



**INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES GUATEMALA**

# Caoba

## *Swietenia macrophylla*

PAQUETE TECNOLÓGICO FORESTAL

GUATEMALA 2017

Instituto Nacional de Bosques -INAB-  
7ª ave 12-90, zona 13  
Guatemala, Guatemala, C.A.  
[www.inab.gob.gt](http://www.inab.gob.gt)

Dirección de Desarrollo Forestal  
[www.inab.gob.gt](http://www.inab.gob.gt)  
Tel: 2321-4600 y 01  
Guatemala, Guatemala, C.A.

Departamento de Investigación Forestal  
7ª ave. 12-90, zona 13  
Guatemala, Guatemala, C.A.  
[www.inab.gob.gt](http://www.inab.gob.gt)

Coordinador del Proyecto OIMT-INAB “Sistema de información sobre la productividad de los bosques de Guatemala”	Rafael Ávila Santa Cruz
Coordinador técnico para la elaboración de los paquetes tecnológicos forestales	Jose Luis Gómez, consultor
Con la contribución de las/los profesionales siguientes:	
Síntesis final del PTF	Daniel Marmillod
Análisis de la información bibliográfica	Favio Rodríguez Castro
Análisis de la información dasométrica	Lusvi Hurtado Domingo
Elaboración del mapa de distribución potencial	Lusvi Hurtado Domingo
Identificación y descripción de documentos de interés	Sandy Mendoza Montejo, Lusvi Hurtado Domingo, Daniel Marmillod, Herson Sagüi Alva, Favio Rodríguez Castro, Rómulo Ramírez González

Se autoriza la reproducción total o parcial de esta publicación para fines educativos o sin intenciones de lucro, sin ningún otro permiso especial por parte del titular de los derechos, con la condición de que se cite la fuente de donde proviene.

Citar este documento como:

Instituto Nacional de Bosques. 2017. *Caoba Swietenia macrophylla*; paquete tecnológico forestal. Guatemala, INAB.

# Introducción

---

## Nombres comunes

Basado en López(2008) y Salazar et al. (2000)

NOMBRES VERNÁCULOS: caoba de Petén en español, zutsuj en q'eqchí.

Caoba, caoba de hoja grande, caoba del sur, caoba del Atlántico (América Central, México y Colombia), Mahogany Honduras, acajou du honduras (Guadalupe).

## Nombre científico

Basado en (Salazar et al. 2000)

*Swietenia macrophylla* King

SINÓNIMOS: *Swietenia belizensis* Lundell, *Swietenia candollei* Pittier, *Swietenia krukovii* Gleason, *Swietenia macrophylla* var. *marabaensis* Ledoux & Lobato y *Swietenia tessmannii* Harms.

NOTA. La jerarquía anterior se basa en *Tropicos.org*<sup>1</sup>.

## Descripción morfológica

Basado en Cordero y Boshier (2003) y Niembro (2010).

PORTE DEL ÁRBOL. Árbol no deciduo, de 30 a 45 metros de altura y diámetro de 2 metros, aunque en ocasiones puede alcanzar 70 m y un diámetro a la altura del pecho de 3 metros. Fuste largo y recto, cilíndrico. La copa abierta y redonda tiene ramas gruesas y ascendentes, con denso follaje.

CORTEZA. Fisurada, de color gris y textura lisa de joven, árboles maduros se torna marrón oscuro y textura escamosa.

HOJAS. Agrupadas al final de las ramillas, de 16-40 cm de largo, no tienen crecimiento terminal, cada hoja tiene entre 3-6 pares de hojuelas opuestas.

FLORES. De color blanco amarillento, de tamaño pequeño, su olor es agradable. Son unisexuales y el árbol es monoico.

FRUTOS. Cápsulas que al inicio tienen una forma ovoide y pasan a ser piriformes de 12-22 cm de largo y 6-10 cm de ancho. Cuando maduran y se secan se abren desde la base en cinco válvulas.

---

<sup>1</sup> Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. 11 Mar 2016 <<http://www.tropicos.org>>

SEMILLAS: De color café, color caoba, o pardas, aladas. Son abultadas en la base, de 7 a 12 cm de largo y de 2 a 2.5 cm de ancho, incluyendo el ala. La parte abultada es comosa, lateralmente aplanada y vagamente romboide en corte longitudinal.

