humedad de la madera. Es un indicador importante de la estabilidad de la madera, cuando se seca o cuando hay fluctuaciones de la humedad ambiente cuando la madera está en uso.

La contracción se evaluó en los planos longitudinal, radial y tangencial. Se aprecia que los valores de *S. macrophylla* son superiores.

Figura 96. Valores de contracción promedio en el plano longitudinal, para las dos especies evaluadas dentro del género *Swietenia*.



Cuadro 9. Evaluación estadística de la contracción en el Plano longitudinal:

pHomVar	0.7998	Varianzas homogéneas
T	-1.97	
p-valor	0.0537	No hay diferencias entre las medias

No se encontró diferencia entre las medias de contracción longitudinal.

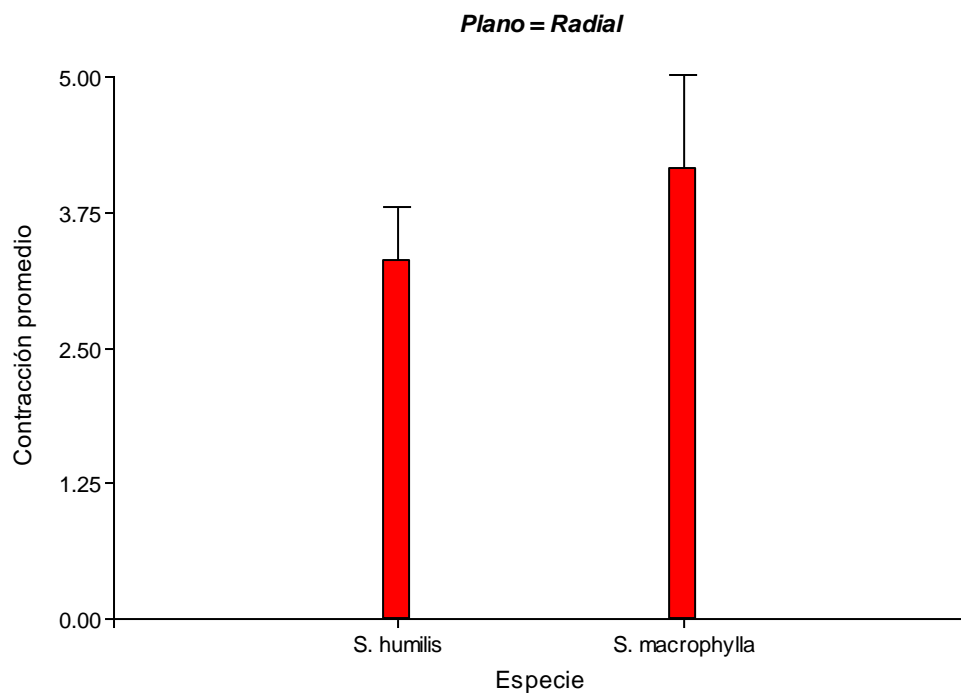
Cuadro 10. Evaluación estadística de la contracción en el plano longitudinal para las dos especies de Swietenia evaluadas. :

pHomVar	0.0114	Varianzas heterogéneas
T	-4.49	
p-valor	0.0001	Hay diferencias entre las medias

Contracción radial:

En cuanto al plano radial, *S. humilis* tiene un valor menor que *S. macrophylla*. Al evaluarlos se encontró diferencia estadística entre las medias de ambos géneros en el plano radial.

Figura 97. Valores promedios de contracción radial.



Contracción en el plano tangencial.

En este plano se encontró que había diferencia significativa entre las dos especies; la contracción de la madera de *S. humilis*, mostró menor contracción en sentido tangencial.

Plano tangencial

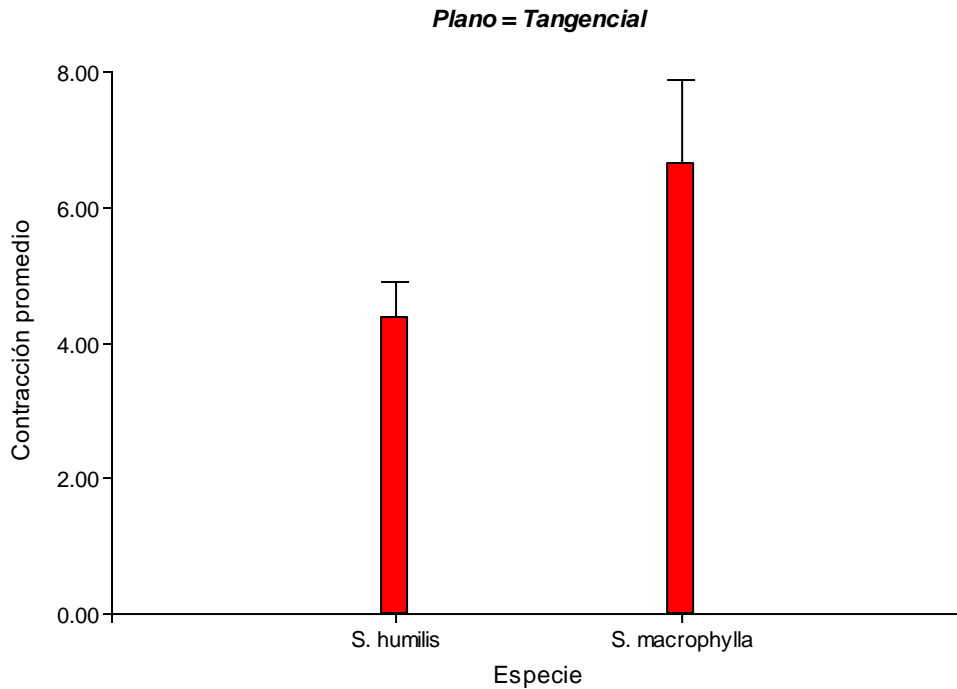


Figura 98 Contracción promedio en el plano tangencial por especie

En los planos tangencial y radial, se encontró diferencia significativa entre la contracción de *S. humilis* y *S. macrophylla*, siendo mayor la contracción en tales planos, de la especie *S. macrophylla*.

RELACION CONTRACCIÓN TENGENCIAL/CONTRACCIÓN RADIAL.

Esta relación indica la estabilidad de la madera, al perder o aumentar el contenido de humedad, en función de la humedad relativa.

Cuadro 11. Comparación de la relación Contracción tangencial/contracción radial en las dos especies del genero *Swietenia* , evaluación estadística y tipo de madera.

Especie	Variable	Media	D.E.	CV	TIPO DE MADERA
<i>S. humilis</i>	Rel_T/R	1.35	0.21	15.46	Medianamente estables
<i>S. macrophylla</i>	Rel_T/R	1.68	0.24	14.45	Medianamente estables

pHomVar	0.4513	Varianzas homogéneas
T	-5.32	
p-valor	<0.0001	Las medias son diferentes

En la relación contracción tangencial/contracción radial, los valores de ambas maderas corresponden a valores medianamente estables, por lo que al secar, sufriría grietas y deformaciones leves.

Fig. 4. Relación contracción tangencial/contracción radial de las dos Swietenias evaluadas.

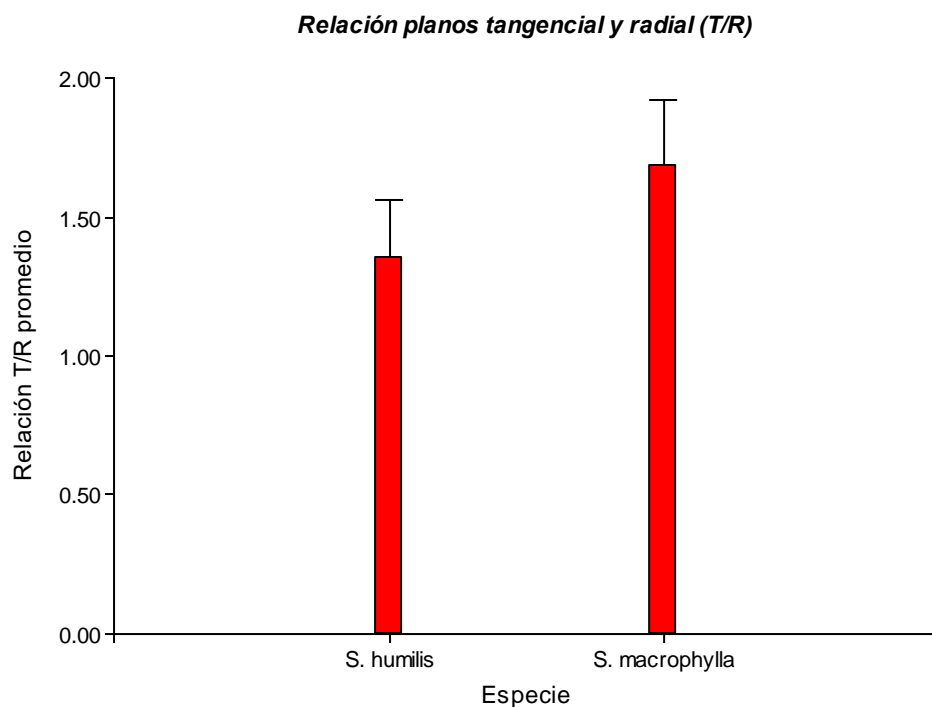


Figura 99. Comparación C. tangencial/c. radial y evaluación estadística de las dos especies.

Cuadro 12. Valores medios de contracción en los diferentes planos típicos de corte de las dos especies del género Swietenia evaluados.

Plano	Especie	Variable	Media	D.E.	CV
Longitudinal	S. humilis	contracción	0.26	0.12	46.95
Longitudinal	S. macrophylla	contracción	0.32	0.13	39.22
Radial	S. humilis	contracción	3.29	0.51	15.55
Radial	S. macrophylla	contracción	4.16	0.85	20.57
Tangencial	S. humilis	contracción	4.38	0.52	11.78
Tangencial	S. macrophylla	contracción	6.64	1.23	18.58

En cuanto a la contracción longitudinal por sus bajos valores, *S. humilis* presenta menores valores que *S. macrophylla* en esta variable. En la contracción longitudinal el valor promedio de *S. macrophylla*. No obstante, al hacer una evaluación estadística, no se encontró diferencia entre las medias.

GENERO DALBERGIA

Del género *Dalbergia* se evaluaron las especies : *Dalbergia calycina*, *D. retusa*, *D. stevensonii* y *D. tucurensis*.

Como puede verse en el cuadro 1, los tres géneros de especies madereras evaluados presentan valores promedios de densidad básica en aumento.

Cuadro No.9. Valores promedio de la densidad básica para las especies del género *Dalbergia* evaluadas.

Densidad básica

Cuadro 13. Evaluación estadística de las cuatro especies de *Dalbergia* estudiadas.

Especie	Efectos fijos			CV%
	Altura	Distancia	Alt. X Dist.	
<i>D. calycina</i>	7.33 ^{NS}	9.23 [*]	1.82 ^{NS}	2.60
<i>D. retusa</i>	32.02 ^{***}	4.05 ^{NS}	1.44 ^{NS}	2.01
<i>D. stevensonii</i>	1.37 ^{NS}	1.07 ^{NS}	1.42 ^{NS}	3.52
<i>D. tucurensis</i>	3.67 ^{NS}	2.32 ^{NS}	4.31 ^{NS}	2.24

D. calycina

Distancia	Densidad media	Grupo Tukey
Médula	0.72	A
Centro	0.69	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

D. retusa

ALTURA	Densidad media	Grupo Tukey
Base	0.78	A
Media	0.76	B
Apical	0.74	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Como se aprecia en el cuadro 10, al evaluar estadísticamente las fuentes de variación altura del fuste y distancia de la médula, se encontró que *D. calycina* presentaba diferencia significativa en

función de la distancia de la médula, y D. retusa, en función de la altura del fuste. Según Tukey, en D. calycina se identificaron dos sustratos, mientras que en D. retusa, fueron 3.

Cuadro 14. Tipo de madera según la densidad básica de las cuatro especies del género Dalbergia evaluadas, en función de la altura de la troza y distancia de la médula.

	POSICION	Cercano a médula	Centro	Orilla	TIPO DE MADERA
	Basal	0.77±0.04	0.83	0.79±0.06	Pesada
<i>D. retusa</i>	Media	0.76±0.06	0.77±0.05	0.76±0.06	Pesada
	Apical	0.73±0.05	0.74±0.05	0.74±0.04	Pesada
	Basal	0.75±0.03	0.79±0.05	0.76±0.01	Pesada
<i>D. stevensonii</i>	Media	0.74±0.05	0.76±0.02	0.75±0.01	Pesada
	Apical	0.74±0.05	0.71	0.75±0.02	Pesada
	Basal	0.64±0.04	0.62±0.02	---	Semipesada
<i>D. tucurensis</i>	Media	0.61±0.04	0.64±0.04	---	Semipesada
	Apical	0.60±0.02	0.61±0.01	---	Semipesada
	Basal	0.74±0.04	0.72±0.02	0.64**	Pesada/Semipesada
<i>D. calycina</i>	Media	0.70±0.04	0.69±0.04	0.64**	Pesada/Semipesada
	Apical	0.72±0.06	0.67±0.03	0.62*	Pesada/Semipesada

En el cuadro se establece que los valores de Db varían de maderas pesadas, como D. retusa y stevensonii, madera semipesada, como D. tucurensis y D. Calycina.

CONTRACCION

Plano	Especie	Variable	Media	D.E.	CV	CUPROFOR
Longitudinal	D. calycina	Contracción	0.29	0.05	16.53	-
Longitudinal	D. retusa	Contracción	0.3	0.14	44.42	-
Longitudinal	D. stevensonii	Contracción	0.41	0.14	35.26	-
Longitudinal	D. tucurensis	Contracción	0.29	0.05	17.65	-
Radial	D. calycina	Contracción	3.48	0.79	22.66	
Radial	D. retusa	Contracción	4.04	1.13	28.00	
Radial	D. stevensonii	Contracción	4.24	0.44	10.36	
Radial	D. tucurensis	Contracción	3.19	0.51	15.94	5.03
Tangencial	D. calycina	Contracción	6.16	1.10	17.87	
Tangencial	D. retusa	Contracción	7.28	1.54	21.18	
Tangencial	D. stevensonii	Contracción	6.80	0.97	14.24	
Tangencial	D. tucurensis	Contracción	6.19	0.69	11.08	6.19

Cuadro 15. Evaluación estadística de la contracción según el plano. Se agregan los valores para contracción reportados por contracción radial y tangencial de D. tucurensis.

Cuadro 16 Análisis de la varianza

Plano	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Longitudinal	contracción	97	0.20	0.17	31.24

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Especie	0.24	3	0.08	7.75	0.0001
Error	0.98	93	0.01		
Total	1.22	96			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.07808

Error: 0.0105 gl: 93

Especie	Medias	n	E.E.	
D. stevensonni	0.41	27	0.02	A
D. retusa	0.30	18	0.02	B
D. calycina	0.29	27	0.02	B
D. tucurensis	0.29	25	0.02	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Como puede apreciarse en el cuadro anterior, se diferencian dos estratos en los valores de contracción longitudinal; la mayor, D. stevensonni, con el 0.41 %; En el gráfico indica menos estabilidad en el uso de la madera en ese sentido; y el estrato de D. retusa; D. Calycina y D. tucurensis variando de 0.30 a 0.29% de longitudinal, especies con madera mayor estabilidad en ese plano..

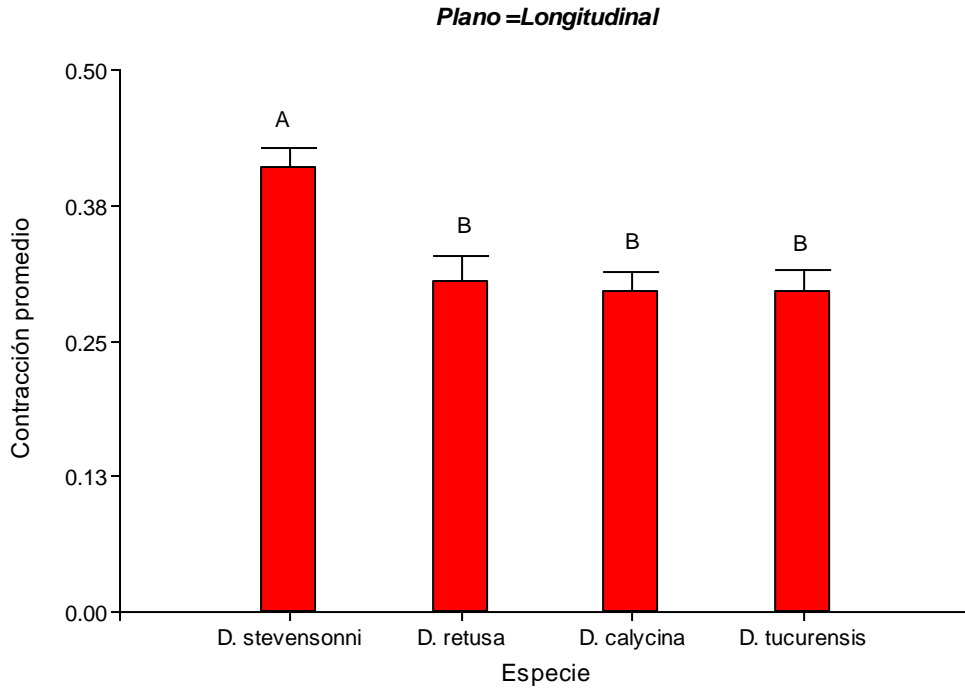


Figura 100. Comparación de la contracción longitudinal de las especies del género Dalbergia evaluadas.

Cuadro 17. Evaluación estadística de la contracción radial de la madera de las cuatro especies del género Dalbergia evaluadas.

Plano	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Radial	contracción	97	0.27	0.24	19.53

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Especie	17.73	3	5.91	11.18	<0.0001
Error	49.14	93	0.53		
Total	66.86	96			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.55380

Error: 0.5284 gl: 93

Especie	Medias	n	E.E.	
D. stevensonni	4.24	27	0.14	A
D. retusa	4.04	18	0.17	A
D. calycina	3.48	27	0.14	B
D. tucurensis	3.19	25	0.15	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

En cuanto a contracción radial, se diferencian dos estratos: D. stevensonii y D. retusa, en el primero, y Calycina y D. tucurensis en el segundo.

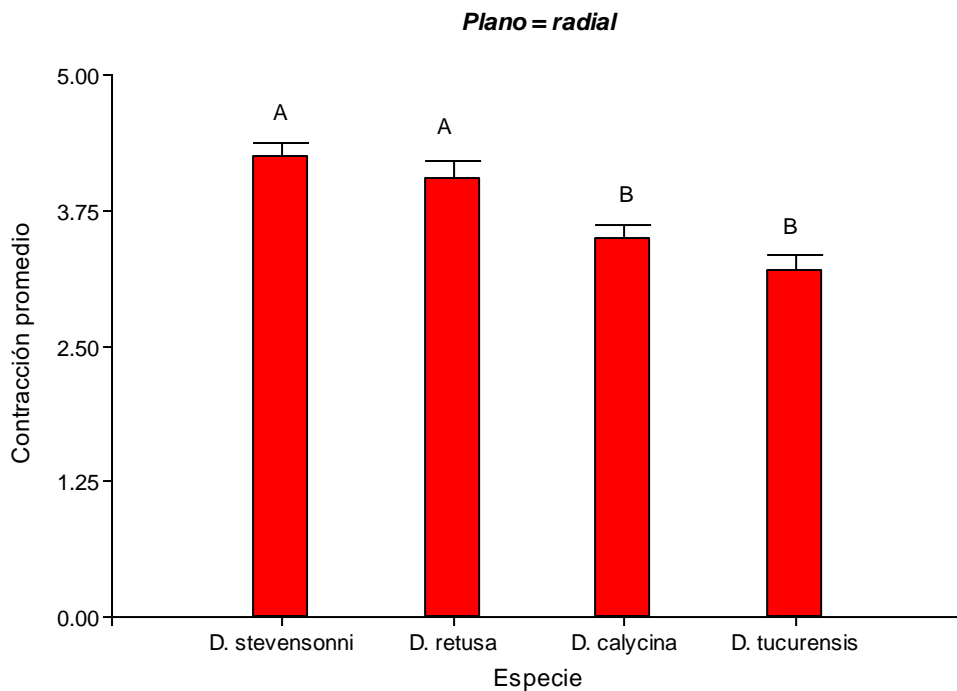


Figura 101. Comparación de la contracción radial para las cuatro especies estudiadas.

PLANO TANGENCIAL

Los mayores valores los tuvo el estrato conformado por D. retusa y D. stevensonii, con promedios de 6.8 y 7.8 % de contracción tangencial. El segundo estrato, con valores que varían del 6.16 al 6.8.

No hay diferencia significativa entre especies del género Dalbergia en cuanto a Contracción tangencial.

Cuadro 18. Evaluación estadística de la contracción en el plano tangencial

Plano	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Tangencial	contracción	97	0.15	0.12	16.41

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Especie	18.78	3	6.26	5.41	0.0018
Error	107.53	93	1.16		
Total	126.32	96			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.81925

Error: 1.1563 gl: 93

Espece	Medias	n	E.E.		
D. retusa	7.28	18	0.25	A	
D. stevensoni	6.80	27	0.21	A	B
D. tucurensis	6.19	25	0.22		B
D. calycina	6.16	27	0.21		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

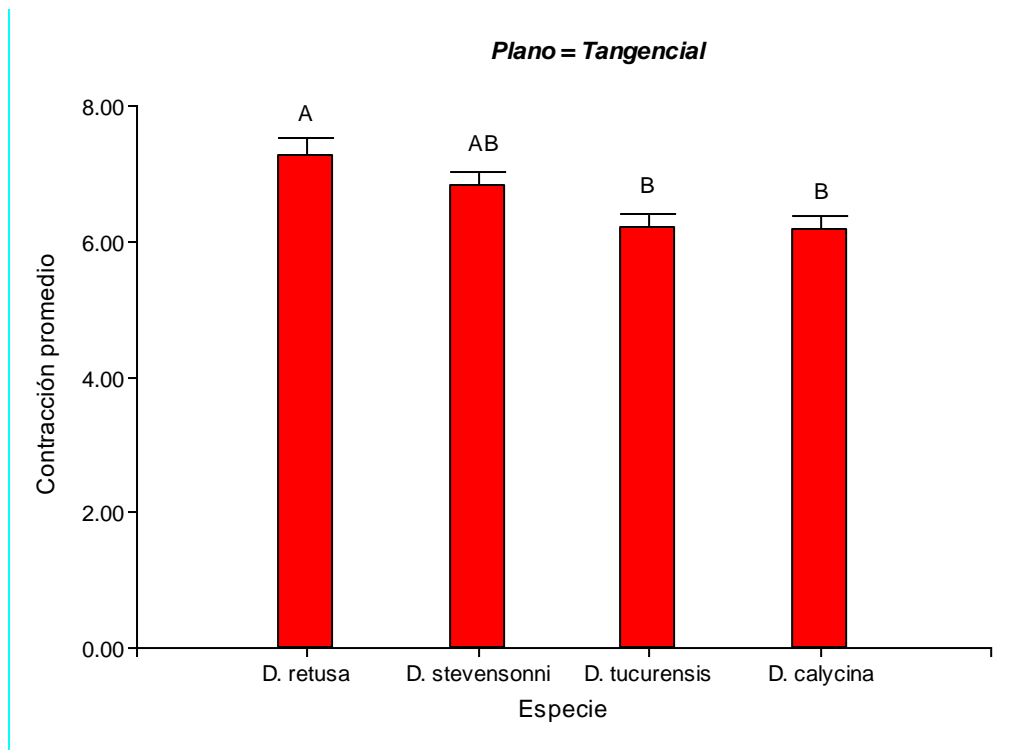


Figura 102 Contracción tangencial en las cuatro especies del género *Dalbergia* evaluadas.

RELACION CONTRACCION TANGENCIAL/CONTRACCION RADIAL

Esta relación indica la estabilidad de la madera. Los valores encontrados permiten predecir que todas las especies de *Dalbergia* evaluadas, son medianamente estables y que al secar se estarían formando grietas y deformaciones leves. Esta situación demanda mediano cuidado al aplicar un programa de secado, debiéndose investigar para desarrollar programas de secado eficaces y eficientes.

Cuadro 19 Relación contracción tangencial/contracción radial de las cuatro especies evaluadas;

Especie	Variable	Media	D.E.	CV	TIPO DE MADERA	RIESGO AL SECAR
D. calycina	Rel_T/R	1.82	0.36	19.93	medianamente estable	Grietas y deformaciones leves
D. retusa	Rel_T/R	1.9	0.43	22.5	medianamente estable	Grietas y deformaciones leves
D. stevensonii	Rel_T/R	1.67	0.22	13.15	medianamente estable	Grietas y deformaciones leves
D. tucurensis	Rel_T/R	1.97	0.25	12.9	medianamente estable	Grietas y deformaciones leves

Cardona, M. 2001, encontró en la relación contracción tangencial/contracción radial para D. tucurensis, evaluados en honduras un valor de 1.47, inferior al obtenido en este trabajo que fue de 1.97.

Cuadro 20. Evaluación estadística de la relación contracción tangencial/c. radial.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rel T/R	97	0.12	0.09	17.29

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Especie	1.22	3	0.41	4.07	0.0092
Error	9.33	93	0.10		
Total	10.55	96			

Test: Bonferroni Alfa=0.05 DMS=0.24863

Error: 0.1003 gl: 93

Especie	Medias	n	E.E.		
D. tucurensis	1.97	25	0.06	A	
D. retusa	1.90	18	0.07	A	B
D. calycina	1.82	27	0.06	A	B
D. stevensonii	1.67	27	0.06		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

No se encontró diferencia significativa en la relación contracción tg/rd, en las cuatro especies de Dalbergia.

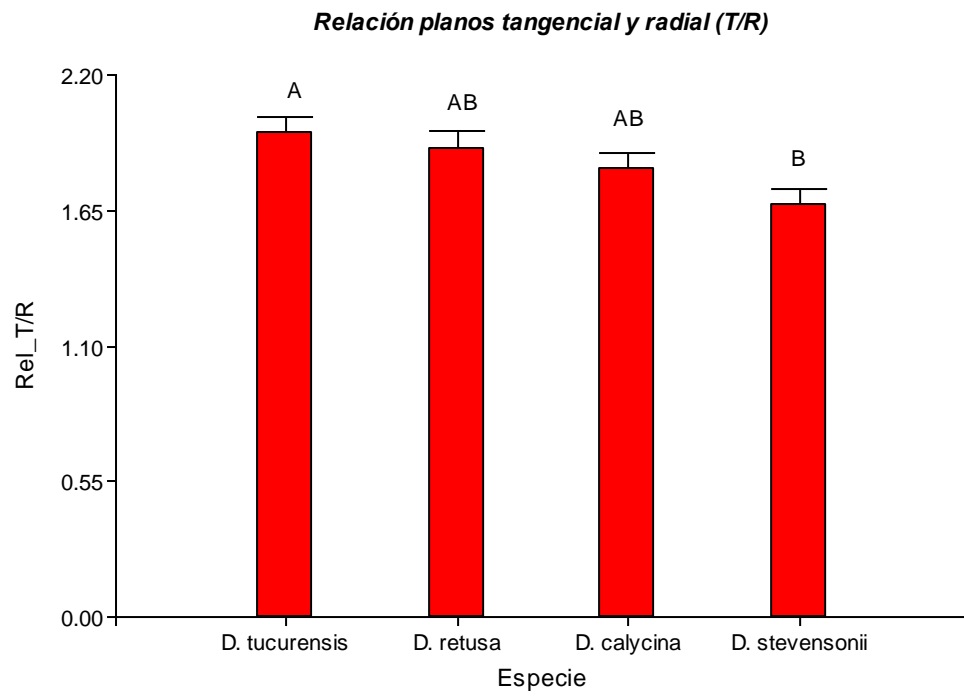


Figura 103. Relación Contracción tg/c. rd, en las cuatro especies evaluadas.

Guaiacum sanctum

En esta especie por su alto riesgo de extinción se solo se obtuvieron valores promedios de la Db para dos árboles. Por lo corto de los fustes, no fue posible obtener probetas para contracción.

Cuadro 21. Resumen de la prueba de comparación múltiple de medias de densidad básica de la madera, de acuerdo con el criterio propuesto por Tukey, para las distancias con relación a la médula, en la especie *G. sanctum*.

Distancia	Densidad básica Promedio
Médula	1.06 ^a
Centro	0.98 ^b
Orilla	0.90 ^c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

En esta especie se diferenciaron tres estratos: cercano a la médula, con valor promedio de 1.06, valor superior a la densidad del agua; en la distancia media desde la médula a la periferia de la sección transversal, con 0.98 y a la orilla de la sección, con 0.90. Cabe señalar que las probetas de médula, estaban conformadas por madera de duramen, las del centro estaban conformadas con madera de duramen y de albura; y las de orilla, formadas por madera de albura, situación que explica los valores encontrados.

CARACTERIZACIÓN MACROSCÓPICA Y MICROSCÓPICA DE LA MADERA

NOMBRE CIENTÍFICO: *Dalbergia tucurensis* Donn.

SINÓNIMOS: *D. variabilis* var. *Cubilquitzensis* Donn. Smith; *D. cubilquitzensis* Pittier (Standley, 1946)

FAMILIA: Fabaceae **Tribu:** Dalbergieae

NOMBRE(S) COMÚN(ES): Granadillo; Dulce Quemado, Acuté (Q' eqchí')

NOMBRE DE LA MADERA EN EL COMERCIO INTERNACIONAL: Yucatán Rosewood, Granadillo de Yucatán, Palissade du Guatemala.

Características Microscópicas de la Madera de *Dalbergia tucurensis*

Vista Transversal: Los anillos de crecimiento están bien definidos, tienen una banda gruesa de fibras al final del anillo y una fina banda de parénquima axial marginal al inicio del mismo, aunque hay que hacer la aclaración de que hay falsos anillos también. La porosidad o distribución de los vasos es semicircular a difusa, los vasos son mayormente solitarios aunque también algunos múltiples 2 a 3; de pequeños a medianos, con gomas oscuras. Los radios de parénquima son numerosos y estrechos, con una a 3 filas de células, principalmente 2. El Parénquima Axial es abundante y de diversos tipos; rodeando a los vasos hay Parénquima Paratraqueal ligeramente Aliforme y Aliforme Confluente, o bien Parénquima Paratraqueal Vasicéntrico. Hay casos de Parénquima Paratraqueal Bandeado formando bandas cortas. También se observa Parénquima Apotraqueal Difuso y Parénquima Apotraqueal Difuso Agregado, generalmente formando redes. Hay Parénquima Marginal Bandeado. Esta descripción concuerda en términos generales con la de A. Wiedenhoeft. Es notorio que el xilema secundario de *D. tucurensis* presenta gran variación en su estructura anatómica, como puede notarse en las Figuras 13 y 14. De allí que las figuras en la madera son muy variadas e irregulares.

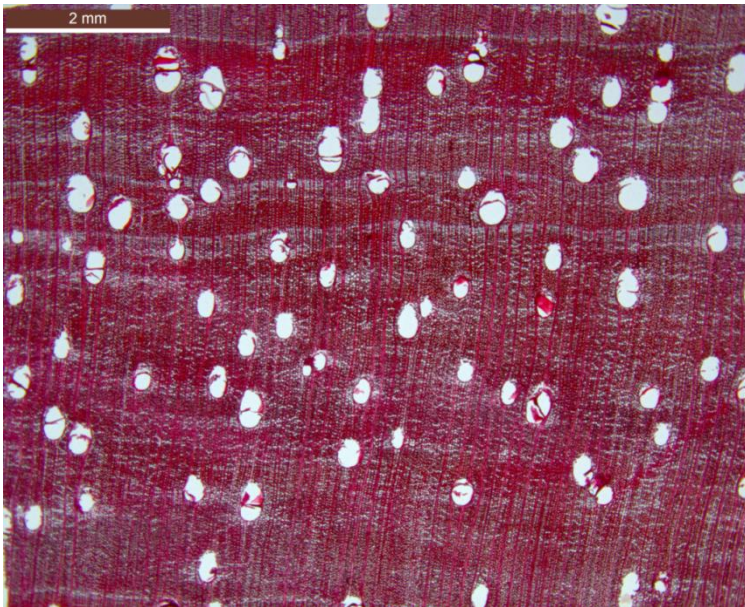


Figura 104. Vista General Transversal de *Dalbergia tucurensis*. 1.25X.

Los vasos de xilema son individuales principalmente, algunos múltiples y algunos con sustancias cristalizadas en el interior. Rayos numerosos y estrechos. Es notoria la presencia de parénquima terminal en bandas alternas con bandas de fibras.

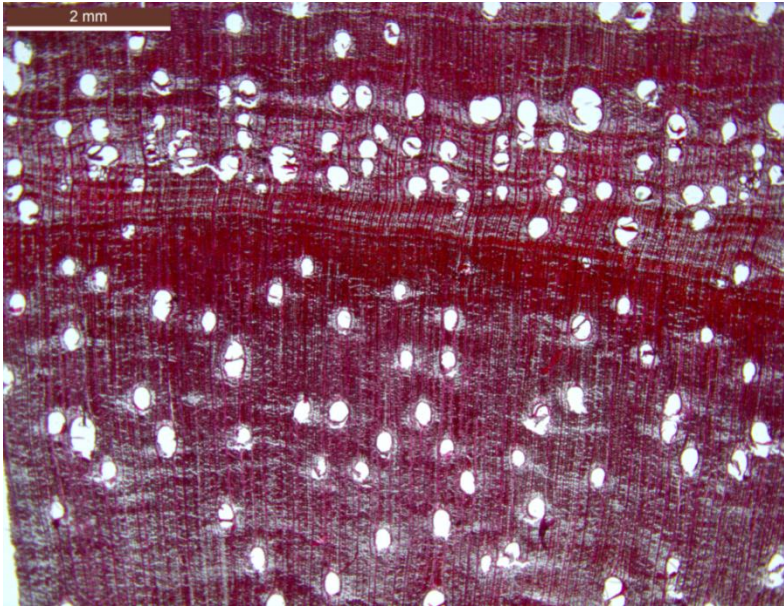


Figura 105. Otra vista transversal de *Dalbergia tucurensis*. 1.25X.

En la Figura 105 se observan bandas de parénquima y de fibras alternas en el límite entre anillos; así como numerosos vasos que también tienden a formar una banda al inicio del anillo.

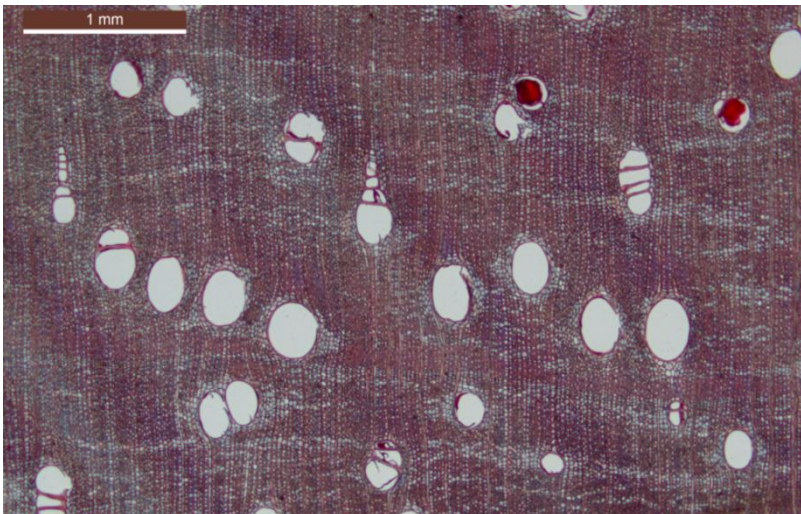


Figura 106. Vista transversal de *Dalbergia tucurensis*. Aumento: 2.5X.

La Figura 106 muestra el parénquima paratraqueal aliforme y aliforme confluyente; así como el parénquima apotraqueal difuso agregado formando redes.

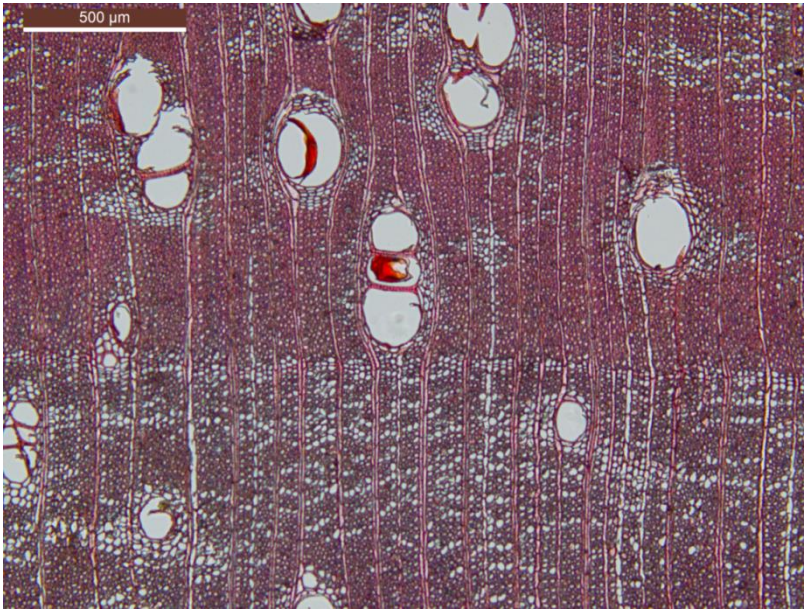


Figura 107. Vista transversal de *Dalbergia tucurensis*. Aumento: 5X.

La Figura 107 muestra el Parénquima paratraquel aliforme, aliforme confluyente, parénquima marginal bandeado y parénquima apotraqueal difuso agregado formando una red o bandas cortas.

Vista Longitudinal Tangencial del Xilema Secundario: Los rayos de parénquima presentan estratificación media; los radios son cortos, de 1 hasta 4 filas de células a lo ancho, generalmente 2.

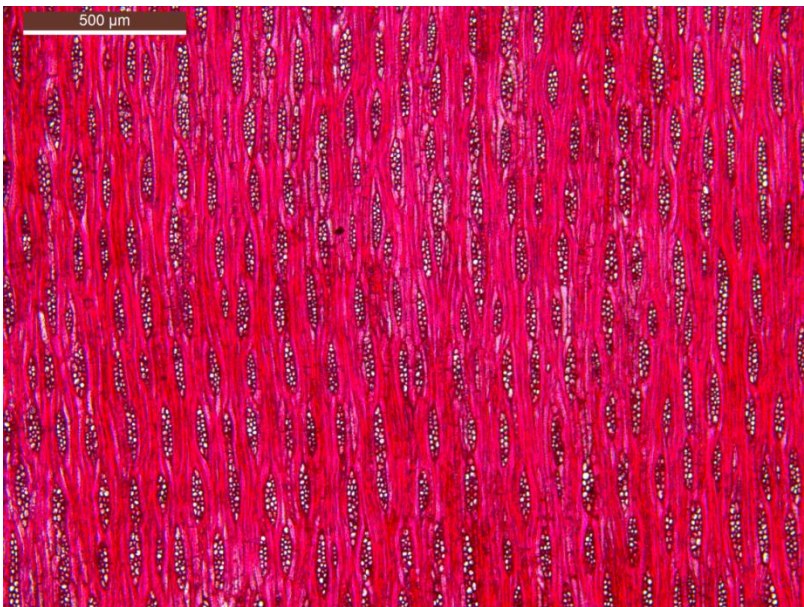


Figura 108. Vista longitudinal tangencial de la madera de *Dalbergia tucurensis*. 5X.

La figura 108 muestra rayos de estratificación media, cortos y con 1-4 filas de ancho, aunque generalmente de 2 filas.

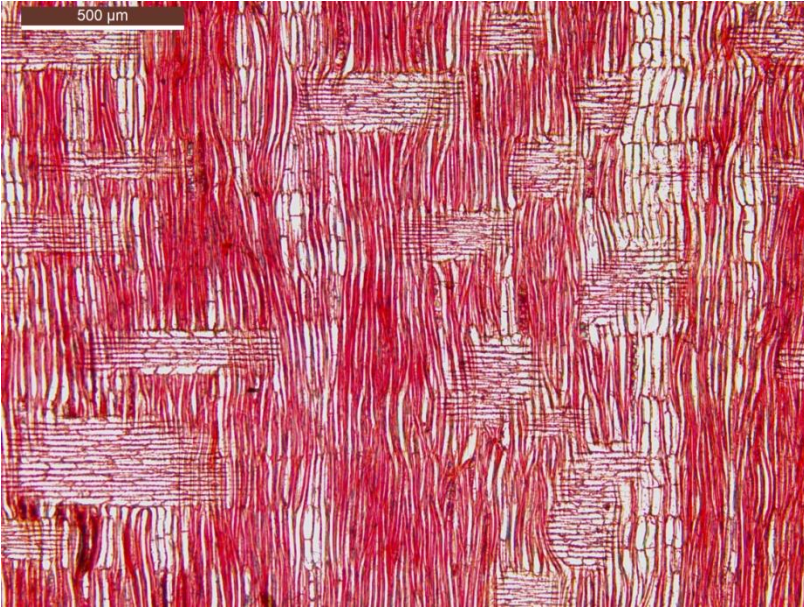


Figura 109. Vista longitudinal radial de la madera de *D tucurensis*. 5X.

La figura 109 muestra los rayos de parénquima son heterogéneos. Hay abundante parénquima axial.

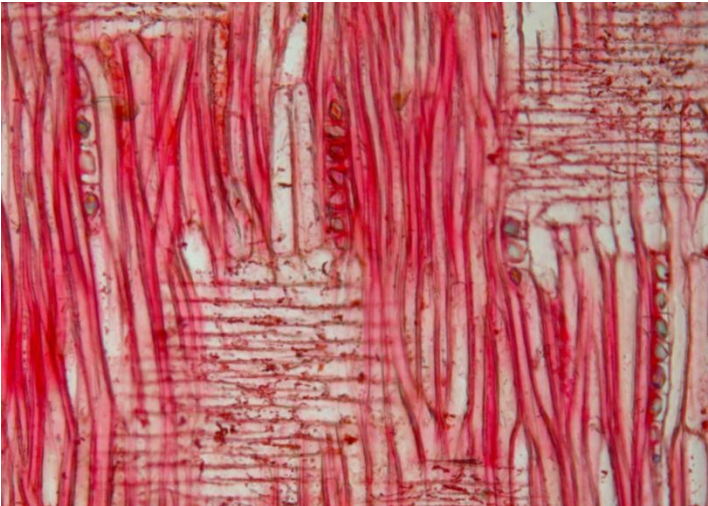


Figura 110. Vista longitudinal radial de la madera de *D tucurensis*. 10X. Se observan cristales en algunas células de parénquima.

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE LA MADERA DE *Dalbergia tucurensis*:

A continuación se presentan fotografías y descripciones de la madera vistas con estéreo-microscopio:

VISTA TRANSVERSAL DE LA MADERA

La figura 111 muestra los vasos del xilema principalmente individuales aunque algunos son múltiples; los anillos de crecimiento se observan bien marcados, observando una faja de fibras de color oscuro al final del anillo, y por lo menos una línea de parénquima (en amarillo) al inicio del mismo. Hay bandas de parénquima y de fibras alternas y los tipos de parénquima ya descritos microscópicamente.

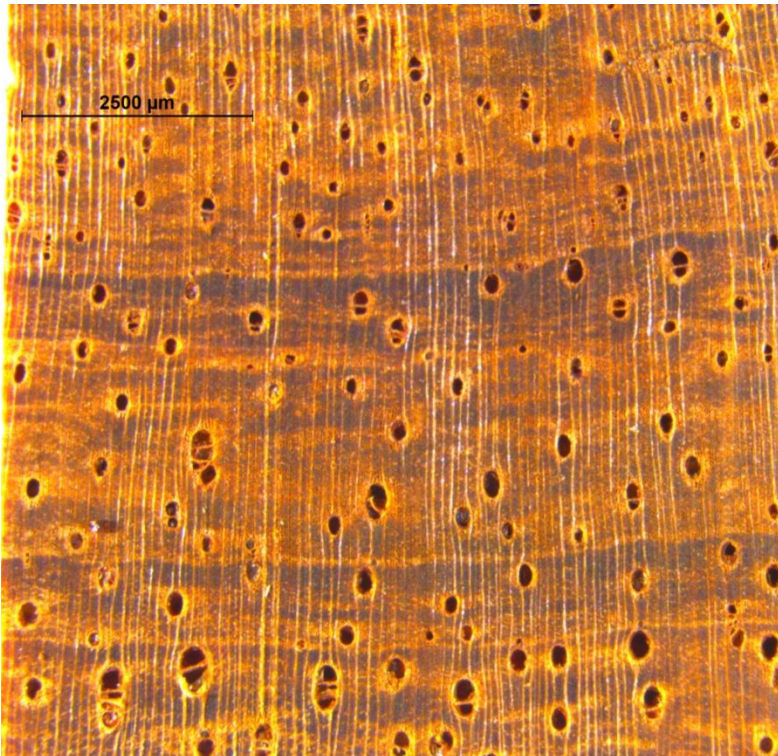


Figura 111. Vista transversal de la madera de *D tucurensis*. 0.63x2x. Las fibras están en las áreas oscuras y el parénquima se muestra de color amarillo. No hay tinción.



Figura 112. Vista transversal de la madera de *D tucurensis*. 0.63x3.2.

En la Figura 112 se observa parénquima vasicéntrico, romboide, aliforme y aliforme confluyente; así como parénquima apotraqueal difuso y difuso agregado en pequeñas bandas y redes. Al final del anillo de hay una banda gruesa de fibras; al inicio del siguiente hay una banda continua de parénquima. La porosidad es difusa o ligeramente semi-circular; de vasos individuales principalmente o múltiples de 2 a 4 vasos juntos.

VISTA LONGITUDINAL TANGENCIAL DE LA MADERA

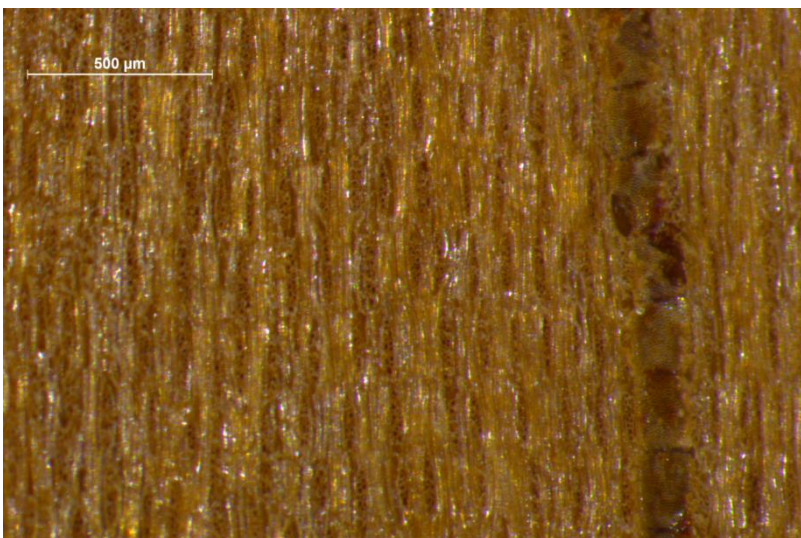


Figura 113. Vista longitudinal tangencial de la madera de *D. tucurensis*. 0.63x10. A la derecha aparece un vaso de xilema con sus elementos.

En la Figura 113 se observa que los rayos de parénquima presentan estratificación media. Las fibras, en color amarillo, acompañan a los rayos.

Las descripciones macroscópica y microscópica concuerdan.

NOMBRE CIENTÍFICO: *Dalbergia stevensonii* Standl.

FAMILIA: Fabaceae **Tribu:** Dalbergieae

NOMBRE(S) COMÚN(ES): Rosul; Dulce A'cuté o Que'kiché (Q' eqchi')

Nombre internacional de la madera: Rosewood, Honduras Rosewood

Características Microscópicas de la Madera de *Dalbergia stevensonii*

Vista Transversal: Los **anillos de crecimiento están bien definidos**, Al final del leño tardío hay por lo menos una banda ancha de fibras, luego, y ya en el leño temprano sigue una fina banda de parénquima axial y una o más bandas de fibras con bandas de parénquima intercaladas. **La porosidad o distribución de los vasos** es semicircular a difusa; si es semicircular, al inicio del anillo hay una banda de vasos de diámetro mayor que el resto. Los vasos son mayormente solitarios aunque también algunos múltiples de 2 a 3; de pequeños a medianos, algunos con sustancias cristalizadas en su interior. Los **radios de parénquima** son numerosos y estrechos, con 1 a 3 filas de células, principalmente 2. El **Parénquima Axial** es abundante y de diversos tipos; hay **parénquima paratraqueal vasicéntrico principalmente o bien paratraqueal ligeramente rómbico o aliforme; así mismo, hay parénquima apotraqueal difuso agregado** que en muchos casos “toca” de un lado a los vasos y semeja una cabellera alborotada. El **parénquima apotraqueal difuso agregado es el más abundante y tiende a formar redes (reticulado) o bandas cortas**. Esta descripción concuerda en términos generales con la de A. Wiedenhoeft. *D. stevensonii* presenta gran variación en su estructura, como puede notarse en las fotografías 114 y 115. De allí que las figuras en la madera son muy variadas e irregulares, al igual que en las otras Dalbergias.

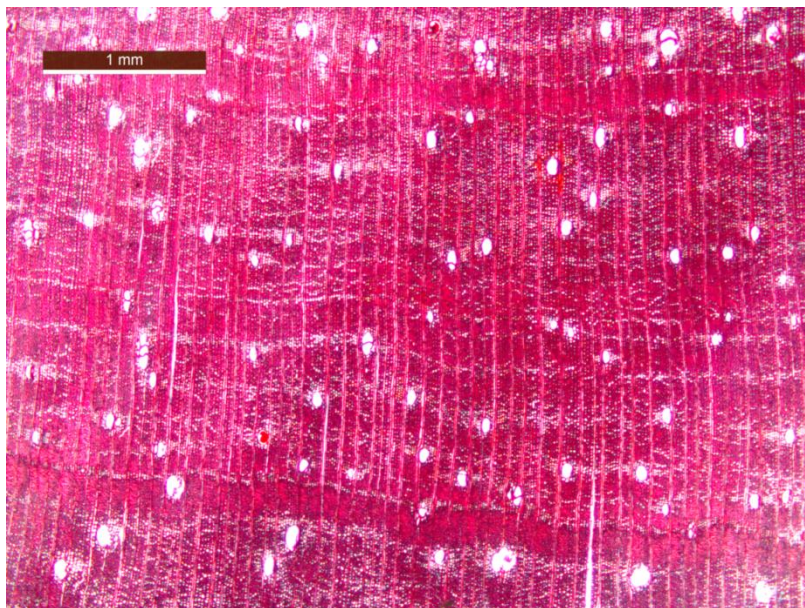


Figura 114. Vista del corte transversal de la albura de *D. stevensonii* al DAP. 2.5x. Hay bandas de fibras al final de los anillos de crecimiento.

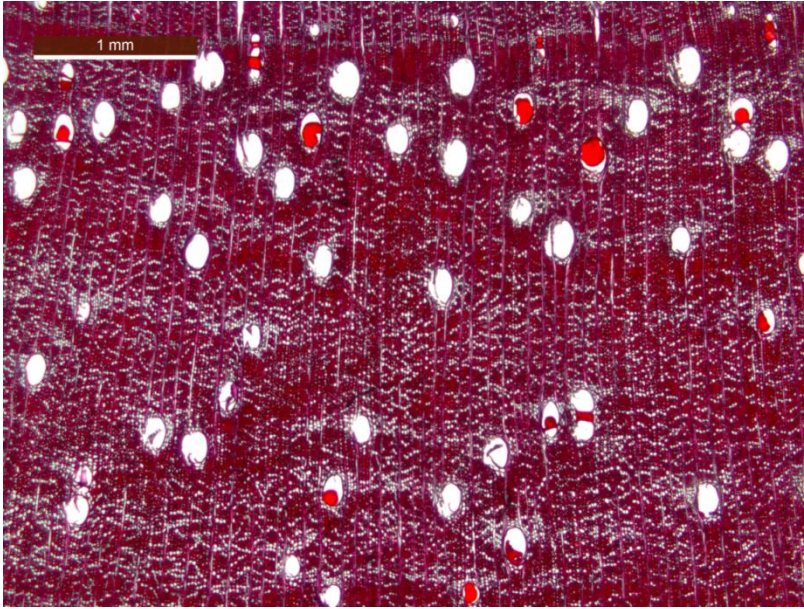


Figura 115. Vista transversal del xilema secundario de *D. stevensonii*. 2.5X.

En las Figuras 115 y 116 se observa el detalle del parénquima apotraqueal difuso agregado formando redes o bandas cortas y finas se observa claramente; así como la presencia de bandas de fibras intercaladas con bandas de parénquima apotraqueal.

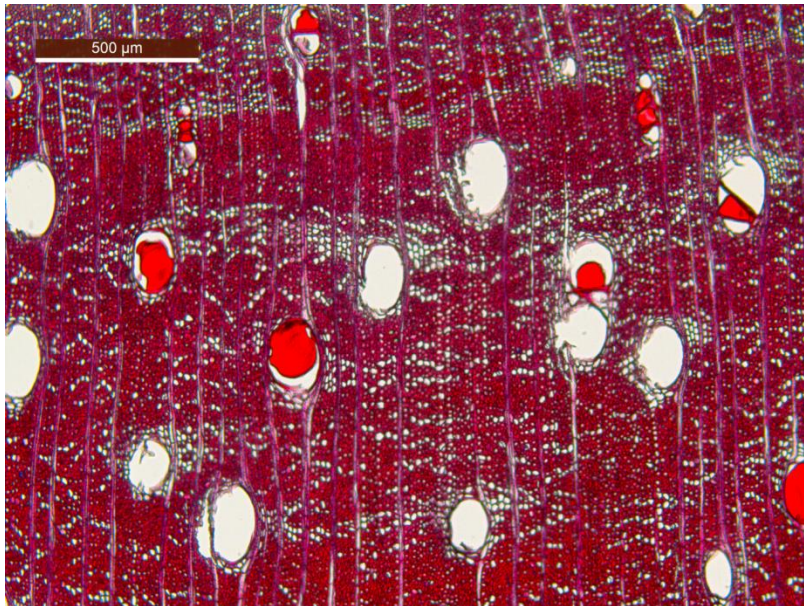


Figura 116. Detalle de la madera de *D. stevensonii*. 5X.