## Distribución geográfica de la especie

Basado en Navarro (1999) y García (2006)

DISTRIBUCIÓN NATURAL. La caoba se extiende desde el sur de México, en la península de Yucatán, Belice, la costa Atlántica de Guatemala, Honduras y Nicaragua y el norte de Costa Rica. También se encuentra Pacífico de Panamá, en Colombia; Venezuela y en la Amazonia Peruana, Boliviana y Brasileña.

Guatemala, la caoba se encuentra en los departamentos de Petén, Alta Verapaz, El Progreso, Suchitepéquez y Quiché.

LUGARES DE INTRODUCCIÓN. Tiene una habilidad para adaptarse a una variedad de condiciones de sitio debido a esto se ha plantado a nivel mundial. Se ha introducido en “plantaciones cerradas” o en “plantaciones a campo abierto”, en áreas deforestadas y en tierras agrícolas abandonadas y en plantaciones de enriquecimiento o en hileras bajo un dosel forestal degradada. Ha sido plantada en casi todas las islas del Caribe. Fue introducida a Puerto Rico alrededor de 1906 y se ha naturalizado a partir de esa fecha.

## Aptitud forestal – agroforestal

Basado en Cordero y Boshier (2003)

La aptitud es que se usa principalmente para muebles y chapa decorativa, su facilidad para trabajarla y su alta resistencia en comparación a su peso la hace apta para un gran número de usos como construcción ligera, de embarcaciones, instrumentos musicales, modelos y maquetas. Tiene enorme valor comercial para la industria de tableros de calidad, aunque la variación en color, su grano ondulado, nudosidad y daños por el perforador, así como su escasez limitan un poco su aptitud para chapas de calidad.

En Guatemala, los incentivos forestales ofrecidos por PINFOR han ayudado a fomentar la creación de núcleos de desarrollo forestal regionales de alta productividad, impulsar la oferta de productos forestales competitivos, reducir la deforestación, generar servicios ambientales y generar empleo en el área rural.

Se ha usado en sistemas agroforestales que, además de sombra, permiten obtener madera. No se recomienda su plantación pura debido al ataque del barrenador, pero sí en combinaciones con otras especies maderables o en líneas de enriquecimiento en bosques y tacotales. Por lo general, los árboles jóvenes son respetados por los finqueros cuando se corta el bosque para hacer potreros o para usos agrícolas, de manera que se pueden encontrar individuos de diversos tamaños dentro de las fincas. En algunos países, ha sido plantada con fines de protección del suelo.

## Usos

Basado en Cordero y Boshier (2003)

La caoba es una de las maderas más conocidas y apreciadas del mundo; de hecho, ha sido comercializada y utilizada internacionalmente por más de 400 años.

Se usa principalmente para muebles y chapa decorativa, pero su facilidad para trabajarla y su alta resistencia en comparación a su peso la hace apta para un gran número de usos como construcción ligera, embarcaciones, instrumentos musicales, modelos y maquetas. También tiene un rango de usos menos frecuentes como medicinas, tintes y taninos en la corteza. La infusión de la corteza y semillas se usa contra diarrea y fiebre. La semilla es muy amarga y se ha usado para calmar el dolor de muelas. Contiene también aceites usados en la preparación de cosméticos.

## Importancia de la especie en el país

Basado Navarro et al. (2014), Cojóm en prensa, Estadísticas PINFOR 1998-2015<sup>2</sup>

La caoba es una de las maderas más conocidas en Guatemala; de hecho, el país es el principal exportador de la región hacia los Estados Unidos importando un 70 % de la madera de caoba importada por los Estados Unidos en 2011, con un valor de 6 millones de dólares, provenía de Guatemala. Esa actividad productiva y comercial ha generado 161,162 jornales.

El área reforestada con incentivos forestales del PINFOR alcanzó 850.57 ha, entre los años 2007-2014; con PINPEP se establecieron 6.51 ha con sistemas agroforestales y se reforestaron 3.17 ha durante el mismo periodo. En ambos casos, la caoba fue una de las especies empleadas.

Se ha venido plantando un promedio de 52 ha de *S. macrophylla* por año; en el 2001 se plantaron 120 ha, la mayor área plantada por año esta especie.

---

<sup>2</sup> INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2016. Base de datos PINFOR (Programa de Incentivos forestales) 1998-2015. Guatemala, departamento de Incentivos forestales del INAB.