En la Figura 116 se observan las fibras de paredes gruesas, especialmente en el leño tardío. Vasos rodeados de parénquima paratraqueal más bien irregular, que puede ser vasicéntrico, ligeramente rómbico o alado. Parénquima apotraqueal abundante, forma redes (reticulado) o bandas finas y cortas, frecuentemente llega hasta los vasos y forma una cabellera alborotada con éstos.

VISTA LONGITUDINAL TANGENCIAL

Rayos de parénquima de estratificación media, de una o dos filas de células a lo ancho; el parénquima axial es abundante, tanto el paratraqueal como el apotraqueal. Las fibras son cortas.

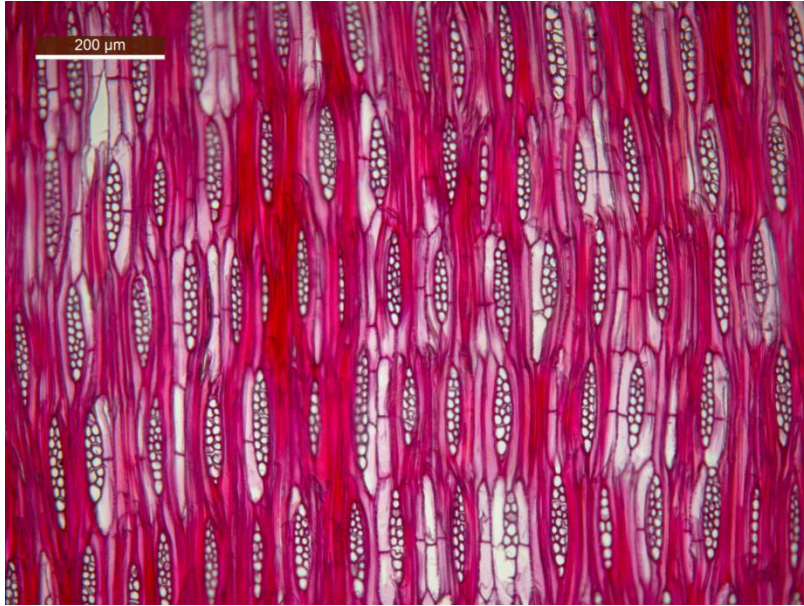


Figura 117. Vista longitudinal tangencial. 10X. Rayos de estratificación media, cortos y con 1-2 filas de ancho.

VISTA LONGITUDINAL RADIAL:

Esta vista muestra los rayos de parénquima, los cuales son heterogéneos; muestra abundante parénquima apotraqueal, así como parénquima paratraqueal. Las fibras son de paredes gruesas.

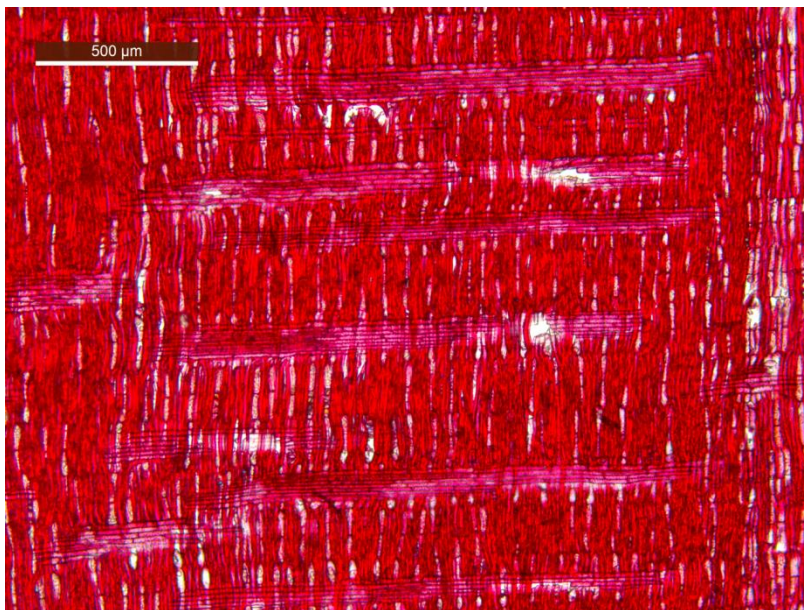


Figura 118. Vista longitudinal tangencial de la madera de *D. stevensonii*. 5X.

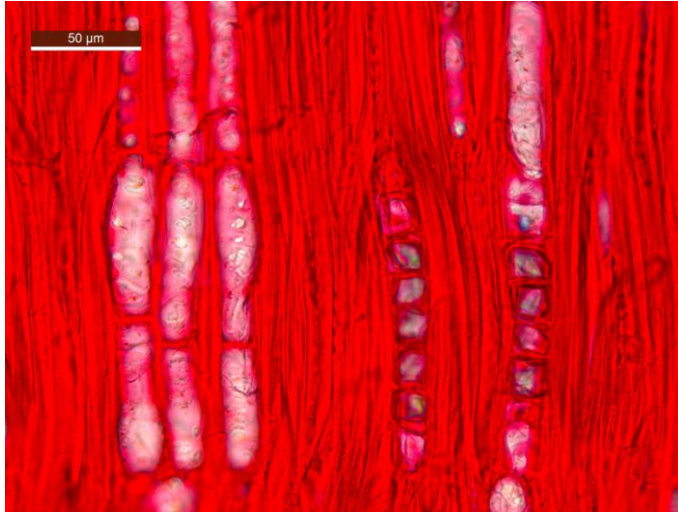


Figura 119. Hay presencia de cristales en el interior de células de parénquima axial. 40X.

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE LA MADERA DE *Dalbergia stevensonii*:

A continuación se presentan fotografías y descripciones de la madera vistas con estéreo-microscopio

Vista transversal de la madera de *Dalbergia stevensonii* 0.63 x 2.0

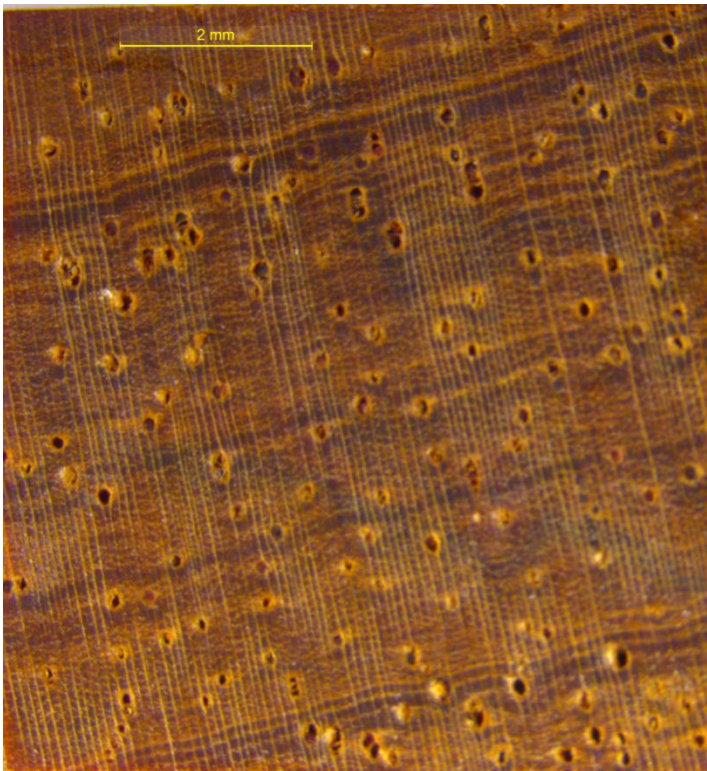


Figura 120. Corte transversal de duramen de *D. stevensonii*, con aumento de 0.63 x 2, que muestra un anillo de crecimiento delimitado a ambos lados por 2 a 3 bandas de fibras y de parénquima axial marginal.

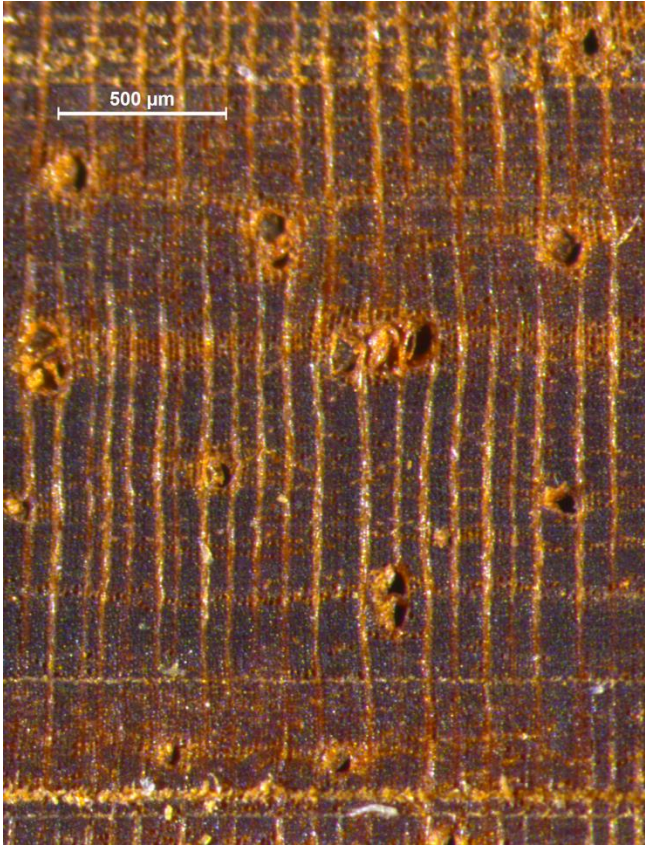


Figura 121. Vista transversal de albura de *D. stevensonii*. Aumento: 0.63x 6.3. Se observan las bandas de fibras y parénquima terminal en ambos extremos del anillo.

En la Figura 121 se observa el parénquima apotraqueal difuso reticulado y los rayos de parénquima, estrechos y numerosos. Las fibras son de color café oscuro; el parénquima reticulado, el parénquima paratraqueal y los vasos son de color amarillo. Vasos del xilema principalmente solitarios con parénquima paratraqueal vasicéntrico, alado o alado confluyente.

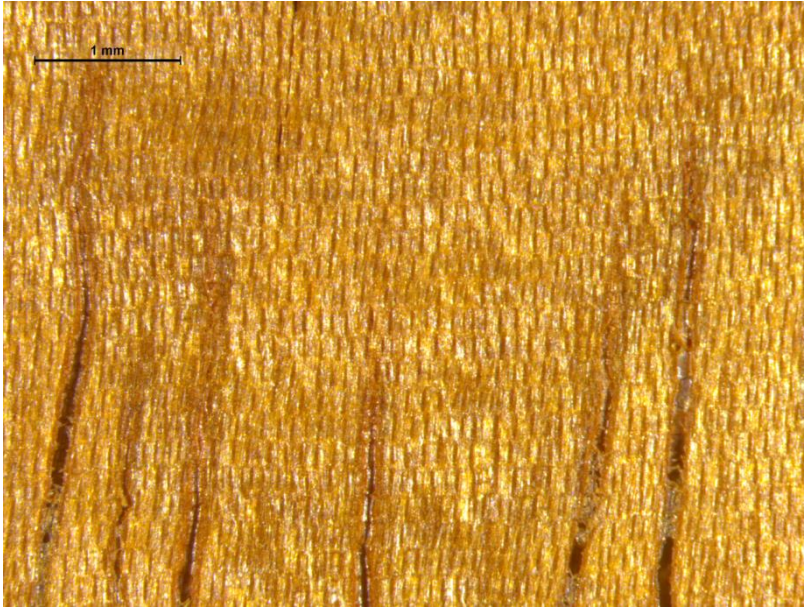


Figura 122. Vista longitudinal tangencial de la albura de *D. stevensonii*. Aumento: 0.63 x 4. Los rayos de parénquima presentan estratificación media.

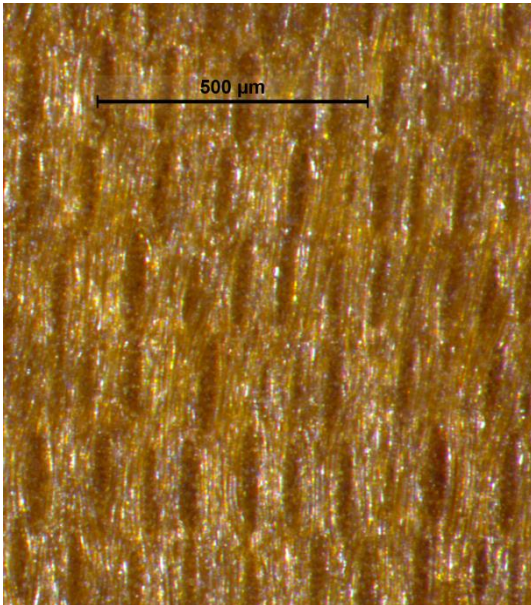


Figura 123. Vista longitudinal tangencial de la albura de *D. stevensonii*. Aumento: 0.63 x 10. Muestra los rayos de parénquima en detalle.

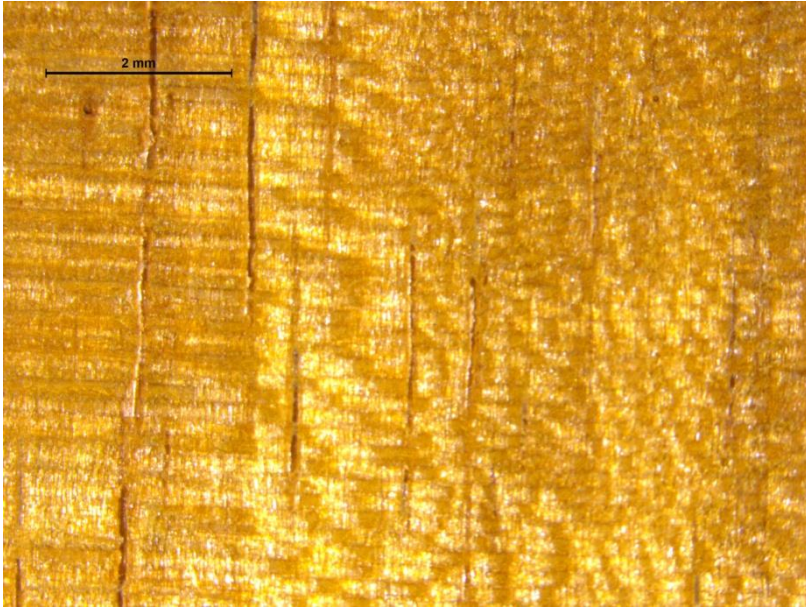


Figura 124. Vista longitudinal radial de *D. stevensonii*. Aumento: 0.63x 2.5. Muestra los rayos de parénquima en filas del lado izquierdo y dando una vista jaspeada en el lado derecho.

NOMBRE CIENTÍFICO: *Dalbergia calycina* Benth

FAMILIA: Fabaceae **Tribu:** Dalbergieae

NOMBRE(S) COMÚN(ES): Nogal, ébano, quebracho o chiquibalché (en idioma kak'chiquel).

Nombre de la madera en el comercio internacional: Granadillo negro

CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS DE LA MADERA DE *Dalbergia calycina*

Vista Transversal: **Anillos de crecimiento** bien marcados por una banda delgada de parénquima apotraqueal y una banda más gruesa de fibras. **Porosidad** semicircular a difusa. **Vasos de xilema** medianos y pequeños algunos con sustancias cristalizadas en su interior, solitarios y algunos múltiples. **Radios** estrechos y numerosos. El **parénquima axial** es abundante y diverso, lo cual contribuye a crear diseños cromáticos en la madera. Los vasos están rodeados de **parénquima paratraqueal vasicéntrico** y algunos por **paratraqueal alado** o **ligeramente romboide**. Hay **parénquima apotraqueal difuso** formando **retículas** o **bandas cortas** así como **parénquima apotraqueal bandeado marginal**.

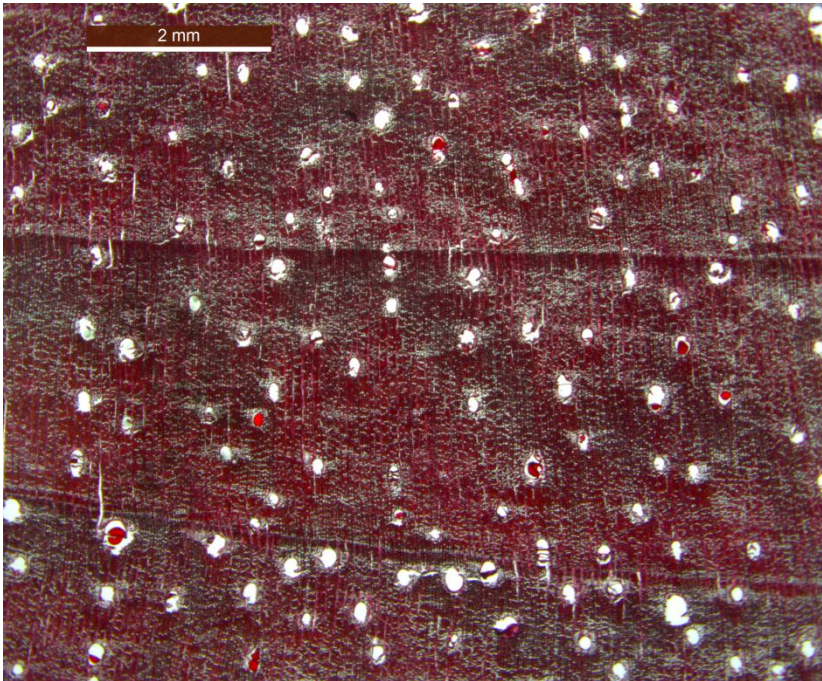


Figura 125. Corte transversal del duramen de *D. calycina*. 1.25x. Vista general que muestra los límites entre anillos bien marcados.

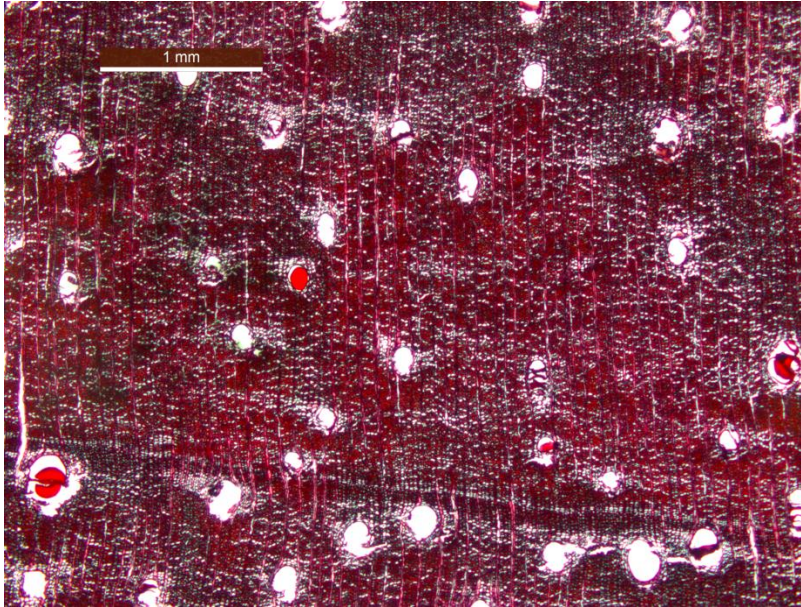


Figura 126. Corte transversal del duramen de *D. calycina*. 2.5X. Se observa el límite entre anillos de crecimiento en la parte inferior.

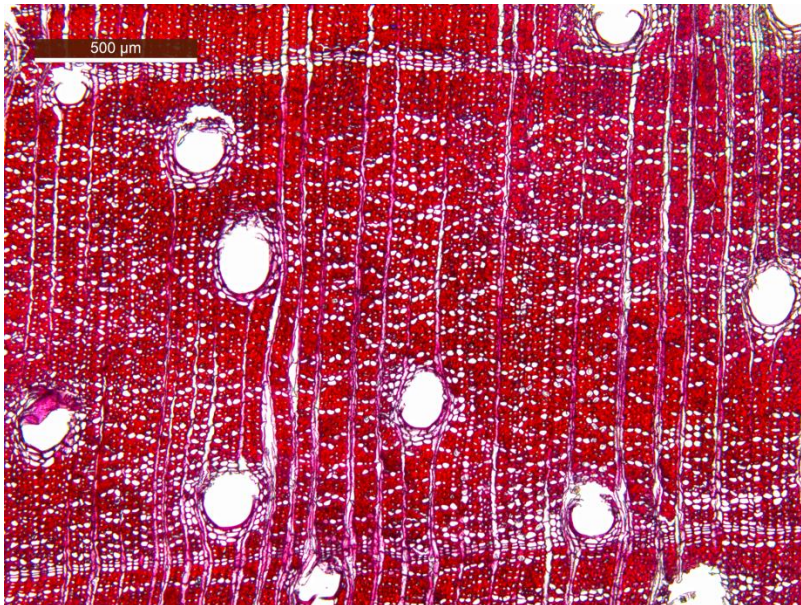


Figura 127. Corte transversal de albura de *D. calycina*. 5x.

En la Figura 127 se observan vasos individuales principalmente, rodeados de parénquima paratraqueal vasicéntrico, ligeramente alado o bien ligeramente romboide. Se observa el parénquima bandeado en los límites entre anillos, así como el parénquima apotraqueal reticulado.

Vista Longitudinal Tangencial

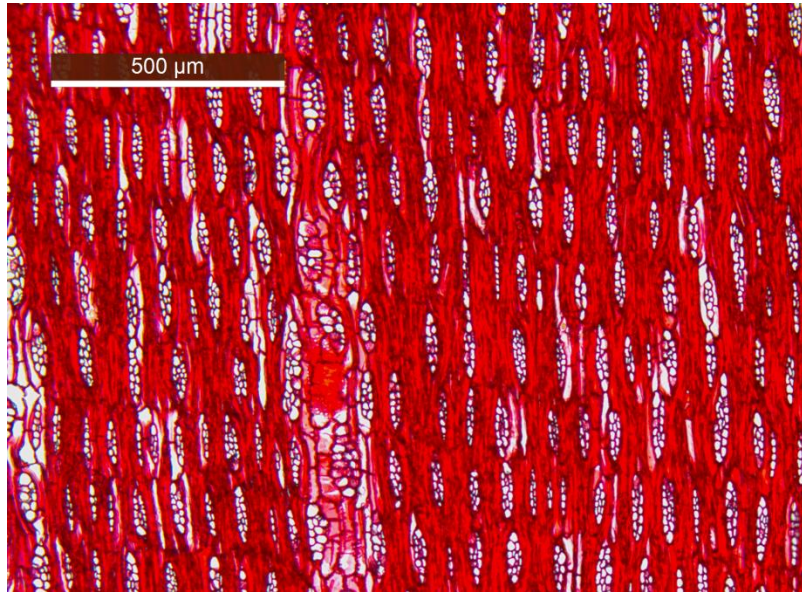


Figura 128. Corte Longitudinal Tangencial de la albura de *D. calycina*. 5x.

En la Figura 128 los radios de parénquima tienen estratificación media y son cortos. Al centro-izquierda se observa el parénquima paratraqueal que rodea al vaso a lo largo de éste.

Vista Longitudinal Radial

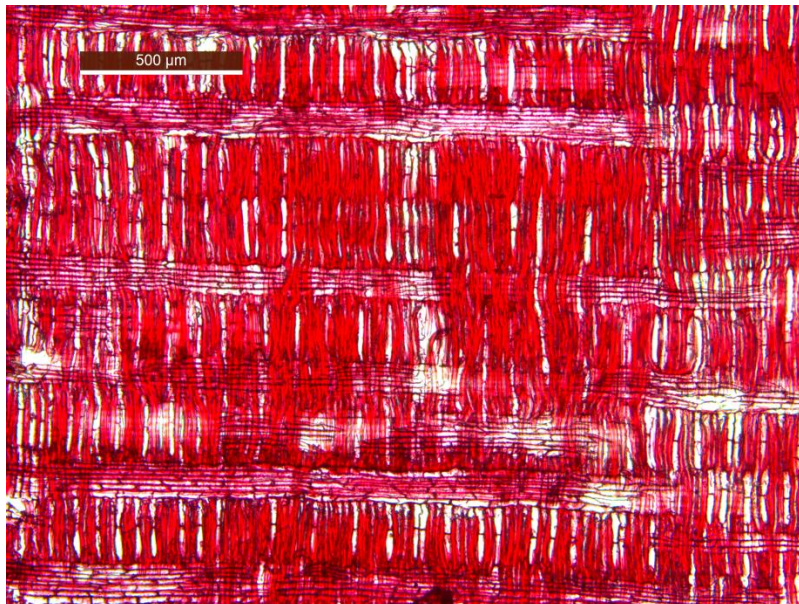


Figura 129. Vista longitudinal radial del duramen de *D. calycina*. 5X.

La Figura 129 muestra los rayos de parénquima horizontales, fibras verticales y abundante parénquima axial.

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE LA MADERA DE *Dalbergia calycina*

Vista transversal de la madera de *Dalbergia calycina* en estéreo-microscopio: Las características del xilema son exactamente las mismas en vista microscópica y estéreo-microscópica. Sobresale el límite entre anillos bien marcado por parénquima apotraqueal bandeado y bandas de fibras de paredes gruesas. Porosidad semi-difusa. Los vasos están rodeados de **parénquima paratraqueal vasicéntrico** y algunos por **paratraqueal alado o ligeramente romboide**. Hay **parénquima apotraqueal difuso formando retículas o bandas cortas** así como **parénquima apotraqueal bandeado marginal**.



Figura 130. Vista transversal del duramen de *D. calycina*. 0.63X 2.

En la Figura 130 las fibras se ven en café oscuro y el parénquima en café claro. Los límites entre anillos están bien marcados.

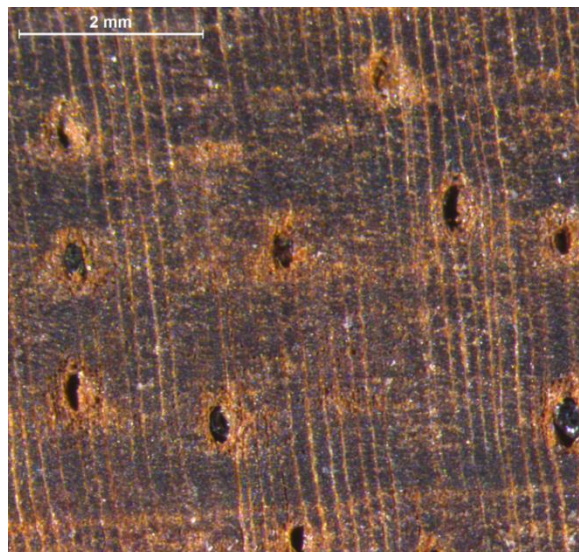


Figura 131. Vista transversal del Duramen de *D calycina*. 0.63X 5.

En la Figura 131 los vasos de xilema muestran parénquima paratraqueal vasicéntrico, ligeramente romboide o ligeramente alado. Hay abundante parénquima apotraqueal reticulado.

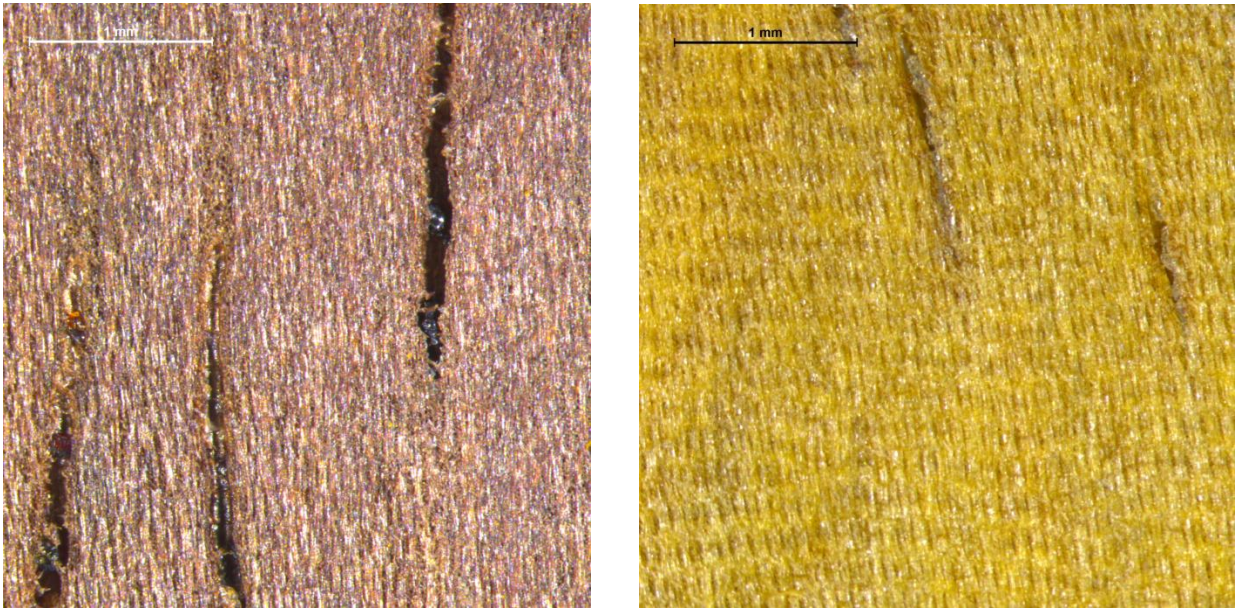


Figura 132. Vista tangencial de duramen (izquierda) y albura (derecha).0.63X 5.

En la Figura 132 se observan diferencias en color; el duramen en café oscuro y la albura en color amarillo-cremoso.

Dalbergia retusa* Helms var *retusa

FAMILIA: Fabaceae

Tribu: Dalbergieae

NOMBRE(S) COMÚN(ES): Cocobolo, granadillo.

Nombre de la madera en el comercio internacional: Cocobolo, palissandre cocobolo.

Características Microscópicas de la Madera de *Dalbergia retusa* var. *retusa*

Vista Transversal: Los anillos de crecimiento están bien marcados por una banda gruesa de fibras, acompañada de bandas de parénquima axial intercaladas con otras bandas menos anchas y menos visibles de fibras. En esta característica difiere de las otras *Dalbergias* estudiadas. **Porosidad** semicircular a difusa. **Vasos de xilema** solitarios principalmente aunque hay algunos pocos son múltiples con 2-3 vasos juntos. Numerosos vasos con sustancias cristalizadas en su interior. Los **Radios de parénquima** son estrechos y numerosos, más que en las otras 3 *Dalbergias*. El **parénquima paratraqueal es escaso, vasicéntrico o débilmente aliforme (a veces con una sola ala) o ausente**; esta característica es notoria, contrario a las otras *Dalbergias*. El **parénquima apotraqueal difuso agregado formando retículas o bandas cortas** es muy abundante.

Mientras el duramen tiene más fibras y de paredes gruesas. En la albura las fibras están en desarrollo y sus paredes son más delgadas; así mismo, el parénquima apotraqueal reticulado muy abundante.

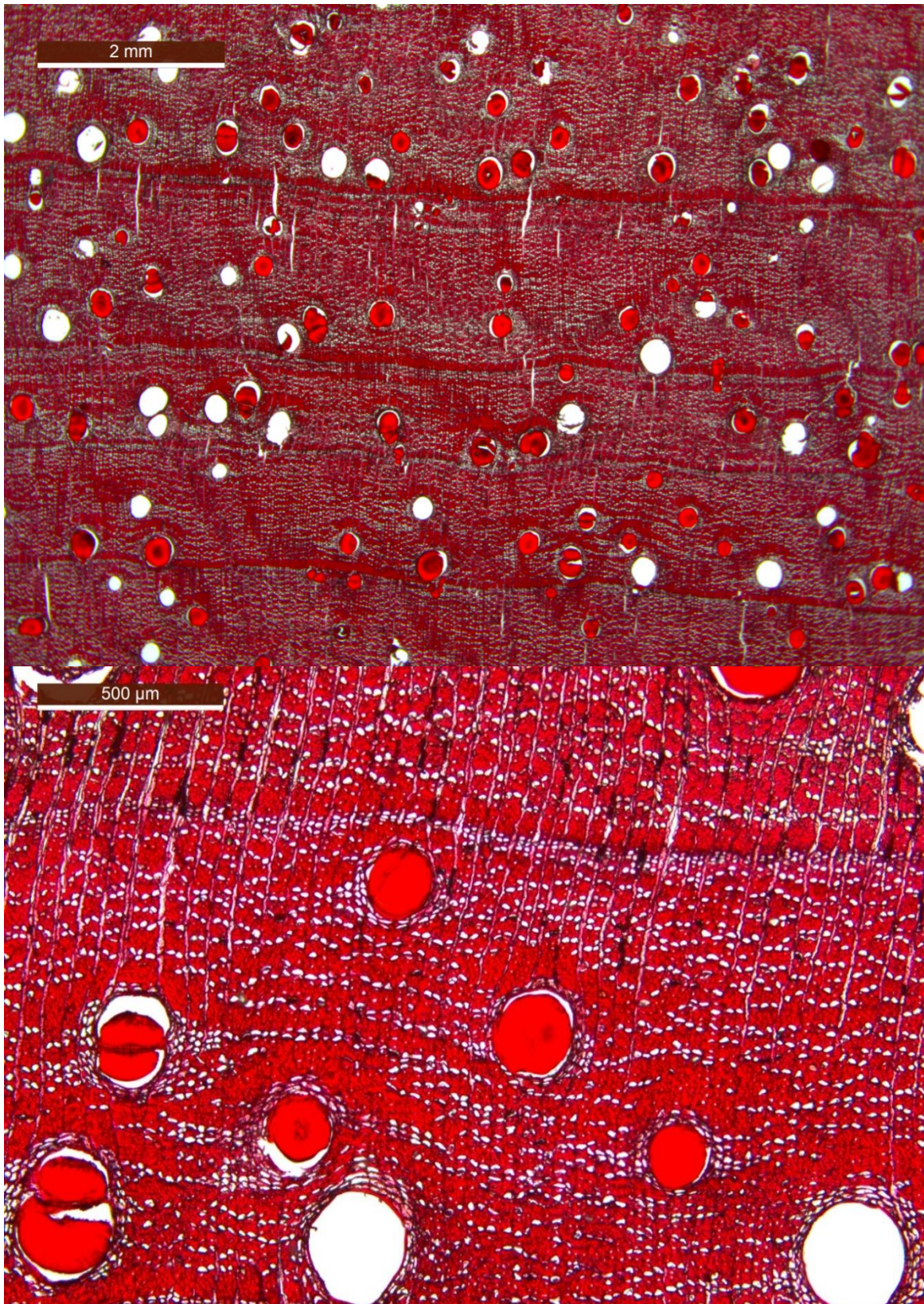


Figura 133 Vista transversal de duramen de *D. retusa* var *retusa*. 1.25X foto superior y 5X foto inferior.



Figura 134. Vista transversal de albura de *D. retusa* var. *retusa*. 5X. Rayos abundantes.

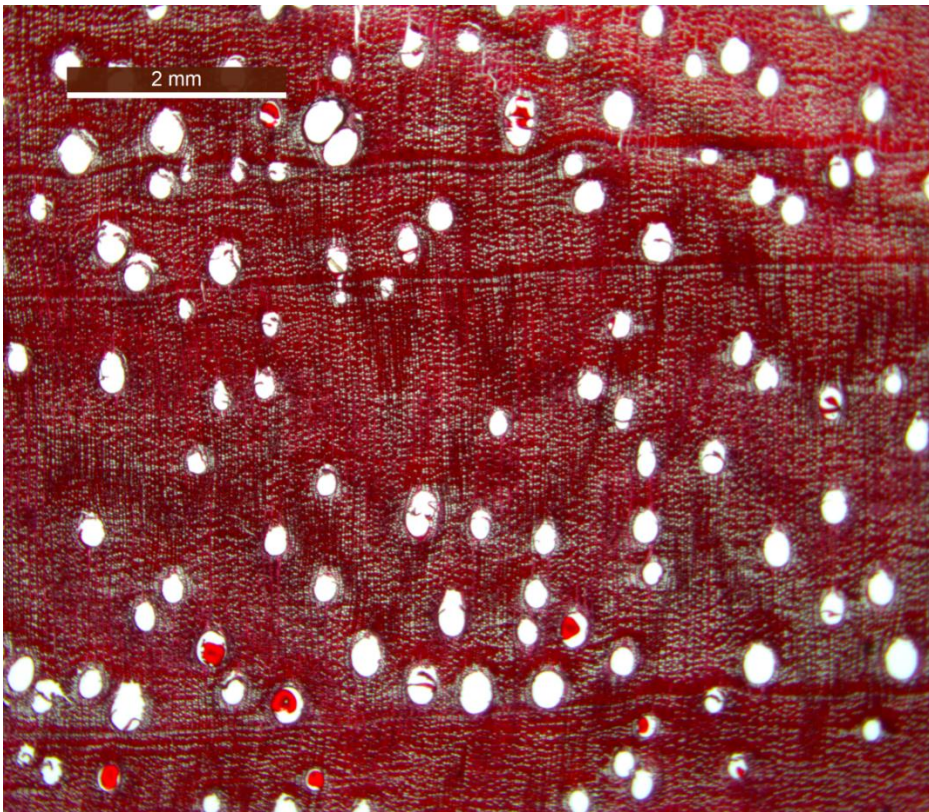


Figura 135. Vista transversal de albura de *D. retusa* var. *retusa*. 1.25X

Vista Longitudinal tangencial de la madera de *D. retusa* var *retusa*

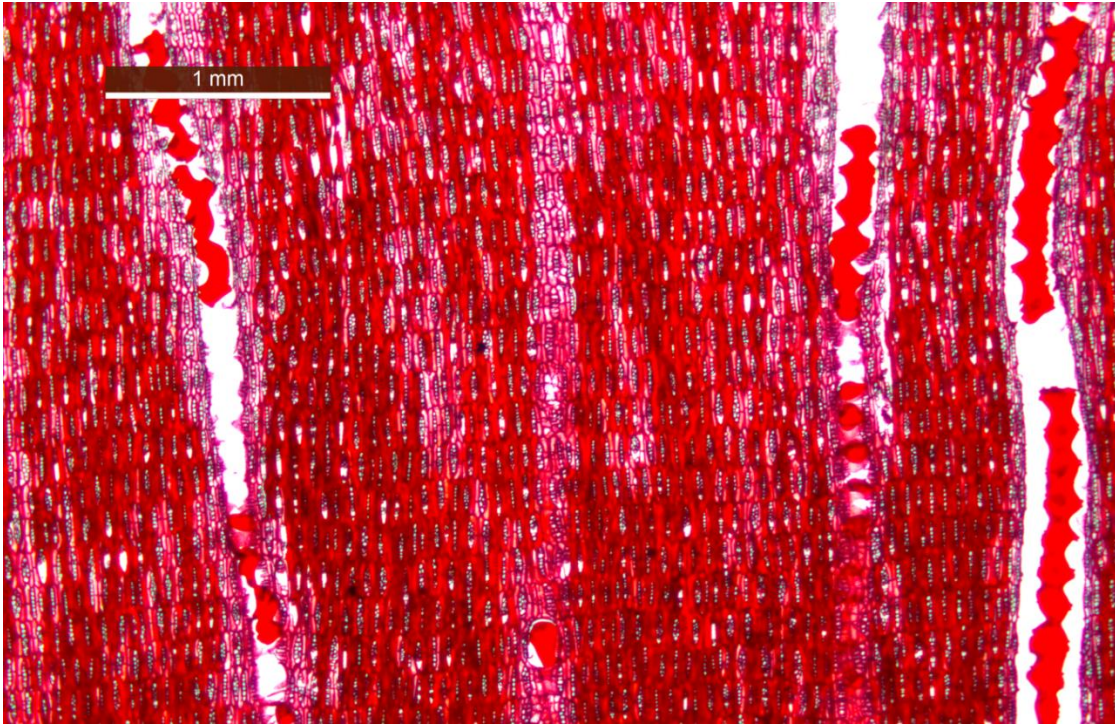


Figura 136. Vista longitudinal tangencial de albura *D. retusa* var *retusa*. 2.5X.

La Figura 136 muestra que los radios son de estratificación media, numerosos y estrechos.

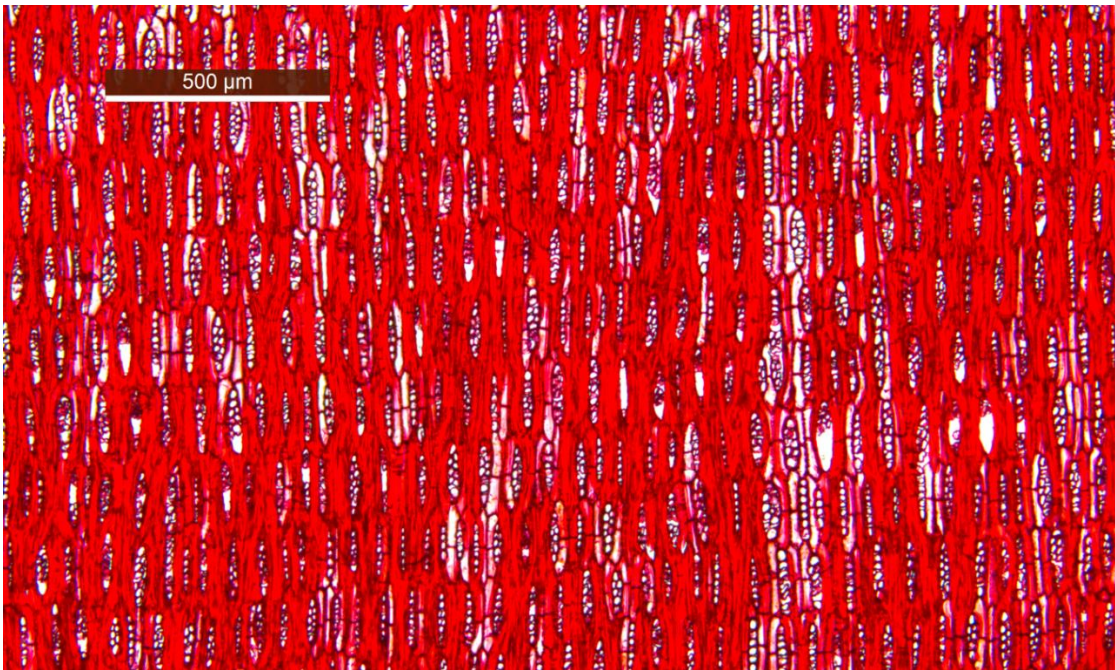


Figura 137. Vista longitudinal tangencial de la albura de *D. retusa* var. *retusa*. 5X.

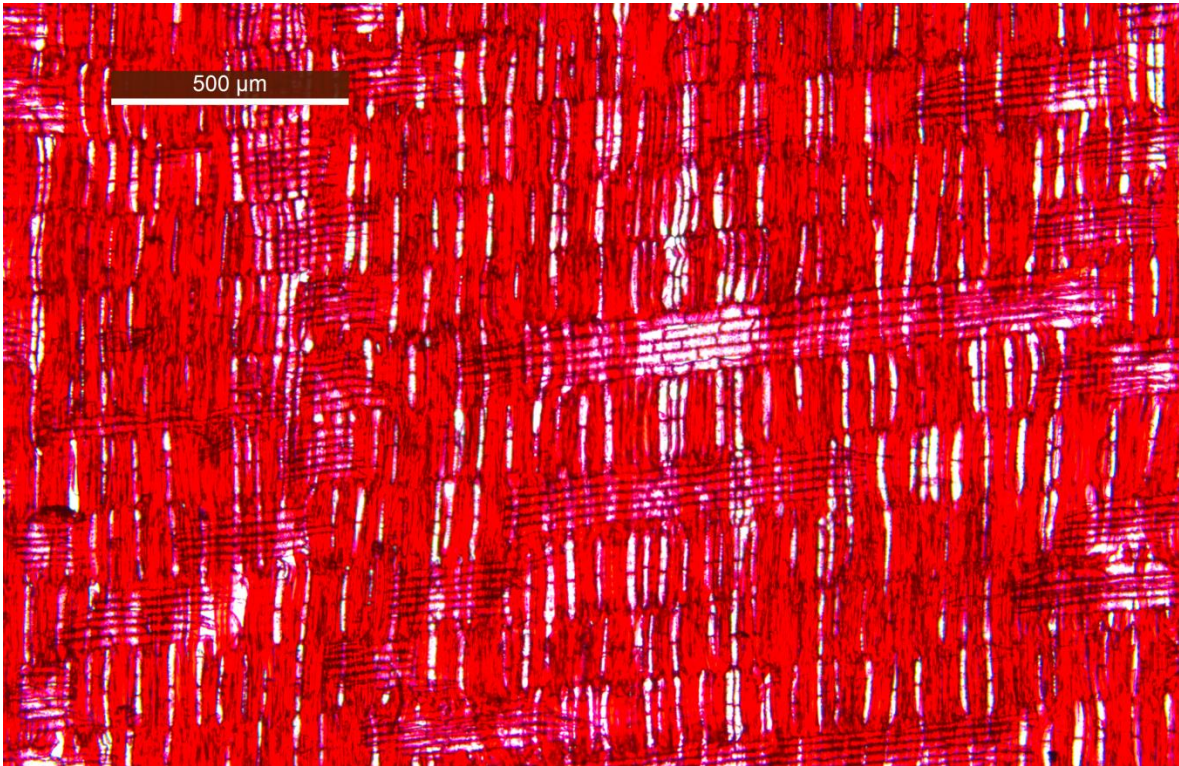


Figura 138. Vista longitudinal radial de albura de *D. retusa* var *retusa*. 5X.

La figura 138 muestra que los radios del xilema son homocelulares; hay fibras septadas y no septadas.

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE LA MADERA DE *Dalbergia retusa* var. *retusa*:

A continuación se presentan fotografías y descripciones de la madera vistas con estéreo-microscopio:

Vista transversal de la madera de *Dalbergia retusa* var *retusa* en estéreo-microscopio: Las características del xilema son exactamente las mismas en vista microscópica y estéreo-microscópica.

Vista Transversal

Los **anillos de crecimiento** están bien delimitados, con una o más bandas de **parénquima apotraqueal terminal** y una o más **bandas de fibras**. **Vasos de xilema** solitarios principalmente, o en grupos de 2-3; en su mayoría presentan sustancias cristalizadas en su interior. Radios de parénquima muy finos y numerosos. Parénquima paratraqueal escaso, vasicéntrico o débilmente vasicéntrico o ausente. Hay abundante **parénquima apotraqueal difuso agregado formando retículas**.

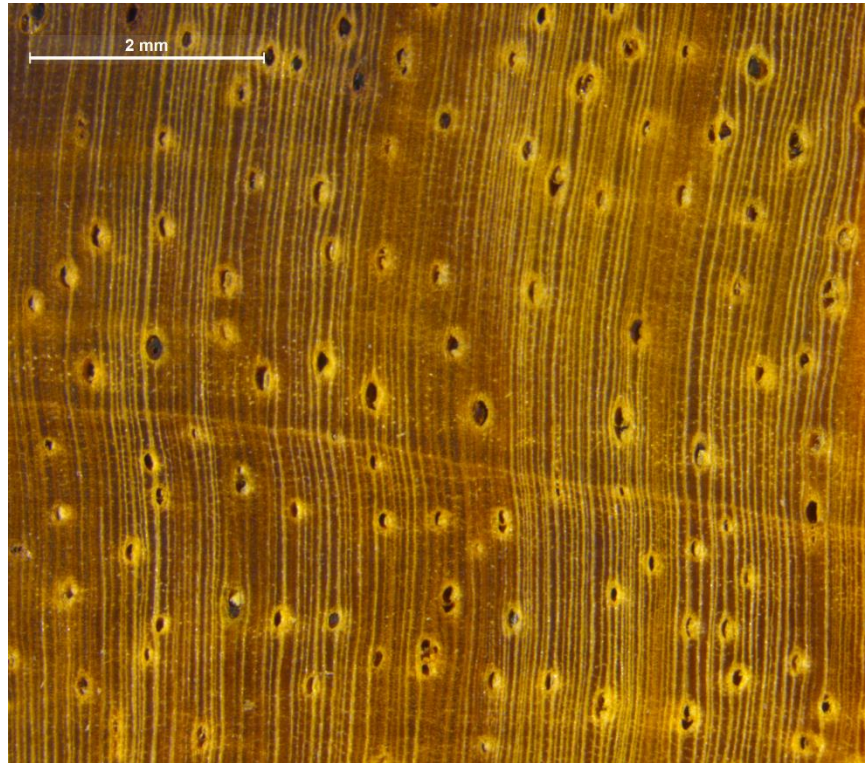


Figura 139. Vista transversal de duramen de *D. retusa var. retusa*. 0.63x5.

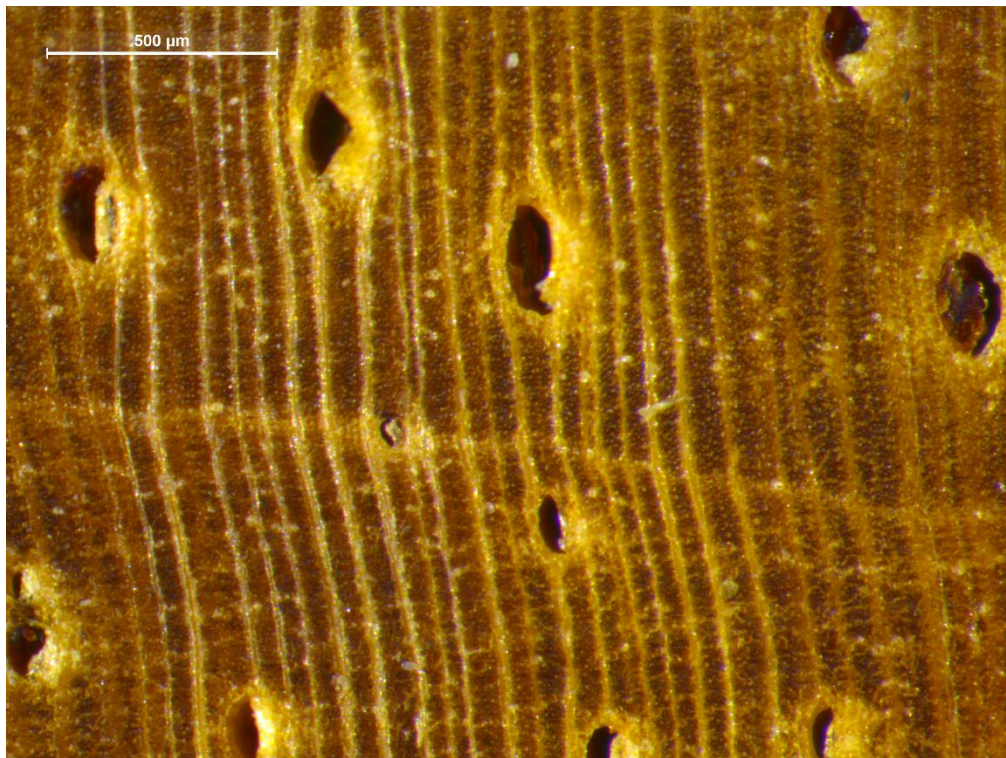


Figura 140. Vista transversal del duramen de *D. retusa var. retusa*. 0.63x 10

Vista Longitudinal Tangencial

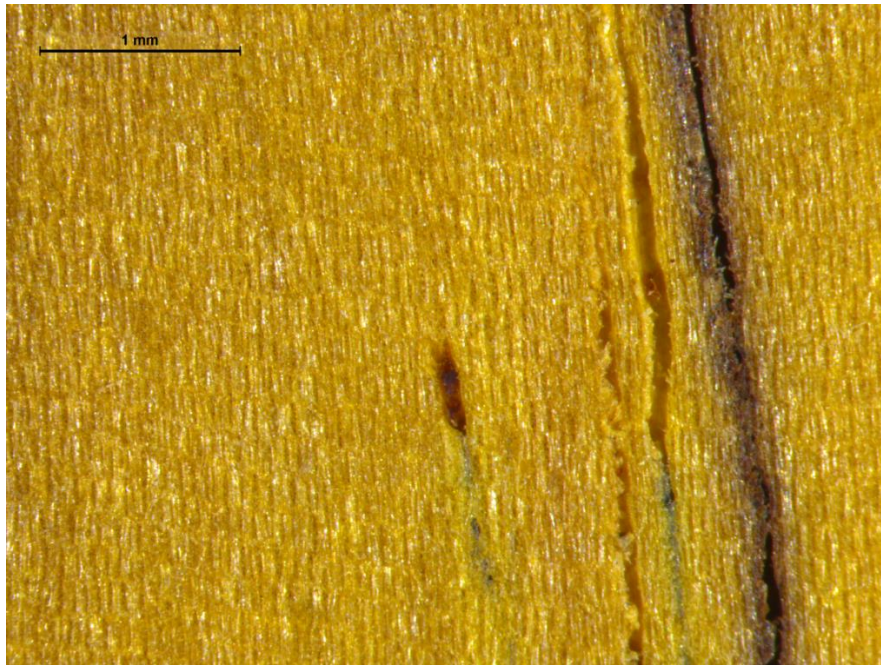


Figura 141. Vista longitudinal tangencial de la madera de *D. retusa* var *retusa*.

La figura 141 muestra que los radios son de estratificación media, numerosos y estrechos. Así también, que los vasos de xilema contienen sustancias cristalizadas en su interior.

Vista Longitudinal Radial

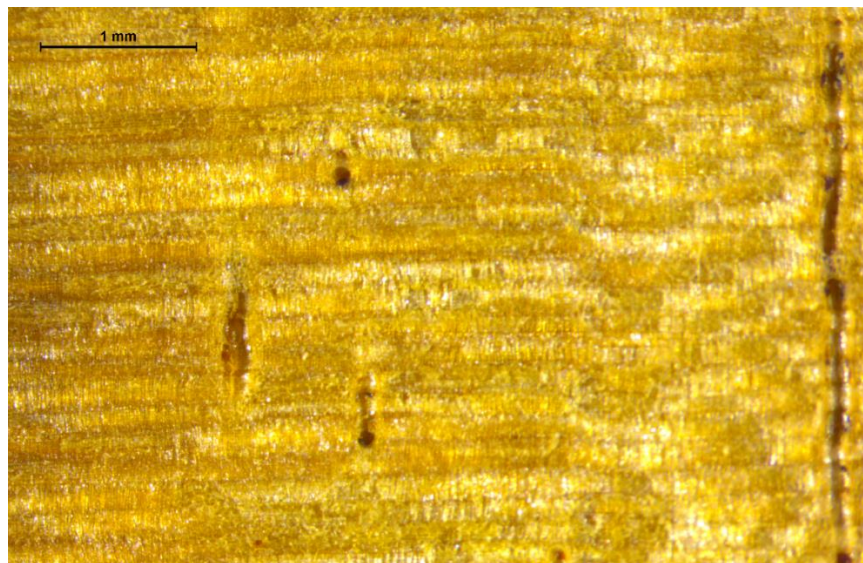


Figura 142. Vista longitudinal radial de duramen de *D. retusa* var *retusa*. 0.63X 4.