## Estado de protección legal de la especie en el país

Basado en CONAP (2006) y Vivero et al. (2006)

La caoba es una especie protegida por el CONAP y se encuentra en el listado de especies amenazadas en la categoría 3, no está en peligro de extinción, pero si continua su mal aprovechamiento podría llegar a estar en peligro.

En CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres) está ubicada en el apéndice II, lo que significa que la especie no se encuentra en peligro de extinción, pero si no tiene una regulación en su comercio podría llegar a estar en esta situación.

## Selección de sitio

---

### Características de sitio que determinan el crecimiento de la especie

Basado en Cordero y Boshier (2003), Teni (2007) y Castañeda (2013)

#### Clima

**TEMPERATURA.** La temperatura en la cual la caoba se da de forma natural oscila entre 22-28°C en clima seco, húmedo o muy húmedos, con una estación seca que dura 4 meses. Cuando esta especie se cultiva puede crecer en temperaturas de 12-37°C.

**PLUVIOMETRÍA.** La especie en su hábitat natural necesita precipitaciones oscilan entre 1500 y 4200 mm. En forma de cultivo puede tener precipitaciones de 5000 mm anuales.

**ZONA DE VIDA.** El bosque tropical y tropical húmedo, es la zona ideal para la caoba. Se da en altitudes de 50-500 msnm, pudiendo llegar hasta los 1400 msnm.

#### Fisiografía

**ALTITUD.** La caoba tiene un buen crecimiento en altitudes que van entre 50-500 msnm, y puede llegar hasta los 1400 msnm.

**PENDIENTE DEL TERRENO.** El terreno va de plano a ondulados, con una pendiente de 0 a 20%. Puede desarrollarse pendientes fuertes e inestables.

**POSICIÓN EN EL PAISAJE.** La caoba crece en suelos que son poco profundos y aluviales de origen mixto que tienen buen drenaje.

ASPECTO/EXPOSICIÓN. En la finca “Pilonos de Antigua” la parcela No. 1 está en posición sur, la No. 2 y 3 hacia el norte.

En la finca “El Ramonal III” la parcela No. 1 está orientada hacia el oeste y la No. 2 al este.

En la finca “Chultunes”, la parcela No. 1 se encuentra en posición norte, mientras la parcela No. 2 hacia el sureste.

## Suelo

TEXTURA. La caoba en su hábitat natural tiene un buen crecimiento en los suelos aluviales de origen mixto, suelos volcánicos y suelos que se derivan de la piedra caliza, granito, andesita y de las rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas. Para obtener un mejor crecimiento el suelo tiene que ser con buen drenaje, fértil e ir de alcalino a neutro, el pH puede ir de 6.9-7.7.

En plantaciones puede crecer en suelos erosionados, arcillosos, arenoso. El pH puede llegar hasta 4.5.

FACTORES LIMITANTES. Una de las principales razones por lo cual la caoba se ve afectada en su crecimiento es la plaga del barrenador (*Hypsipyla grandella*). Cuando los árboles aún son jóvenes son propensos a los incendios, ya en su madurez son más resistentes. Los suelos compactados pueden ser un factor para que no crezca de manera adecuada.