Los radios del xilema son homocelulares. Así mismo, hay sustancias cristalizadas dentro de los elementos de los vasos del xilema.

NOMBRE CIENTÍFICO: *Swietenia macrophylla* King

FAMILIA: MELIACEAE

NOMBRES COMUNES: Caoba, Ajanté (Q'eqchi')

Nombre internacional de la madera: True Mahogany, American Mahogany

Características Microscópicas de la Madera de *Swietenia macrophylla* King

Vista Transversal:

Histológicamente los anillos de crecimiento están marcados por una o dos bandas gruesas de parénquima axial terminal. **Porosidad** difusa. **Vasos de xilema** solitarios y múltiples, de hasta 6 vasos juntos. Se observan sustancias cristalizadas en el interior de algunos vasos. Los **Radios de Parénquima** son abundantes y heterocelulares, con células procumbentes y células verticales; hay radios multiseriados de 2-3 células de grosor y hay radios uniseriados. **Parénquima paratraqueal ausente** o, al ver en alta resolución en el microscopio se observa paratraqueal escaso. Hay algunas células de **parénquima apotraqueal difuso** muy disperso y escaso.

Vista Longitudinal Tangencial:

Los **Radios** presentan estratificación gruesa, con traslape entre filas de rayos. **Vasos del xilema** con puntuaciones opuestas. **Hay fibras septadas y no septadas**, lo cual es una característica importante en la identificación de esta especie.

Vista longitudinal radial:

Los **Radios** son heterogéneos y algunas de sus células contienen sustancias cristalizadas. También se ven sustancias cristalizadas en los vasos, los cuales son anchos. En esta vista se nota la presencia de parénquima paratraqueal.

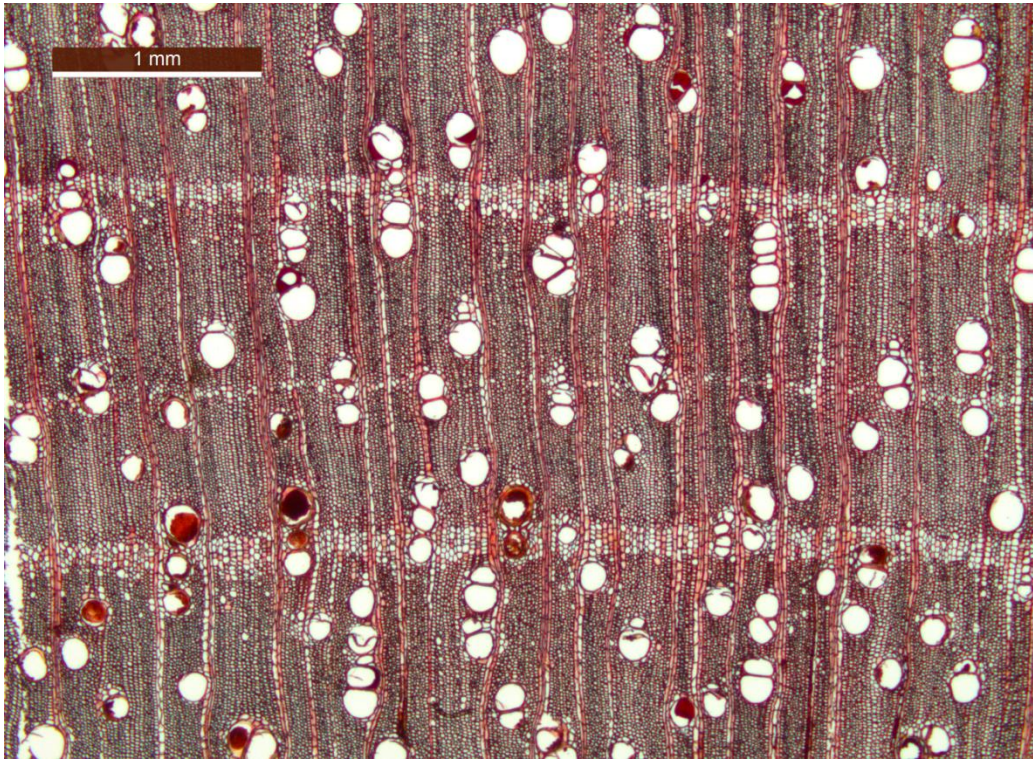


Figura 143. Vista transversal del xilema secundario de *S. macrophylla*. 2.5X.

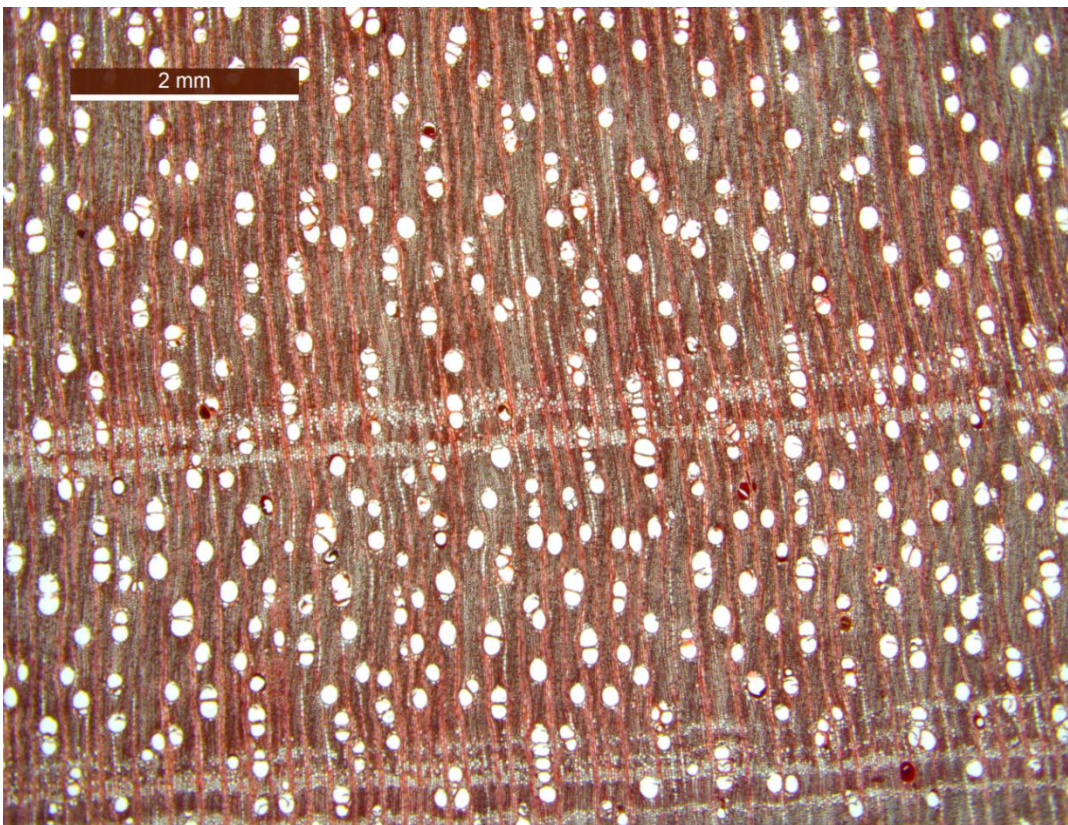


Figura 144. Vista transversal del xilema secundario de *S. macrophylla*. 1.25X.

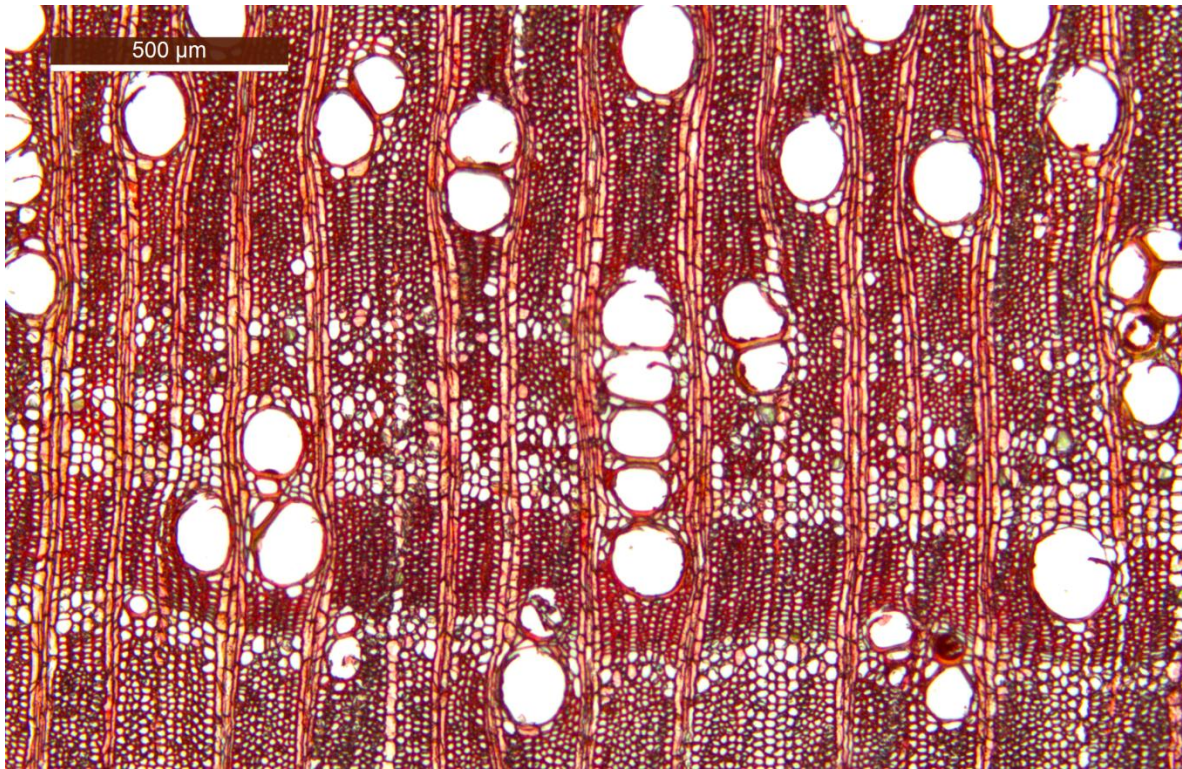


Figura 145. Vista transversal del xilema secundario de *S. macrophylla*. 5x.

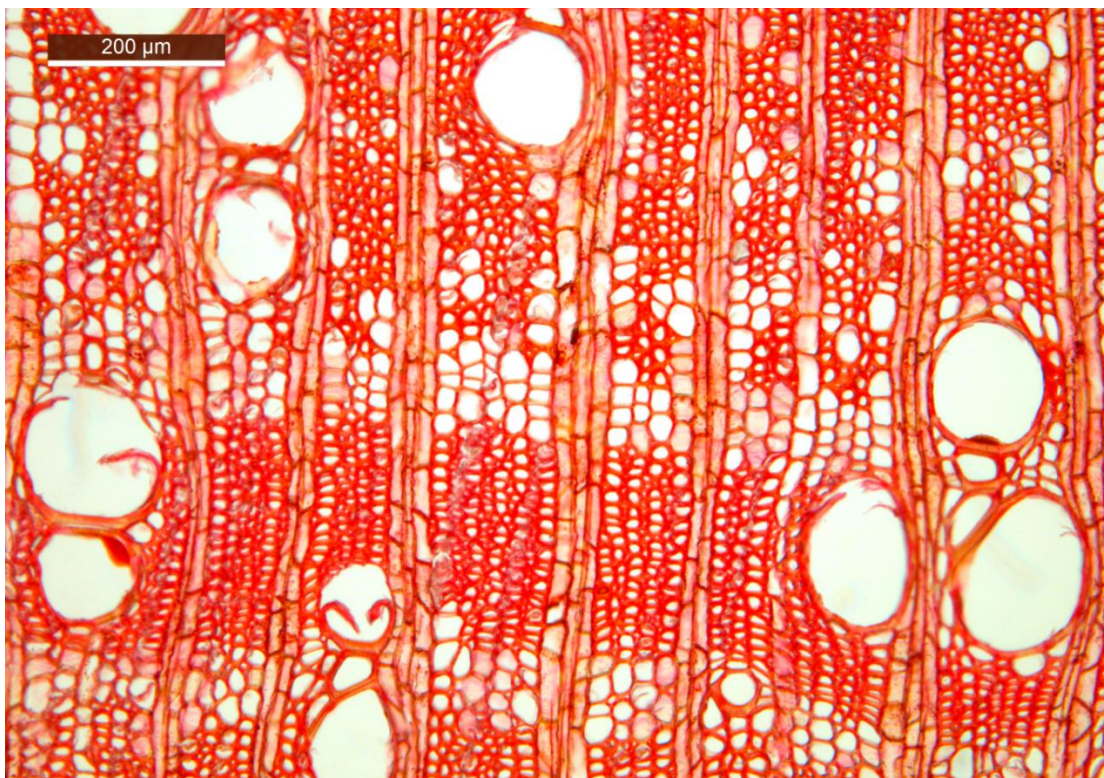


Figura 146. Vista transversal del xilema secundario de *S. macrophylla*. 10X.

Vista Longitudinal Tangencial



Figura 147. Vista Longitudinal Tangencial de xilema secundario de *S. macrophylla*. 5X.

Vista Longitudinal Radial

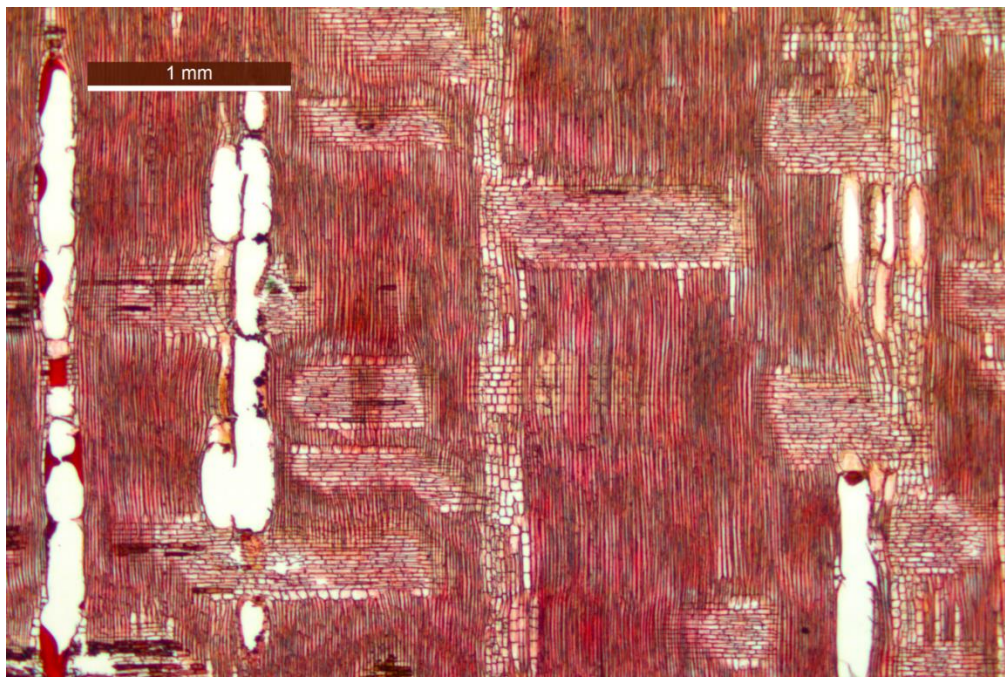


Figura 148. Vista longitudinal Radial. 2.5X

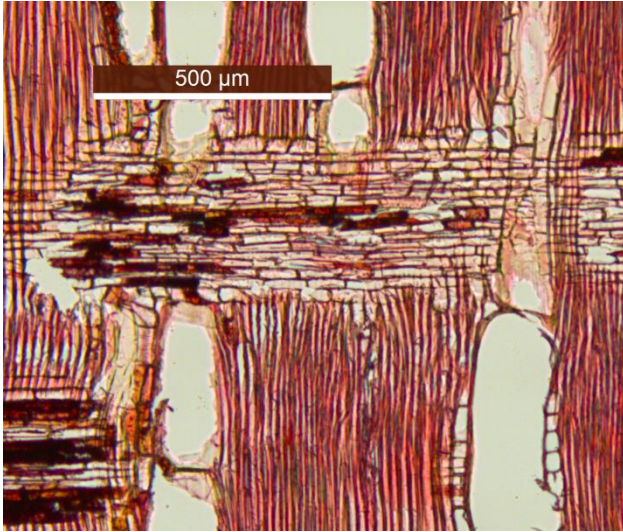


Figura 149. Vista longitudinal radial. 5X.

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE LA MADERA DE *Swietenia macrophylla*

VISTA TRANSVERSAL

En vista 10x x 0.63 se ven una o más bandas de parénquima apotraqueal terminal (3-5 capas de células), intercaladas con bandas de fibras. Los vasos en su mayoría están con sustancias cristalizadas en su interior. Hay vasos solitarios y múltiples. Se ven radios de parénquima heterocelulares, de 2-3 filas de células, y también rayos uniseriados de células redondas. Las paredes de las fibras son gruesas. La madera es color café caoba. Los rayos son de color amarillo y las bandas de parénquima terminal también.

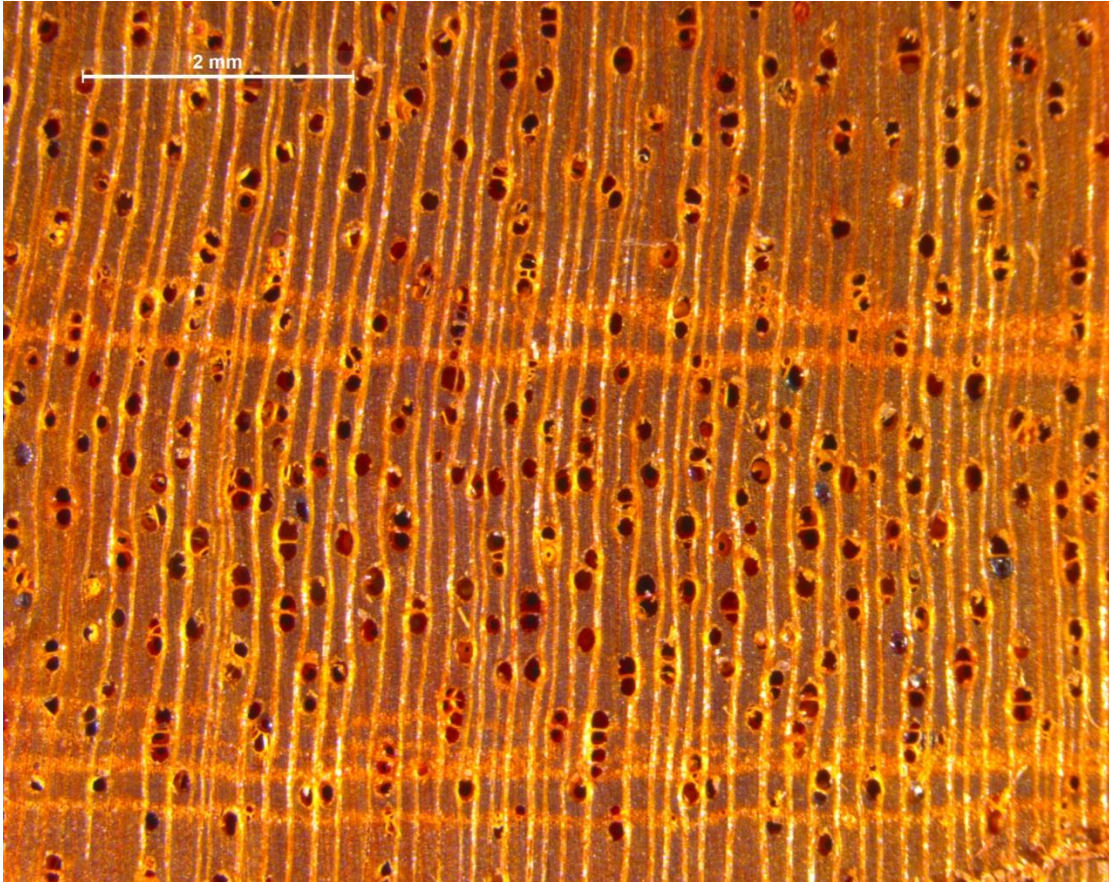


Figura 150. Vista macroscópica transversal de la madera de *S. macrophylla*. 0.63 x 2.5.

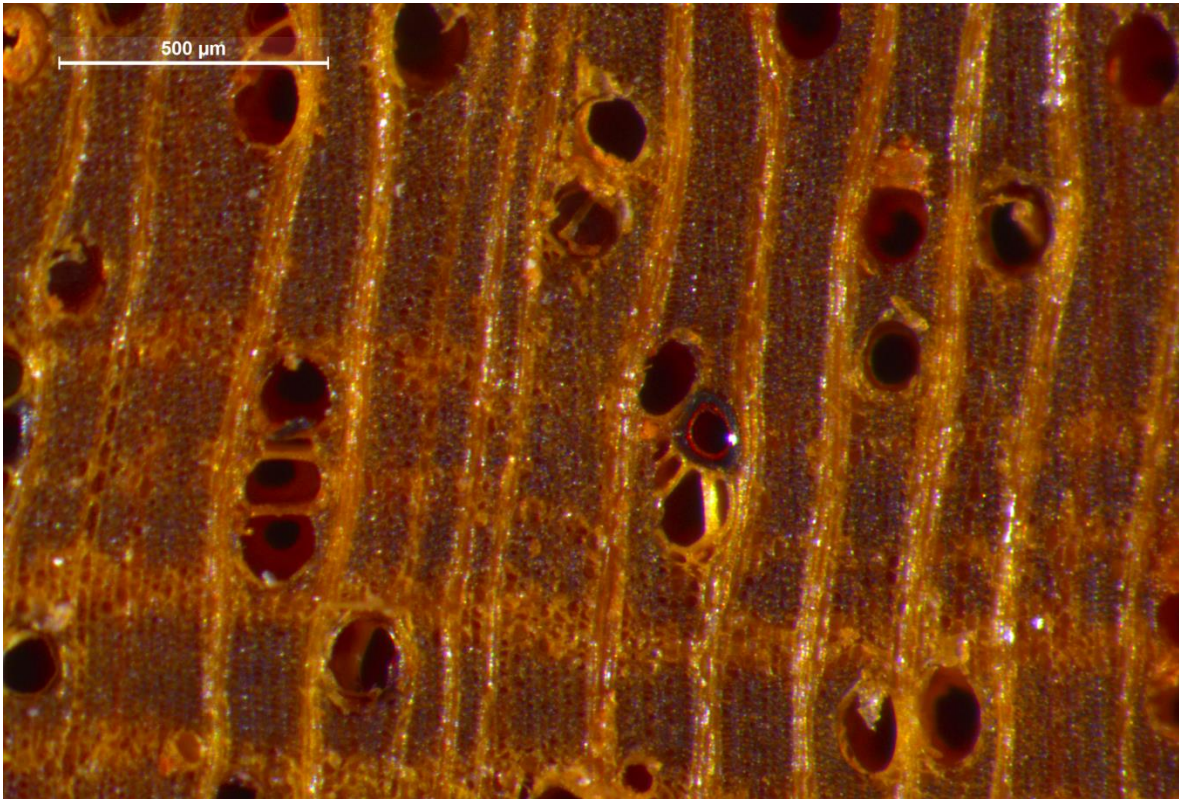


Figura 151. Vista macroscópica transversal de la madera de *S. macrophylla*. 0.63 x 10.

Vista Longitudinal Tangencial

Rayos de estratificación gruesa. Los vasos se ven con sustancias cristalizadas rojas y también se ven los elementos de los vasos.



Figura 152. Vista macroscópica longitudinal tangencial de la madera de *S. macrophylla*. 0.63x2.5X.

VISTA LONGITUDINAL RADIAL

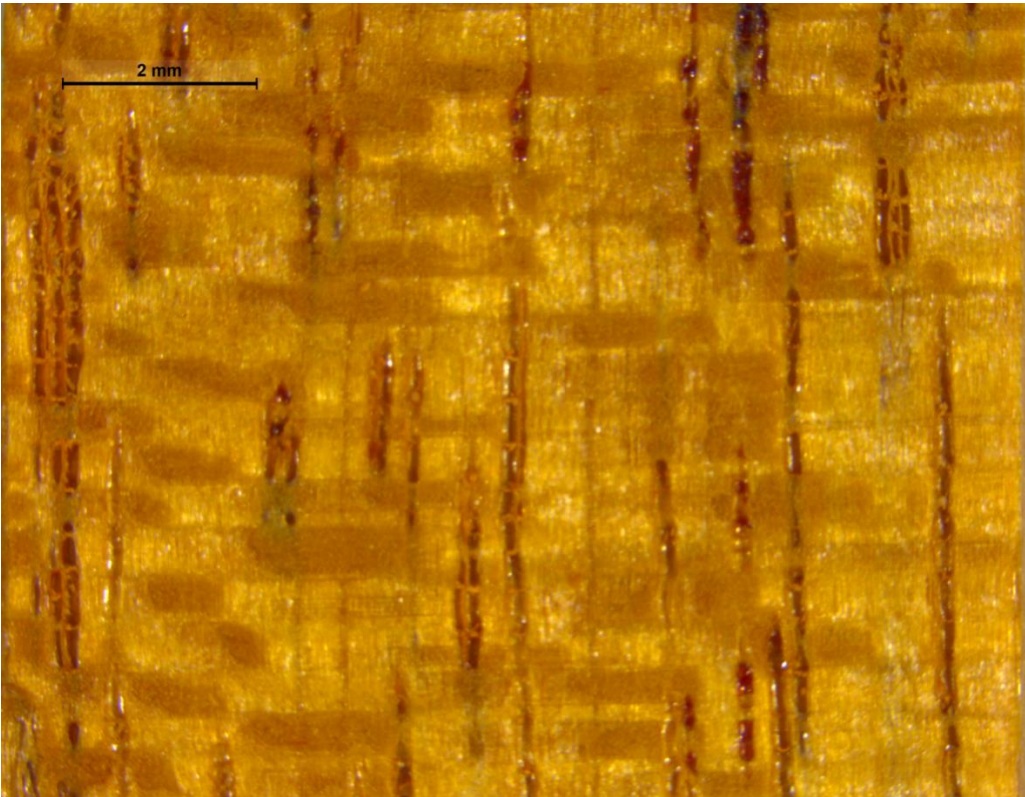


Figura 153. Vista macroscópica longitudinal radial de *S. macrophylla*. 0.63x2X. Vasos llenos de aceites cristalizados.

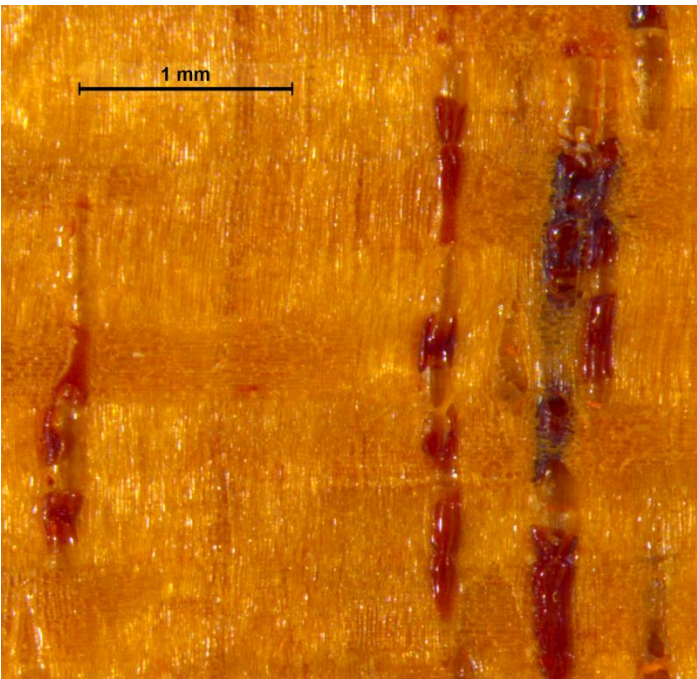


Figura 154. Vista ampliada de los aceites cristalizados en los vasos del xilema. 0.63x4X.

NOMBRE CIENTÍFICO: *Swietenia humilis* Zucc.

FAMILIA: Meliaceae

NOMBRE(S) COMÚN(ES): Caoba, Caoba de Costa, Caoba de la Costa del Pacífico, Zapotón.

NOMBRE DE LA MADERA EN EL COMERCIO INTERNACIONAL: Caoba de Honduras, Caoba mexicana
Mexican Mahogany, Honduran Mahogany.

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA DEL XILEMA SECUNDARIO DE *Swietenia humilis*:

Vista Transversal

Porosidad: Difusa. De vasos solitarios a múltiples de hasta 10 vasos juntos. Numerosos vasos presentan sustancias cristalizadas en su interior. Unos pocos vasos están acompañados de parénquima paratraqueal vasicéntrico.

Generalmente hay una sola banda de parénquima axial marginal bien marcada y ancha, pero es posible observar dos e incluso 3 bandas, separadas entre sí por bandas de fibras. Acompañando a las bandas de parénquima hay parénquima apotraqueal difuso. Se observan algunas pocas células de Parénquima paratraqueal escaso

Los rayos de parénquima son abundantes y tienen 3 filas de células en promedio e incluso 5; sin embargo, hay rayos uniseriados también, con células más redondeadas que en los rayos multiseriados.

En la albura las fibras son de paredes celulares más delgadas que en el duramen.

Hay fibras grandes con lumen ancho y fibras pequeñas que casi no tienen lumen.

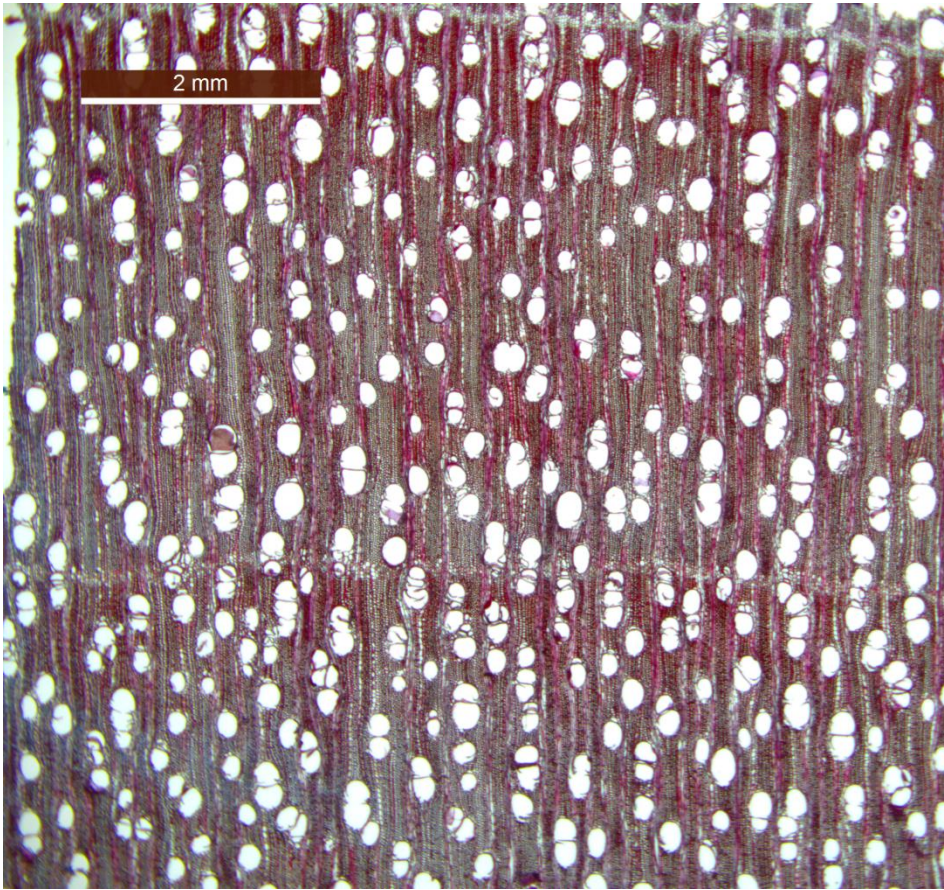


Figura 155. Albura de *S. humilis*. 1.25X. Hay una sola banda de parénquima terminal bandeado al final de cada anillo de crecimiento.

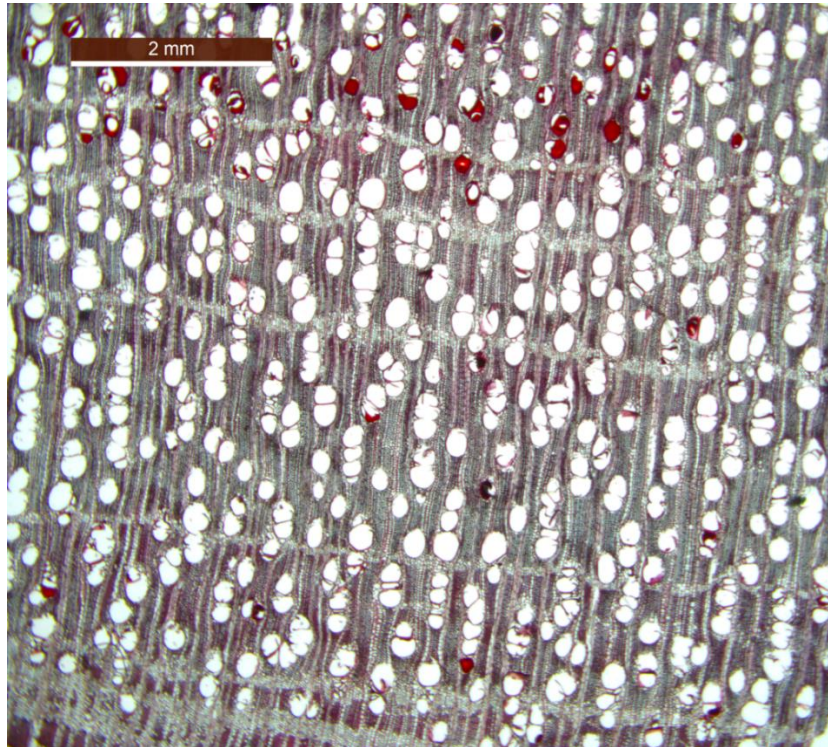


Figura 156. Duramen de *S. humilis*. 1.25X. En la base del corte se ven varias bandas de parénquima.

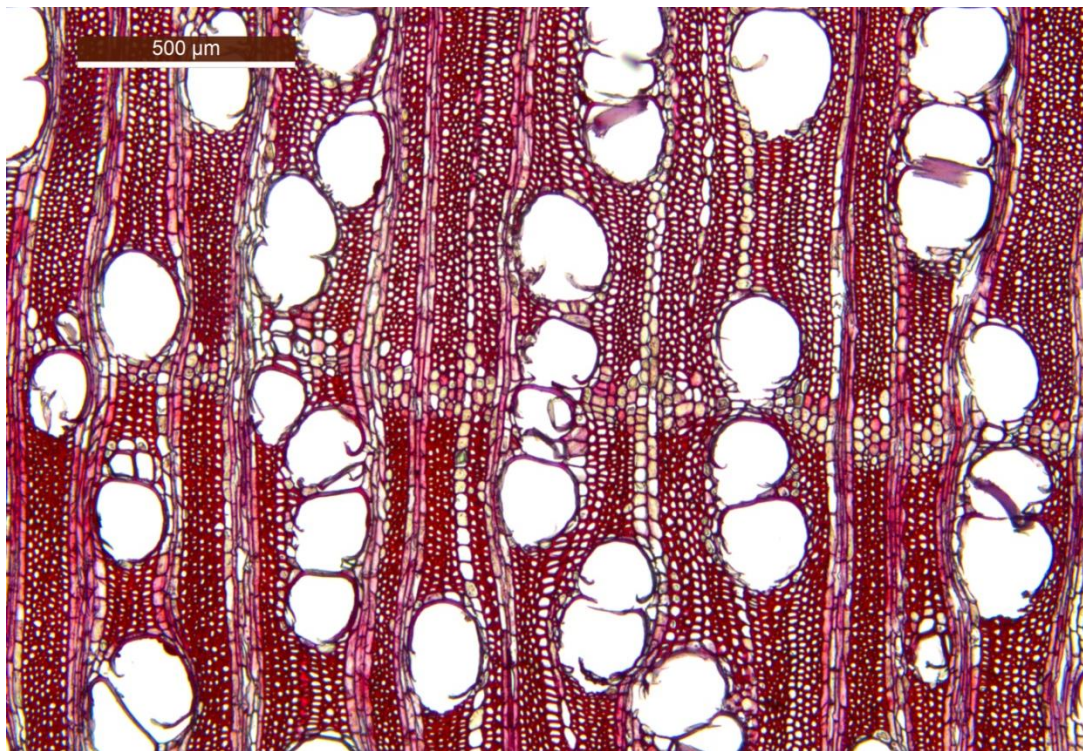


Figura 157. Albura de *S. humilis*. 5x.

En la Figura 157 se observan rayos de dos tipos; los rayos normales de 3 o más filas de células y rayos con una o dos filas de células que son redondeadas. En la parte media del corte está una banda de parénquima marginal. Los vasos son múltiples en su mayoría.

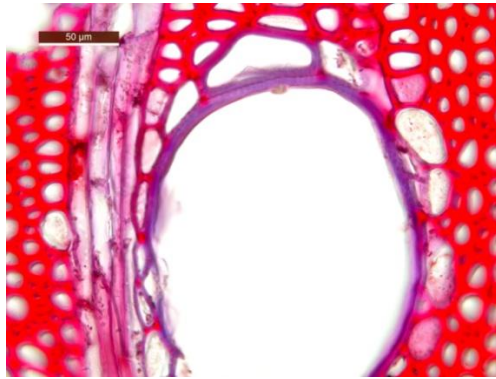


Figura 158. Albura de *S. humilis*. 40x. Vaso de xilema con parénquima vasicéntrico, fibras y un rayo de parénquima lateral.

Vista Longitudinal Tangencial

Radios de parénquima heterocelulares, relativamente cortos y anchos. Se observa parénquima paraatraqueal escaso principalmente. Hay fibras septadas y no septadas, que se observandaramente con los objetivos de mayor aumento. Hay diferencia en el tamaño de fibras. Las punteaduras de los vasos del xilema son opuestas. Numerosos vasos presentan sustancias cristalizadas en su interior.

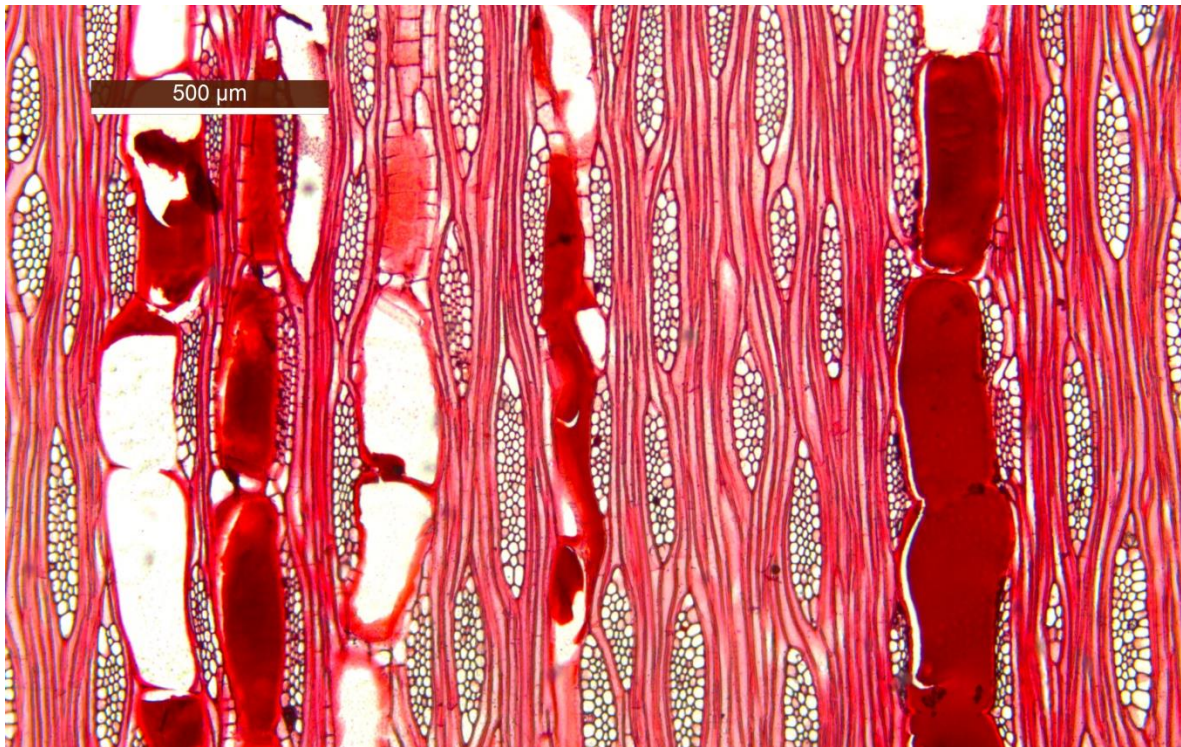


Figura 159. Vista longitudinal tangencial. 5x. Vasos con sustancias cristalizadas en su interior.

Vista Longitudinal Radial

Confirma esta vista que los rayos de parénquima son heterogéneos. Se observa parénquima paratraqueal. El grano o hilo de las fibras es recto.

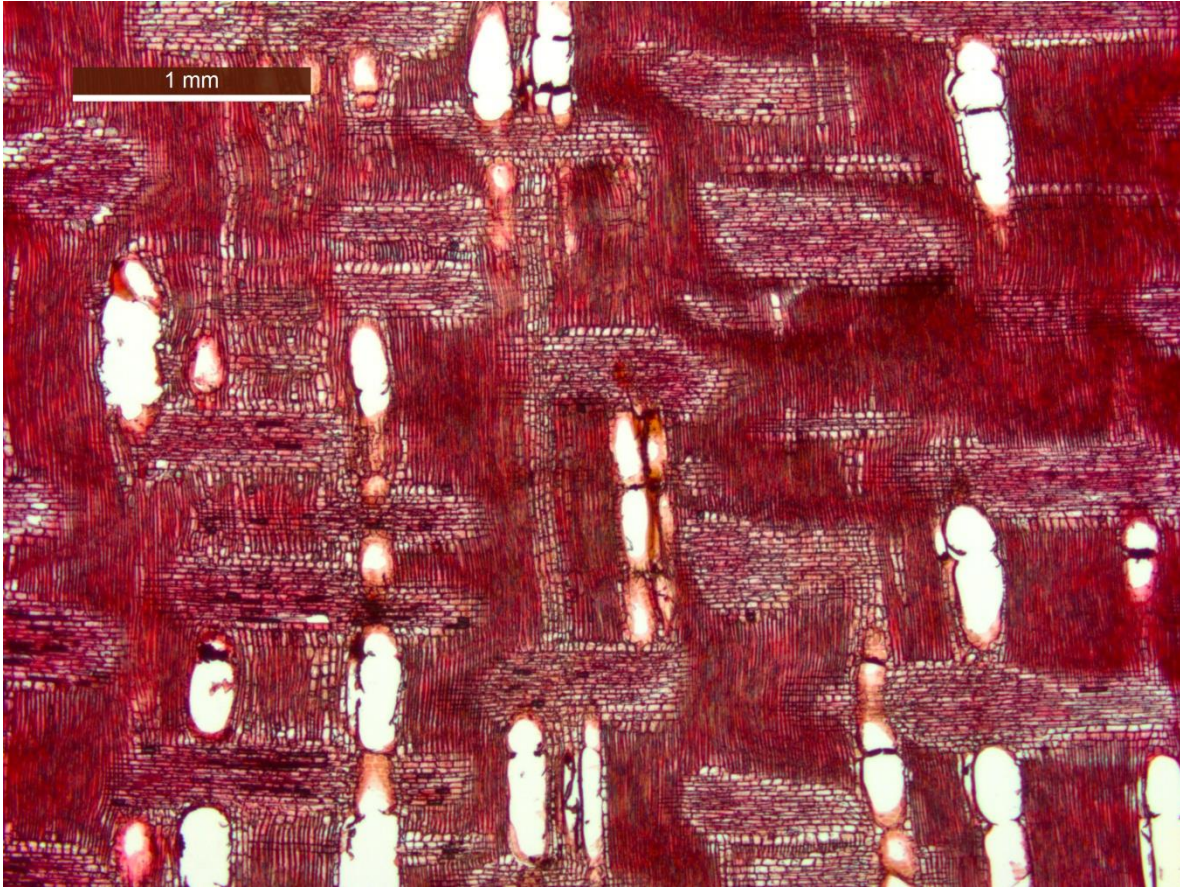


Figura 160. Albura de *S. humilis*. 2.5X.

DIFERENCIAS ENTRE ANATOMÍA XILEMA SECUNDARIO HUMILIS Y MACROPHYLLA

En vista tangencial, los rayos de *S. humilis* son más cortos y más anchos que los de *S. macrophylla*. En vista transversal, en el caso de *S. humilis* hay más vasos juntos en los vasos múltiples, ya que *S. humilis* tiene hasta 10 vasos juntos y *S. macrophylla* llega a 5.

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE LA MADERA DE *S humilis*

Vista Transversal

Porosidad difusa; vasos solitarios y múltiples de 2-10; la mayoría de vasos con sustancias cristalizadas en su interior. Radios numerosos, algunos anchos y muy visibles y otros estrechos y menos visibles.

Parénquima marginal muy visible. Casi no hay parénquima paratraqueal y lo poco que se observa es paratraqueal escaso.

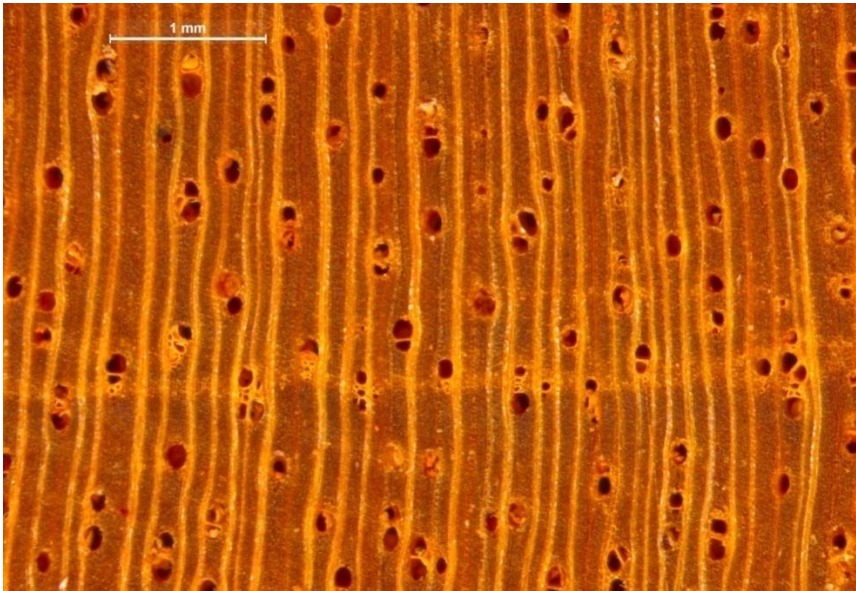


Figura 161. Duramen de *S. humilis*. 0.63X 4X.

Vista Longitudinal Tangencial

Los rayos se ven ligeramente estratificados especialmente cuando se observan con bajo aumento (10X por ejemplo), la estratificación es ligeramente ondulada.

Los vasos del xilema están rellenos con sustancias cristalizadas en color ámbar rojizo o café.

La madera de duramen se observa en color amarillo rojizo.

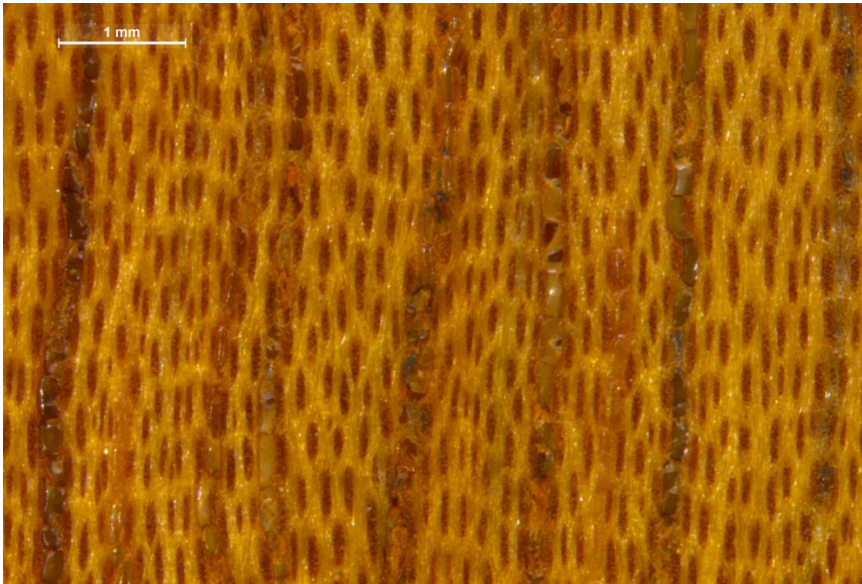


Figura 162. Albura de *S. humilis*. 0.63X3.2X

Vista Longitudinal Radial

La textura general no es lisa sino que simula que hay ondulaciones. Los rayos se ven claramente rellenos de sustancias cristalizadas rojizas. Los rayos se observan de color amarillo brillante, formando escalones en diagonal. Las fibras son de color café rojizo. Grano: ligeramente ondulado.

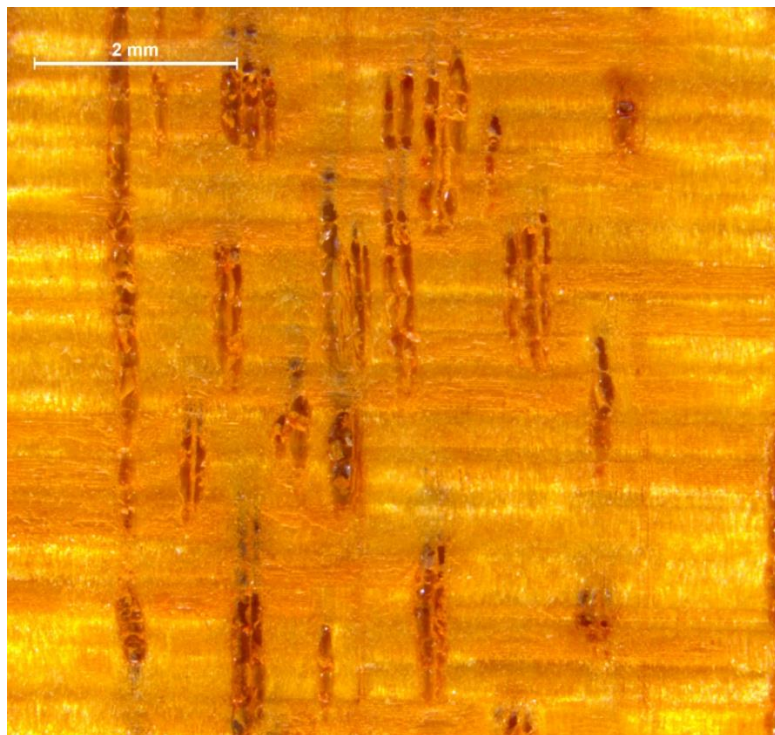


Figura 163. Vista radial de *S. humilis*. 0.63X 2X.

NOMBRE CIENTÍFICO: *Guaiacum sanctum*.

FAMILIA: Zygophyllaceae

NOMBRE COMÚN: Guayacán.

Nombre internacional de la madera:

Características Microscópicas de la Madera de *Guaiacum sanctum* L.

Vista Transversal

Anillos de crecimiento bien marcados. **Porosidad:** Semi-circular. **Vasos** del xilemasolitarios en su totalidad. **Radios del Parénquima** estrechos y numerosos. **Parénquima paratraqueal** aliforme y paratraqueal unilateral. Hay un poco de **Parénquima apotraqueal difuso**.

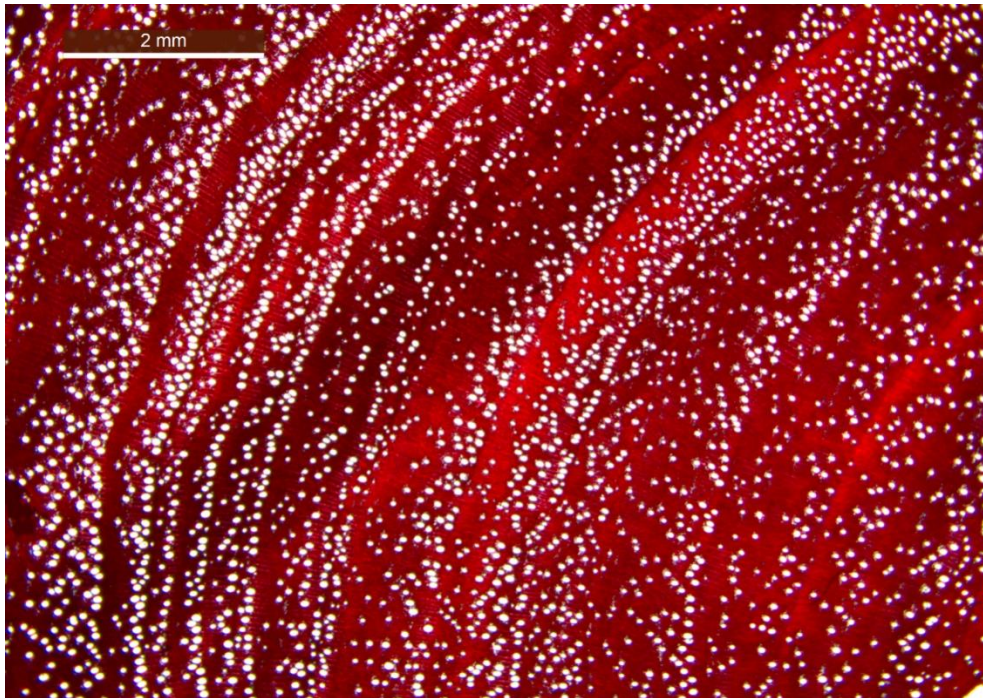


Figura 164. Vista transversal del duramen de *G. sanctum*. 1.25X. Porosidad semi-circular, anillos marcados.