## Distribución potencial de la especie en Guatemala

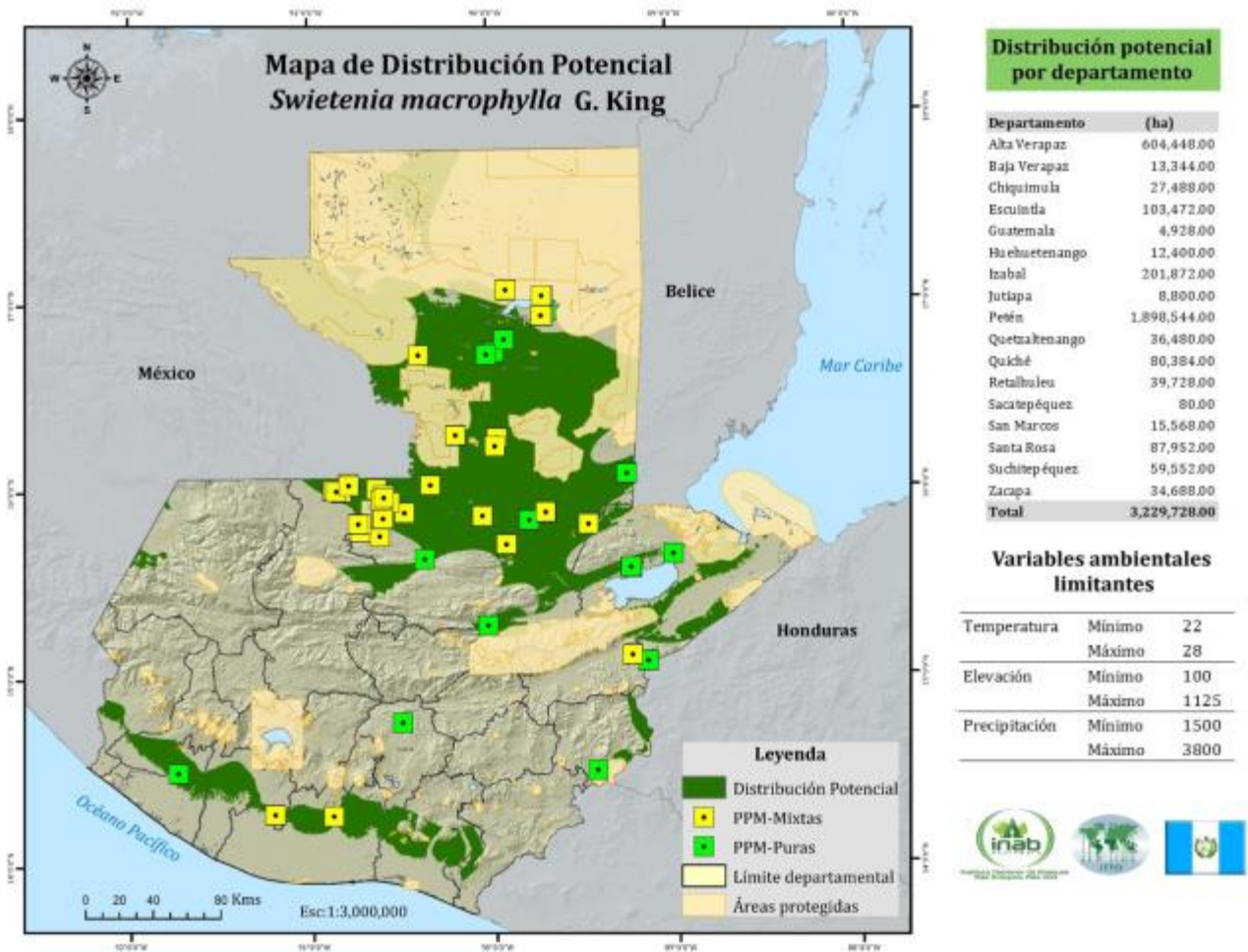
Basado en Cojóm en prensa

El departamento de Investigación forestal del INAB, en coordinación con el departamento de Sistemas de información forestal de la misma institución, ha elaborado el siguiente mapa de la distribución potencial de caoba , basado en información fisiográfica y climática obtenida mediante revisión bibliográfica (Cordero y Boshier 2003, INAB 1999, Francis 2000, Salazar y Soihet 2001), y disponibilidad de variables ambientales en la cartografía nacional (Cojóm en prensa, Hurtado 2016<sup>3</sup>). Este mapa no toma en consideración el suelo, por lo que es todavía preliminar.

---

<sup>3</sup> Hurtado Domingo L. 2016. Proceso de elaboración de los mapas de distribución potencial de las especies prioritarias (correspondencia personal). Guatemala, Instituto Nacional de Bosques, departamento de Investigación forestal.





En el mapa de distribución potencial se encuentran ubicadas las parcelas permanentes de medición (PPM) mixtas y las parcelas permanentes de medición (PPM) puras, dando un total de 72 PPM, se desarrollará con más detalle más adelante en el acápite “Metodología de seguimiento y evaluación de crecimiento en Guatemala”. Se puede observar que gran parte de las PPM se localizan dentro de la zona de distribución potencial. Es de interés remarcar que donde se encuentra la mayor distribución de potencial que es Petén y Alta Verapaz ahí se concentra la mayor de PPM. Predominan las PPM debido a que las plantaciones puras son atacadas más fácilmente por las plagas. En el departamento de Guatemala se encuentra una sola PPM pura.