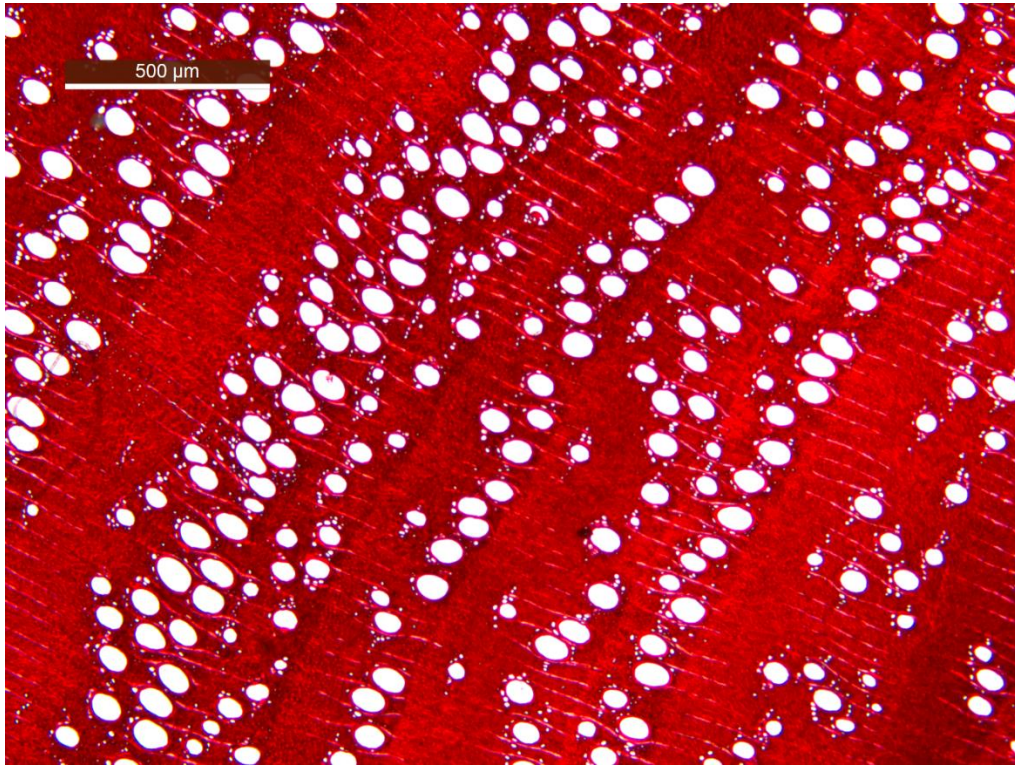


Figura 165. Vista transversal del duramen de *G. sanctum*. 5X. Se observa parénquima paratraqueal aliforme y paratraqueal escaso.

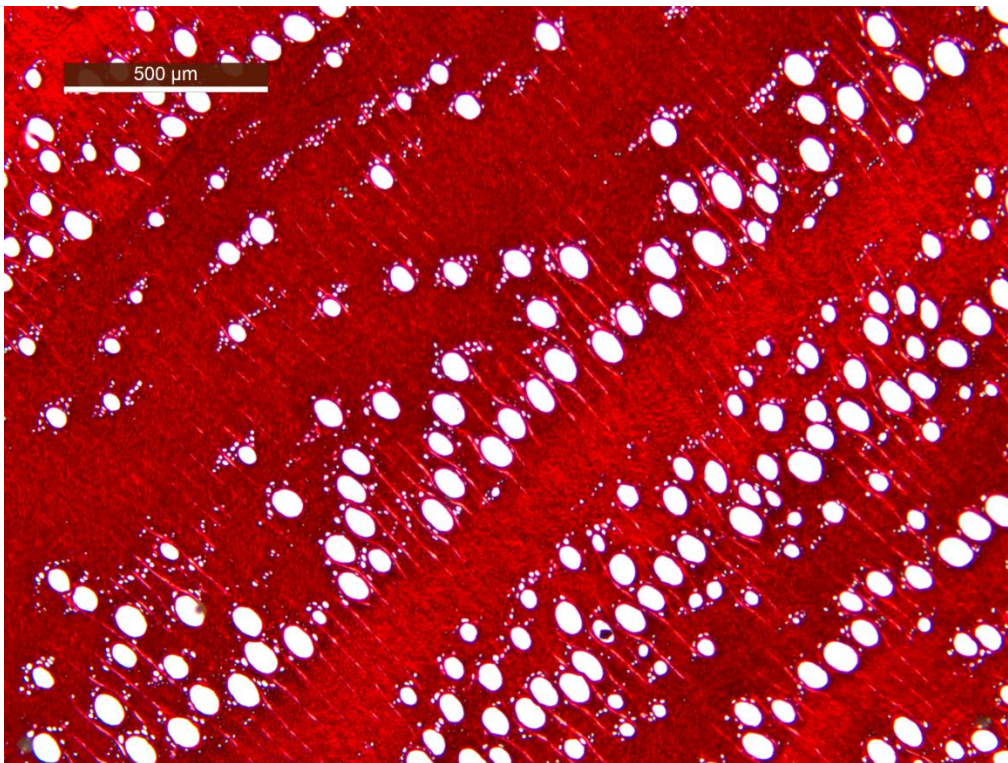


Figura 166. Vista transversal de duramen de *G. sanctum*. 5X.

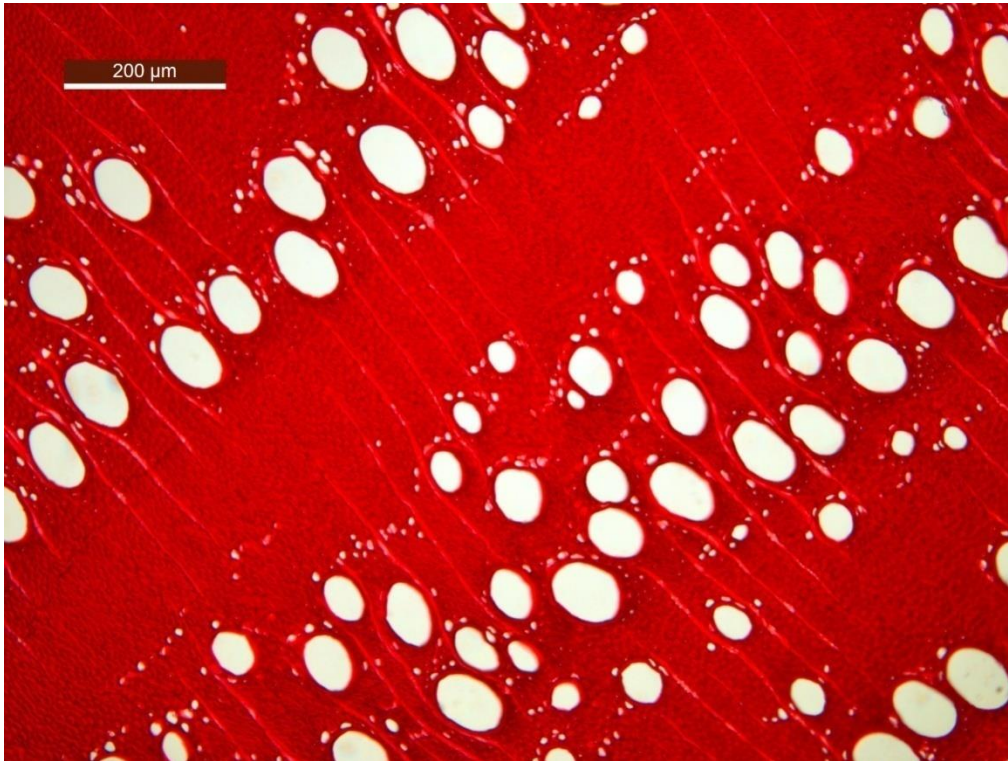


Figura 167. Vista transversal de *G. sanctum*. 10X.

VISTA LONGITUDINAL TANGENCIAL

Radios del parénquima: uniseriados, finamente estratificados, cortos con 4-6 células. Fibras cortas de paredes gruesas.

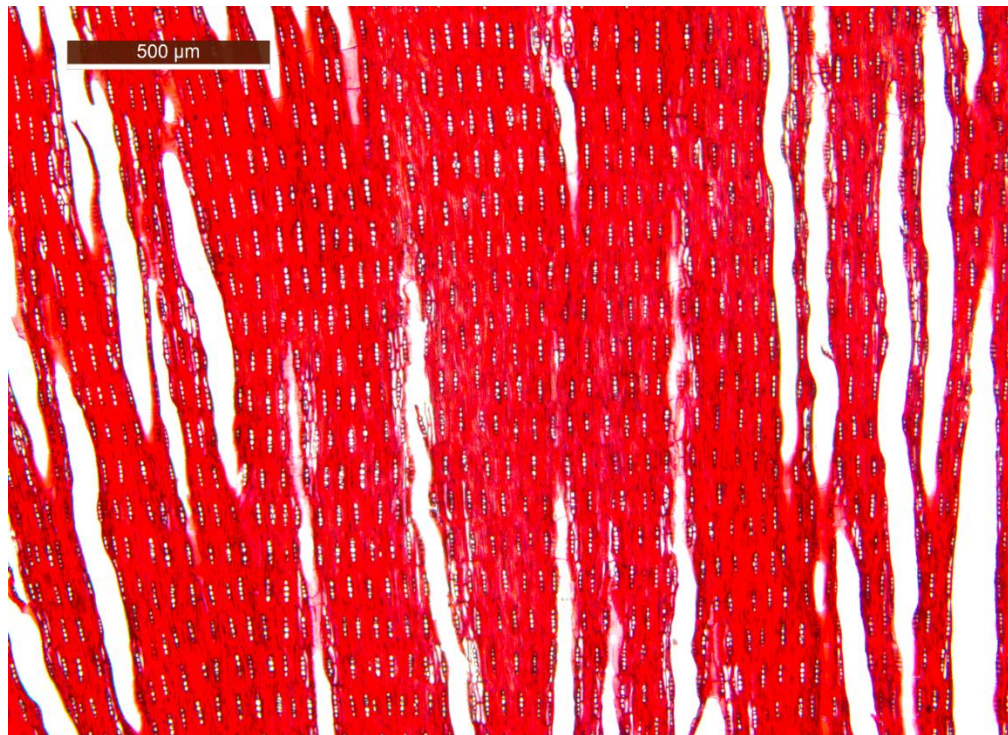


Figura 168. Vista longitudinal tangencial de duramen de *G. sanctum*. 5X.

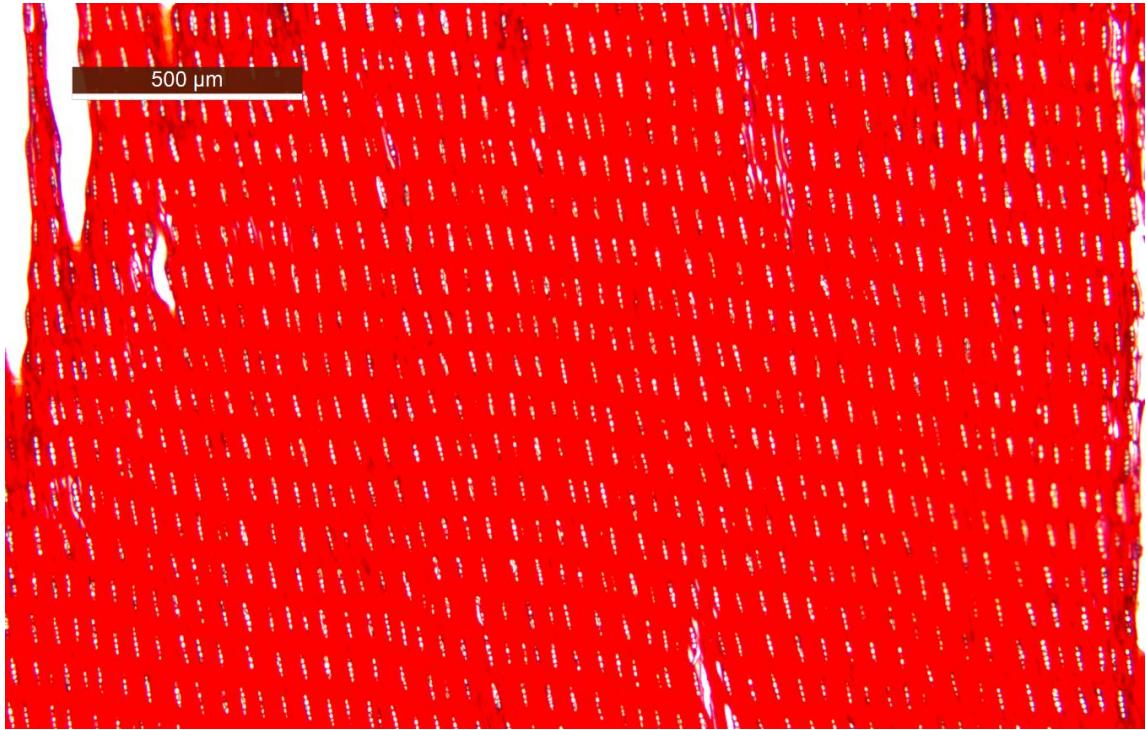


Figura 169. Vista longitudinal tangencial de 5X. Rayos cortos, uniseriados y estratificados.

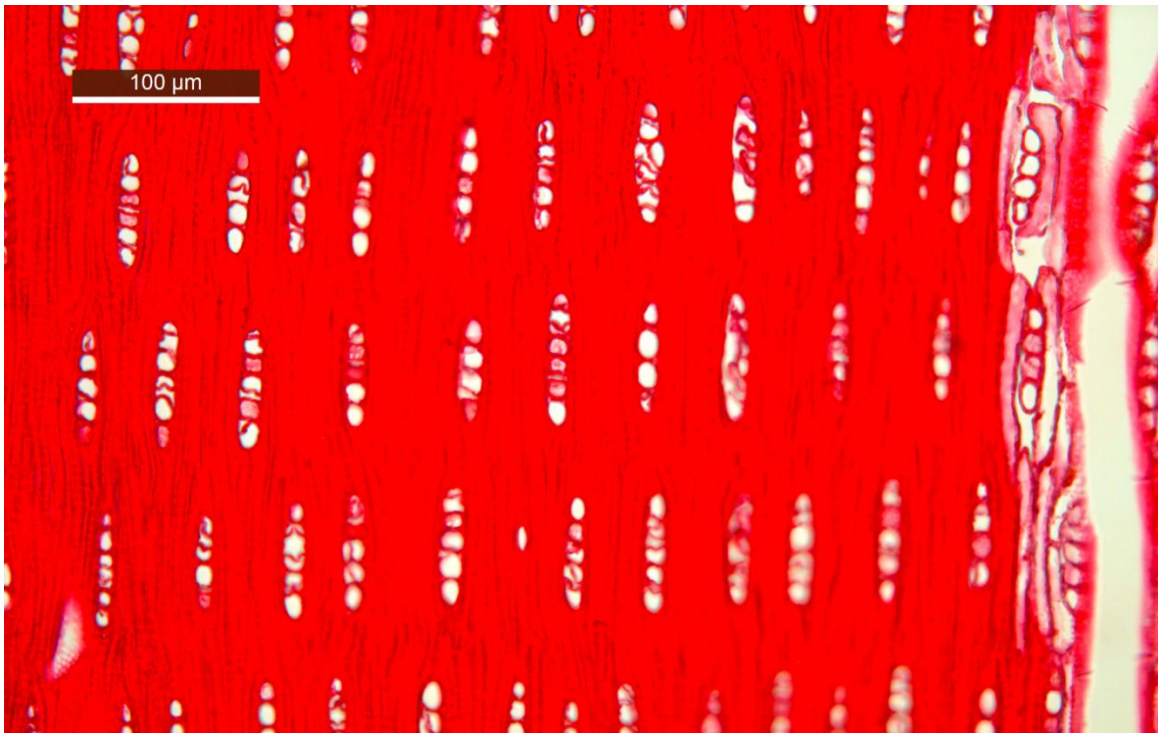


Figura 170. Vista longitudinal tangencial de albura de *G. sanctum*. 20X.

VISTA LONGITUDINAL RADIAL:

Rayos son homogéneos; los vasos están rellenos de gomas de color café oscuro. El Grano entrecruzado. Las fibras presentan punteaduras oscuras y muy pequeñas.

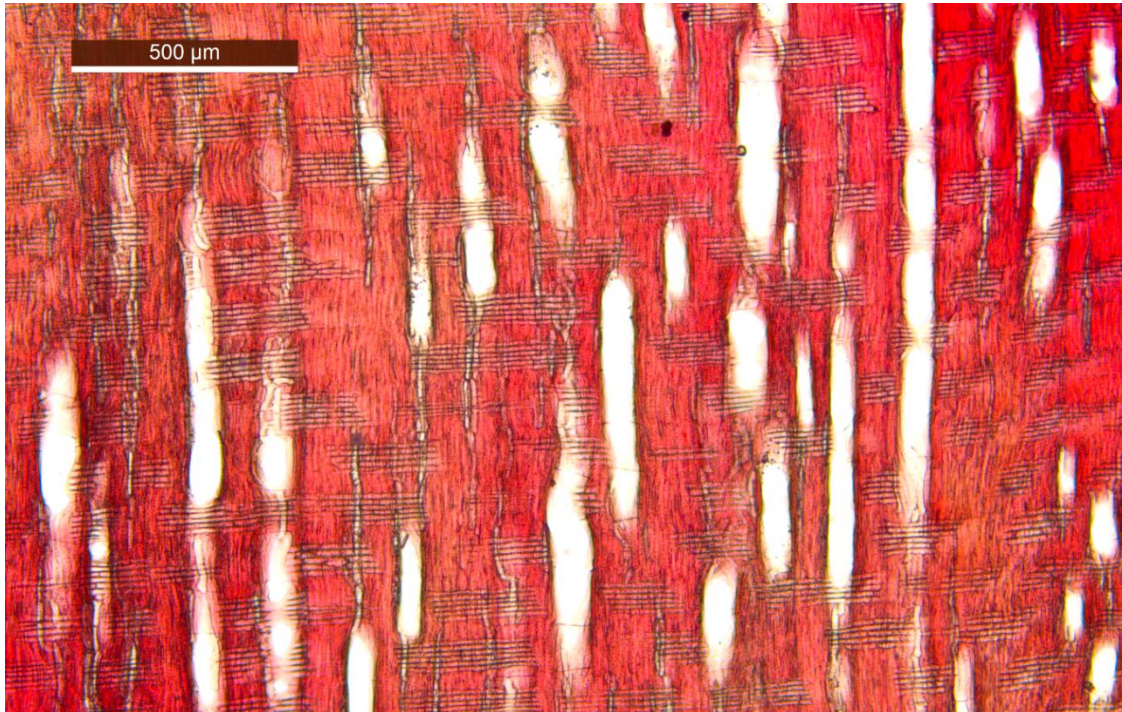


Figura 171. Vista longitudinal radial de albura. 5X.

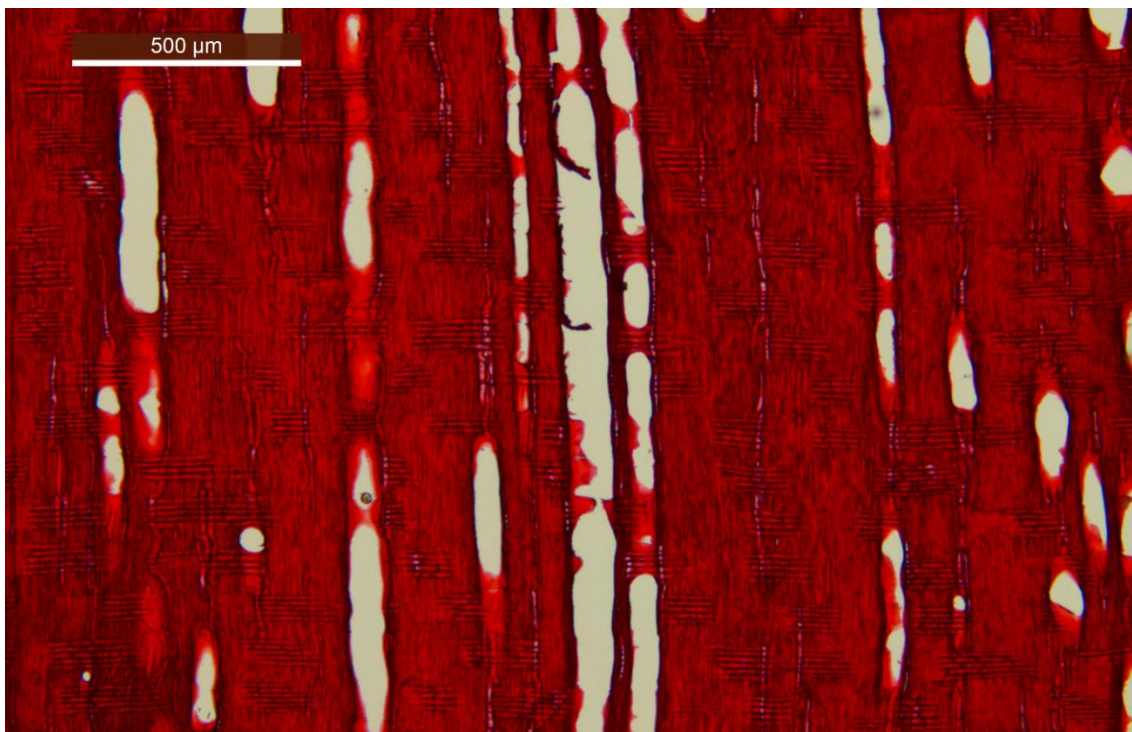


Figura 172. Vista longitudinal radial del xilema secundario de *G. sanctum*. Albura. 5X.

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE LA MADERA DE GUAIACUM SANCTUM

VISTA TRANSVERSAL:

Porosidad semi-circular, anillos de crecimiento bien marcados, estrechos, con una banda de fibras al final. Rayos numerosos y estrechos. Parénquima paratraqueal aliforme y paratraqueal unilateral.

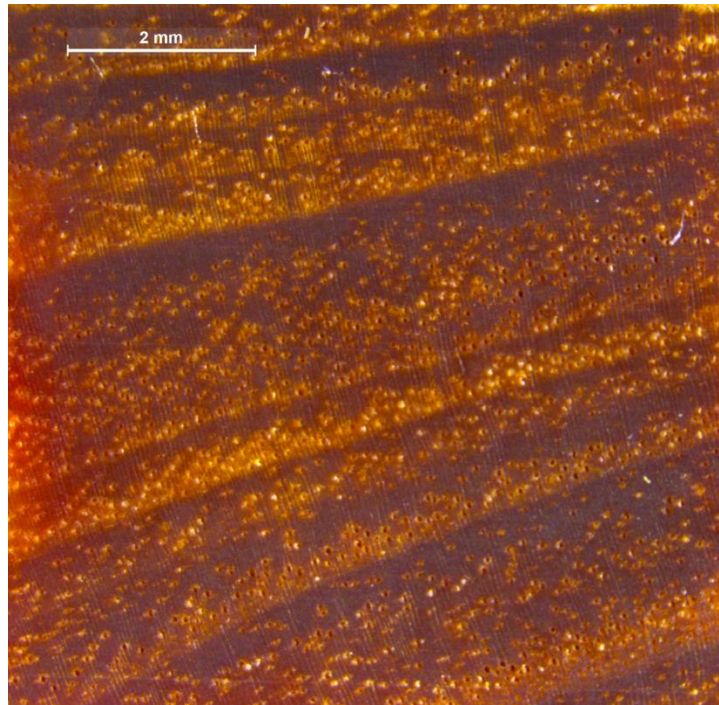


Figura 173. Vista transversal del duramen de *G. sanctum*. 0.63X 2X.

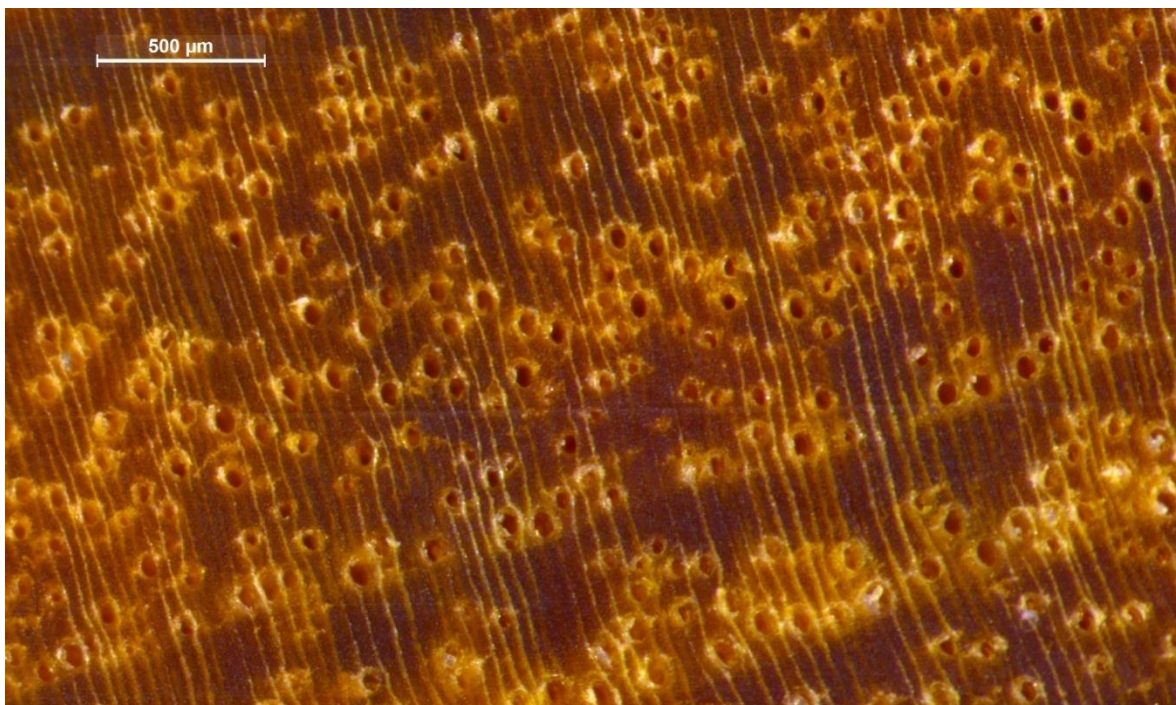


Figura 174. Vista transversal del duramen de *G. sanctum*. 0.63X 6.3X

Vista Longitudinal Tangencial

Rayos uniseriados, estratificación fina. Rayos muy pequeños. Los vasos se ven torcidos. Grano entrecruzado. Presencia de gomas color café verdoso.

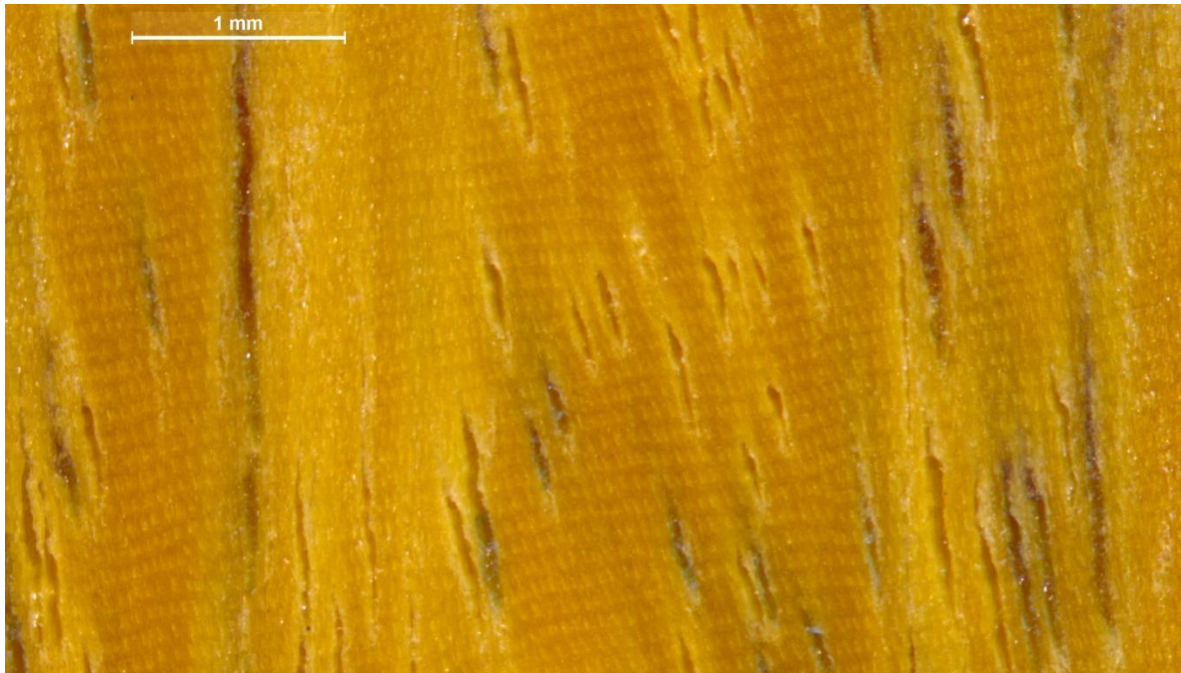


Figura 175. Vista longitudinal tangencial de la albura de *G. sanctum*. 0.63X 4X.

Vista Longitudinal Radial

Se observa que el grano es entrecruzado. El color de la madera es muy oscura, las fibras son de color café casi negro y el parénquima es amarillo, naturalmente.

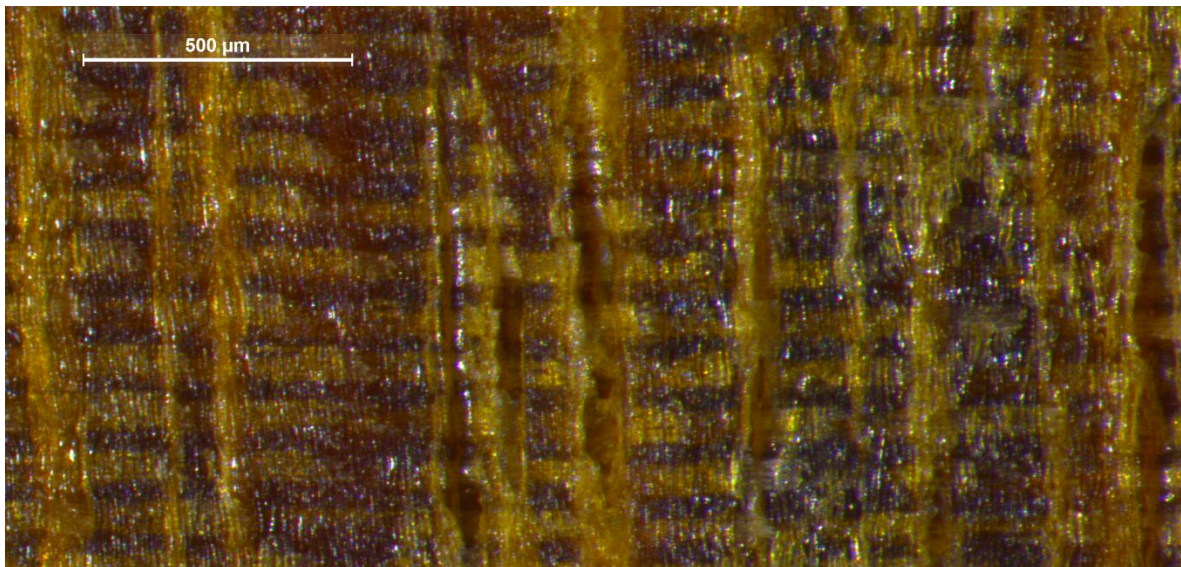


Figura 176. Vista longitudinal radial de albura de *G. sanctum*. 0.63X 10X. Naturalmente las fibras en negro; parénquima y vasos en amarillo.

CUADROS DE MEDICIONES HISTOLÓGICAS

Cuadro 22. Medidas de los radios del xilema

Medias y desviación estándar de los Radios del Xilema					
Especie	Porción de madera	Longitud	Ancho	No De filas	Clasificación según el ancho
<i>Dalbergiacalycina</i>	Duramen	142.85±12.35	21.42±7.28	2	Muy finos
	Albura	140.69±14.07	22.89±8.29	2	Muy finos
<i>Dalbergiaretusa var retusa</i>	Duramen	136.69±26.90	21.91±9.18	2	Muy finos
	Albura	135.93±20.21	22.34±9.18	2	Muy finos
<i>Dalbergiastevensonii</i>	Duramen	139.49±19.88	22.71±5.74	2	Muy finos
	Albura	135.88±18.21	22.45±9.28	2	Muy finos
<i>Dalbergiatucurensis</i>	Duramen	168.22±16.14	29.33±6.82	2	Finos
	Albura	160.32±21.03	31.25±6.56	1	Finos
<i>Guayacumsactum</i>	Duramen	65.3±4.03	10.91±3.76	1	Muy finos
	Albura	60.09±5.13	9.26±2.56	2	Muy finos
<i>Swieteniahumilis</i>	Duramen	414.86±65.01	64.11±19.13	3	Medios
	Albura	444.84±46.96	78.6±13.97	3	Medios
<i>Swieteniamacrophylla</i>	Duramen	411.92±94.61	51.18±13.01	2	Medios
	Albura				

Cuadro 23. Medias y desviación estándar de los Elementos de los Vasos

Medias y desviación estándar de los Elementos de los Vasos					
Especie	Porción de madera	Longitud	Ancho	Lumen	Pared
<i>Dalbergia calycina</i>	Duramen	189.42 ± 28.39	145.38 ± 28.62	128.13 ± 27.74	8.627 ± 2.39
	Albura	189.58 ± 28.28	151.90 ± 32.36	134.50 ± 32.36	8.70 ± 2.16
<i>Dalbergiaretusa var retusa</i>	Duramen	178.47 ± 22.69	145.29 ± 33.33	127.65 ± 32.18	8.82 ± 1.71
	Albura	169.77 ± 31.03	144.91 ± 39.15	125.44 ± 36.70	9.74 ± 3.04
<i>Dalbergiastevensonii</i>	Duramen	175.32 ± 23.62	127.59 ± 36.51	112.40 ± 34.56	7.59 ± 1.58
	Albura	171.32 ± 18.64	124.18 ± 23	109.27 ± 21.71	7.46 ± 1.77
<i>Dalbergiatucurensis</i>	Duramen	191.04 ± 27.66	147.71 ± 46.13	129.80 ± 44.36	8.95 ± 2.11
	Albura	200.00 ± 36.63	152.28 ± 42.57	133.51 ± 41.79	9.39 ± 2.36
<i>Guayacumsactum</i>	Duramen	94.97 ± 12.77	71.26 ± 15.29	58.96 ± 14.76	6.15 ± 1.13
	Albura	86.84 ± 11.75	64.57 ± 12.09	52.92 ± 10.92	5.82 ± 1.27
<i>Swieteniahumilis</i> Zuc	Duramen	385.01 ± 54.95	184.51 ± 33.38	160.88 ± 32.46	11.81 ± 2.77
	Albura	391.46 ± 60.69	198.84 ± 29.82	173.95 ± 29.12	12.44 ± 2.56
<i>Swieteniamacrophylla</i>	Duramen	441.93 ± 69.18	160.25 ± 37.61	148.83 ± 37.02	5.71 ± 1.60

Cuadro 24. Medias y desviación estándar de las Fibras

Medias y desviación estándar de las Fibras							
Especie	Porción de madera	Longitud	Clasificación	Ancho	Clasificación	Lumen	Pared
<i>Dalbergia calycina</i>	Duramen	1112.48 ± 170.32	Medianas	17.48 ± 2.76	Medianas	9.05 ± 2.49	4.21 ± 0.85
	Albura	1118.30 ± 198.50	Medianas	17.34 ± 2.88	Medianas	7.92 ± 2.64	4.71 ± 0.98
<i>Dalbergiaretusa var retusa</i>	Duramen	1132.52 ± 103.25	Medianas	17.78 ± 2.54	Medianas	7.53 ± 2.28	5.12 ± 1.03
	Albura	1073.02 ± 151.51	Medianas	18.63 ± 2.88	Medianas	7.76 ± 2.82	5.44 ± 1.34
<i>Dalbergiastevensonii</i>	Duramen	1157.12 ± 134.597	Medianas	15.72 ± 1.88	Pequeñas	6.54 ± 1.82	4.59 ± 0.75
	Albura	1079.33 ± 134.59	Medianas	16.03 ± 2.10	Medianas	7.16 ± 1.94	4.44 ± 0.68
<i>Dalbergiatucurensis</i>	Duramen	1358.94 ± 184.98	Medianas	20.94 ± 3.58	Medianas	13.12 ± 3.67	3.91 ± 1.15
	Albura	1382.54 ± 188.42	Medianas	20.65 ± 3.59	Medianas	11.48 ± 3.67	4.58 ± 1.18
<i>Guayacumsactum</i>	Duramen	636.11 ± 71.22	Cortas	10.83 ± 2.56	Pequeñas	4.75 ± 1.40	3.04 ± 0.79
	Albura	642.41 ± 65.70	Cortas	9.87 ± 1.76	Pequeñas	3.87 ± 0.89	3 ± 0.73
<i>Swieteniahumilis</i>	Duramen	1357.97 ± 112.76	Medianas	21.31 ± 2.53	Medianas	12.85 ± 2.39	4.23 ± 0.79
	Albura	1374.14 ± 135.72	Medianas	21.10 ± 3.16	Medianas	12.14 ± 2.63	4.48 ± 0.96
<i>Swieteniamacrophylla</i>	Duramen	1279.54 ± 1583.25	Medianas	22.62 ± 3.54	Medianas	15.15 ± 3.61	3.74 ± 0.92

Cuadro 25. Clasificación del número de poros por especie.

Número de poros/mm ² (Rango)			
Especie	Porción de madera	Rango Poros/mm ²	Clasificación
<i>Dalbergia calycina</i>	Duramen	1 a 4	Muy pocos
	Albura	1 a 4	Muy pocos
<i>Dalbergiaretusa var retusa</i>	Duramen	1 a 4	Muy pocos
	Albura	1 a 3	Muy pocos
<i>Dalbergiastevensonii</i>	Duramen	1 a 6	Muy pocos
	Albura	1 a 7	Muy pocos
<i>Dalbergiatucurensis</i>	Duramen	1 a 5	Muy pocos
	Albura	1 a 6	Muy pocos
<i>Guayacumsactum</i>	Duramen	15 a 59	pocos a moderadamente números
	Albura	19 a 50	pocos a moderadamente números
<i>Swieteniahumilis</i>	Duramen	2 a 14	Muy pocos
	Albura	1 a 9	Muy pocos
<i>Swieteniamacrophylla</i>	Duramen	3 a 12	Muy pocos

CONCLUSIONES

3.1. LA SITUACIÓN DE SOBREVIVENCIA DE LAS ESPECIES DE DALBERGIA ES CRÍTICA; esta afirmación se basa en los siguientes hallazgos y situaciones encontradas durante la investigación:

- 3.1.1.** Las poblaciones de *Dalbergia retusa* var *retusa*, *D. calycina* y *D. tucurensis*: a) presentan un alto grado de endemismo en Guatemala pues habitan solamente partes altas de los volcanes Tecuamburro y Agua y unas pocas áreas vecinas; b) han sido fuertemente mermadas debido a la pérdida de su hábitat y a la tala indiscriminada desde los años 70; c) siguen siendo objeto de tala y tráfico ilícito y, d) No hay plantaciones forestales de *D. calycina*; solamente hay pocas plantaciones pequeñas de *D. retusa*, *D. stevensonii* y *D. tucurensis*.
- 3.1.2.** Hay poblaciones naturales de *Dalbergia stevensonii* en la FTN y el Petén; sin embargo, los siguientes factores afectan su sobrevivencia: 1- La explotación y tráfico ilegal de su madera, incluyendo la extracción de la raíz. Aunque es de reconocer que el INAB, el CONAP y el MP se han esforzado en detener dicho tráfico y han tenido éxito; 2- Los frutos y semillas son dañados por insectos, afectando la germinación. 3- la especie es muy sensible a los cambios de clima, pues en condiciones *adversas* disminuye la floración y también la formación de frutos y semillas.
- 3.1.3.** Las especies de *Dalbergia* sufren del ataque de fitopatógenos e insectos en hojas y flores.
- 3.1.4.** *D. calycina*, *D. tucurensis* y *D. retusa* defolian entre noviembre y marzo, y florecen durante febrero principalmente; *D. stevensonii* defolia entre marzo y junio, floreciendo en mayo y junio. Si las condiciones climáticas son adversas, los árboles pueden seguir defoliados y dormantes; lo que limita su sobrevivencia pues los árboles ya no producen flores ni frutos. Esta situación ya está afectando a *Dalbergia stevensonii* pues en dos años de observación fenológica, la formación de flores y frutos fue muy escasa, coincidiendo con épocas secas prolongadas.
- 3.1.5.** Las cuatro especies de *Dalbergia* se pueden diferenciar botánicamente entre sí. Sin embargo, *D. tucurensis* presenta variación en hojas y pequeños detalles morfológicos en flores, como presencia o ausencia de pubescencia en el ovario. Así mismo, la información existente sobre *D. cubilquitsensis* es incompleta y con caracteres que se traslapan con los de *D. tucurensis*. Por lo tanto, los especímenes colectados con un alto grado de similitud corresponde a lo que hemos llamado “complejo tucurensis” hasta que posteriores análisis y estudios permitan dilucidar si vale separar especies o subespecies.
- 3.1.6.** La madera de las cuatro *Dalbergias* puede identificarse fácilmente por su coloración; histológicamente también hay diferencias.

3.2. En el caso del género *Swietenia*, podemos afirmar lo siguiente:

- 3.2.1.** *Swietenia macrophylla* está siendo manejada de manera sostenible por las Concesiones Forestales del Petén; sin embargo, es necesario mejorar los sistemas de manejo para lograr mejor regeneración y sobrevivencia de la especie en el largo plazo.

- 3.2.2. *S. macrophylla* ha sido fuertemente depredada en la FTN, por lo que es necesaria la generación de proyectos para la recuperación de la especie. Así mismo, es importante continuar con la búsqueda de poblaciones naturales, pues éstas contienen la variabilidad natural de la especie y es urgente protegerlas y darles un manejo sostenible.
- 3.2.3. Las mayores poblaciones de *S. macrophylla* de la FTN se encuentran en el Parque Nacional Laguna Lachuá. Dada la fragilidad del Parque, es necesario fortalecer su cuidado y manejo.
- 3.2.4. *Swietenia humilis* ha sido fuertemente depredada en la Costa Sur y la Boca Costa, así como en el Oriente del país. Por lo tanto, es urgente tomar medidas para su recuperación y manejo sostenible y así evitar su extinción. Esta especie también ha sufrido la pérdida de su hábitat por el cambio de uso de la tierra.
- 3.2.5. *S. macrophylla* y *S. humilis* presentan diferencias botánicas muy leves, que radican en la presencia o ausencia de un hilo en el ápice de los folíolos y porque éstos son sésiles o sub-sésiles en *S. humilis*. Las diferencias principales están a nivel de la madera, que en *S. humilis* presenta más nudos y el grano no es tan recto como en *S. macrophylla*, la cual tiene una madera perfecta o casi así.
- 3.3. **La sobrevivencia de *Guaiaecum sanctum* es afectada por el cambio de uso de la tierra en sus áreas de distribución natural; así como por la tala ilegal por el comercio de su madera. Su madera presenta olor y color fácilmente reconocibles, así como fuertes contracciones.**
- 3.4. **Concordamos con la FAO, en el sentido que la explotación forestal ilegal y el comercio de madera asociado tienen serias consecuencias ambientales, sociales y económicas.**
- 3.5. La implementación del Laboratorio Forense está fortaleciendo las capacidades institucionales nacionales para mejorar la observancia de las leyes forestales.

4. RECOMENDACIONES

- 4.1. Es importante que las instituciones encargadas del sector forestal de Guatemala, CONAPE e INAB elaboren y ejecuten planes conjuntos para la recuperación, manejo sostenible, conservación e implementación de plantaciones forestales de las *D. tucurensis*, *D. calycina*, *D. retusa* var *retusa* y *D. stevensonii*; así como para *S. humilis* y *S. macrophylla* especialmente para la FTN.
- 4.2. Es importante el apoyo económico y técnico de instituciones, países amigos y ONG'S internacionales para desarrollar los planes mencionados en la anterior recomendación.
- 4.3. Es importante la realización de estudios genéticos previo a la selección de semillas y material de propagación para plantaciones forestales.
- 4.4. Se sugiere realizar estudios para determinar qué agentes son los causantes de problemas de plagas y enfermedades en las *Dalbergias* estudiadas, pues afectan su sobrevivencia y son un requisito para el establecimiento de plantaciones forestales.
- 4.5. Se sugiere el estudio de los efectos del cambio climático en las especies de *Dalbergia*, especialmente en *D. stevensonii*.
- 4.6. Es importante la planificación de capacitaciones a todo el personal del INAB y el CONAPE que se encarga de extender permisos para la corta de especies forestales; a fin de que

puedan reconocer las especies forestales del listado II del CITES presentes en Guatemala, así como sus maderas.

- 4.7. Es importante realizar estudios botánicos, genéticos del complejo de *D. tucurensis*, así como estudios macroscópicos, físicos y anatómicos de sus maderas, a fin de dilucidar si todas las poblaciones estudiadas corresponden a la especie *D. tucurensis*.
- 4.8. Es importante la planificación de mecanismos de recuperación, manejo sostenible y conservación de *Guaiacum sanctum*.
- 4.9. Es importante la realización de campañas educativas para las comunidades poseedoras de poblaciones naturales de las especies estudiadas, a fin de que conozcan de su importancia a nivel mundial, su valor económico y las formas en las que ellos se pueden beneficiar de poseer tales especies si se incluyen en planes de manejo sostenible o de conservación.
- 4.10. Es importante ampliar los estudios realizados a las especies semejantes a las especies estudiadas-

5. BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA PARTE BOTÁNICA, FENOLÓGICA, DE DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y HÁBITAT:

1. Aguilar Cumes, M. A., Aguilar Cumers, J. M., & Aguilar Juárez, J. M. (2011). *Ecosistemas de Guatemala un enfoque por zonas de vida* (Segunda edición ed.). Guatemala, Guatemala: Don Bosco.
2. Comisión Nacional Forestal. (2011). Fichas técnicas sobre características tecnológicas y usos de maderas comercializadas en México. II. México: Coordinación General de Educación y Desarrollo Tecnológico.
3. Consejo Nacional de Áreas Protegidas. (2013). *Manual de procedimientos para el comercio internacional de especies de flora maderable -CITES-*. Manual, CONAP, Guatemala.
4. Consejo Nacional de Áreas Protegidas. (2013). *Plan maestro complejos III y IV del sureste de Petén (Reserva de Biosfera Chiquibul - Montañas Mayas, y Refugios de Vida Silvestre Machaquila y Xutilha)*. CONAP. Guatemala: Mercagraf S.A.
5. Curtis Patiño, J. (1986). *Microtecnia vegetal* (Primera Edición ed.). México D.F: Trillas.
6. Edlin, H. L. (1956). *What wood is that?* New York: Viking Penguin Inc.
7. Flores-Vindas, E. (1999). *La Planta estructura y función* (Vol. Volumen I). Cartago, Costa Rica: Libro Universitario Regional.
8. Flores-Vindas, E., & Obando-Vargas, G. (2003). *Árboles del trópico húmedo importancia socioeconómica*. Cartago: Editorial tecnológica de Costa Rica.
9. Forest Products Society. (2007). *A guide to more useful woods of the world*. (J. H. Flynn, Ed.) Madison: Forest Products Society.

10. Hostnig, R. U., Hostnig, R., & Vasquez V, L. (1998). *Etnobotánica Mam*. Guatemala, Guatemala: Foto Publicaciones.
11. Instituto nacional de bosques. (2015). Ley de fomento al establecimiento, recuperación, restauración, manejo, producción y protección de bosques en Guatemala. *Decreto número 2-2015*, 39. Guatemala, Guatemala.
12. Instituto Nacional de Bosques. (2015). *Programa nacional de investigación forestal*. Guatemala: Dirección de desarrollo forestal, Departamento de investigación forestal.
13. International Association of Wood Anatomist. (1995). IAWA Journal. 445. Heildelberglaan 2, The Netherlands: Rijksherbarium/ Hortus Botanicus of Leiden University.
14. Lanza Rosado, F. (1996). *Manual de los árboles de tikal*. Alicante: Agencia Española de Cooperación Internacional.
15. Pennington, T., Styles, B. E., & D.A.H., T. (1981). *Flora neotropica monograph* (Vol. 28). The New York Botanical Garden.
16. Standley, P., & Steyermark, J. (1946). *Flora of Guatemala* (Vol. 24). Chicago: CHICAGO NATURAL HISTORY MUSEUM.
17. Valdes Marckwordt, H. C. (1988). *Anatomía y propiedades físicas de la madera Lonchocarpus latifolius (Wild) HBK, Terminalia amazonia (J.F. Gmel) y Pouteria gallifruca Cronquist*. Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Guatemala.
18. Washington Academy of Sciences. (1922). Journal of the Washington Academy of Sciences. *Volume 12(12)*, 64. Easton, United States of America.
19. White, L., & Gasson, P. (2008). *Mahogany*. Richmond, Surrey, United Kindom: Trento.
20. Wiedenhoft, A. C. (2011). *Identificación de las especies maderables de Centroamérica*. Madison, Wisconsin, Estados Unidos de América: Sociedad de Productos Forestales.
21. Wojtech, M. (2011). *BARKA field guide to trees of the Northeast*. New England, United States of America: Copperline Book Services, Inc.

BIBLIOGRAFÍA CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y MACROSCÓPICA

- AITIM (Asociación Investigación Técnica de las Industrias de la Madera, ES). 2004. Madera general (en línea). Madrid, España. Consultado 19 oct. 2015. Disponible en http://www.infomadera.net/uploads/productos/informacion_general_2_Maderageneral.pdf
- ASTM (American Society for Testing and Materials, US). 2000. Ensayo para probetas pequeñas de madera libre de defectos, normas ASTM D143-94 (2000)^E. In ASTM (American Society for Testing and Materials, US). 2000. ASTM book of standards. Pennsylvania, US. Part. 22.

- Calleros, H. 2012. Tecnología de la madera. (en línea). Uruguay. Consultado 10 oct. 2015. Disponible en <https://sites.google.com/site/tecnologiadelamadera/madera-maciza/veta-de-la-madera>
- CITES, ES. 2002. Guía de identificación de las maderas tropicales protegidas por la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (en línea). España. Consultado 18 oct. 2015. Disponible en https://cites.unia.es/file.php/1/files/CAN-CITES_Wood_Guide.pdf.
- CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, GT). 2006. Informe nacional (en línea). In Reunión del Grupo de Trabajo de CAOBA (3, 2006, GT). Guatemala. Consultado 23 oct. 2015. Disponible en <http://www.cites.org/common/prog/mwg/MWG3/Guatemala.pdf>
- Cordero, J; Boshier, DH (eds.). 2003. Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas. Costa Rica, CATIE. 1079 p.
- FAO, IT. 2002. Estado de la diversidad biológica de los árboles y bosques de Guatemala (en línea). Roma, Italia, FAO. (Depósito de documentos de la FAO). Consultado 17 oct. 2015. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/007/j0605s/j0605s03.htm>
- Fondo editorial URU. 2012. Diseño de bloques completos al azar (en línea). Venezuela. Consultado 12 oct. 2015. Disponible en <http://www.uru.edu/fondoeditorial/libros/pdf/manualdestatistix/cap3.pdf>
- Groom, A. 2012. *Dalbergia calycina*. The IUCN Red List of Threatened Species e.T19892032A20124719.
- IARNA (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, URL GT) 2012. Perfil Ambiental de Guatemala 2010-2012. Vulnerabilidad local y creciente construcción de riesgo. (en línea). Guatemala. Serviprensa, S.A. 438 p. Consultado 14 oct. 2015. Disponible en http://www.infoiarna.org.gt/dmdocuments/1_pu_pro_per_12-capitulo4-2_3.pdf
- López, E.A., González, B.H., 2014. Diseños y análisis de experimentos, fundamentos y aplicaciones en agronomía. 2 ed. Guatemala, Guatemala, 239 p.
- Rosa La Rosa, DE La. 2011. Termómetros (en línea). s.n.t. Consultado 2 oct. 2015. Disponible en <http://laboratorio-quimico.blogspot.com/2009/05/termometros.html>
- Standley, P; Steyermark, J. 1946. Flora of Guatemala. Chicago, US, Chicago Natural History Museum, Fieldiana Bonaty v. 24, part. 5, 600 p.
- TPlaboratorioquimico.com 2011. Desecador (en línea). s.n.t. Consultado 10 oct. 2015. Disponible en <https://www.tplaboratorioquimico.com/laboratorio-quimico/materiales-e-instrumentos-de-un-laboratorio-quimico/desecadora.html>
- TPlaboratorioquimico.com 2011. Probeta (en línea). s.n.t. Consultado 10 oct. 2015. Disponible en <https://www.tplaboratorioquimico.com/laboratorio-quimico/materiales-e-instrumentos-de-un-laboratorio-quimico/probeta.html>

Tuset, R., Duran, F., 1979. Manual de maderas comerciales, equipos y procesos de utilización. Uruguay, Hemisferio Sur. 689 p.

Vignote Peña, S; Martínez Rozas, I. 2006. Tecnología de la madera. 3 ed. Madrid, España, Mundi-Prensa. 678 p.

Wiedenhoef, AC. 2011. Identificación de las especies maderables de Centro América. US, Sociedad de Productos Forestales. 167 p.

22. Wiedenhoef, A. C. (2011). *Identificación de las especies maderables de Centroamérica*. US, Sociedad de Productos Forestales.