## Recomendaciones para una correcta elección de sitio para la especie

Basado en Castañeda (2013)

Crece bien en margas aluviales bien drenadas, suelos pocos profundos que contienen alto contenido de materia orgánica y pendientes entre 0 a 20%, si el suelo contiene minerales como carbonatos que generen cantidades considerables de potasio ayuda a que la especie crezca mejor. Debe contener un pH que vaya de ácido a neutro.

## Ejemplos de buena o mala elección

Basado en Juárez (2016)

En la finca “Pilones de Antigua”, ubicada en Petén, municipio San Francisco, se encuentra una plantación forestal voluntaria de caoba (*Swietenia macrophylla* King) en el departamento de Petén. El objetivo de la plantación es la producción de madera para aserrío. Desde el punto de vista del silvicultor el crecimiento de la plantación ha sido rápida debido al buen manejo y no tendrían ningún inconveniente en volver a plantar Caoba en plantaciones futuras.

En la finca “El Ramonal III”, ubicada, se encuentra la plantación forestal voluntaria de caoba. El objetivo de la plantación es la producción de madera para aserrío, Aunque su crecimiento es a mediano plazo por lo regular la mayoría de las plantaciones voluntarias de *Swietenia macrophylla* King son establecidas con este con este fin, debido al buen precio que pagan por su madera en el mercado nacional e internacional. Desde el punto de vista del silvicultor encargado, la plantación ha tenido un mediano desarrollo en comparación con las de otras especies con las que cuenta la finca, estos son rodales de *Cedrela odorata*, *Tectona grandis* y *Ceiba pentandra* esto se debe a que la Caoba tienen un crecimiento promedio.

En la finca “Chultunes”, ubicada en Petén, municipio Las Flores, se encuentra una plantación forestal voluntaria. La modalidad de la plantación es de conservación y desde el punto de vista de los silvicultores el desarrollo de la misma ha sido rápido, cuentan con rodales de fauna silvestre que si están incluidos en el programa de incentivos forestales.

## Diversidad genética y procedencia

Basado en Ramírez et al. (2012), Alcalá & Gutiérrez-Granados (2011), Patiño (1997), Trujillo-Sierra et al. (2013) y Navarro y Hernández (1999)

Navarro (1997, citado por Ramírez et al. 2012) realizó evaluaciones de la diversidad genética de caoba (*Swietenia macrophylla*) de Centroamérica y México. Se incluyeron en este estudio poblaciones de Petén y del Parque Nacional Tikal. Los resultados mostraron altos niveles de variación genética aditiva, para rendimiento en altura y diámetro en las poblaciones de Centroamérica, recomendando la urgente conservación de las poblaciones del Parque Nacional Tikal. El estudio de variabilidad genética a nivel molecular, empleando las mismas poblaciones, realizado por Vásquez et al. (2002, citado por Ramírez et al. 2012), mostró alta variabilidad dentro y entre procedencias.

Los estudios genéticos que han abarcado gran parte de la distribución geográfica de la caoba han sido fundamentales al permitir reconocer diferencias marcadas en las poblaciones ubicadas en el Amazonas con respecto a las Mesoamericanas, realizado por Lemes et al. (2010, citado por Alcalá & Gutiérrez-Granados 2011). Las poblaciones Centroamericanas se diferencian de las Amazónicas porque su distribución ocurre principalmente sobre un eje latitudinal a lo largo de unos 1 300 km, mientras que las poblaciones de Brasil pueden alcanzar los 2 000 km pero un eje longitudinal, según Lemes et al. y Novick et al.(2003, citados por Alcalá & Gutiérrez-Granados 2011 ). Estas diferencias en el patrón de distribución son relevantes cuando se incluye México, ya que en nuestro país la distancias entre algunas poblaciones son considerables también en un eje latitudinal. Debido a la lejanía con respecto a las poblaciones amazónicas, las poblaciones de caoba en México se pueden considerar periféricas.

Este estudio evaluó la estructura genética de poblaciones de caoba localizadas en el límite más norteño de su distribución geográfica considerando poblaciones no solo de la península de Yucatán, sino también de Veracruz y de la Selva Lacandona, con una separación entre poblaciones desde 120 hasta 1000 km.

VARIACIÓN GENÉTICA. En este estudio se encontró que el nivel promedio de variación genética de las poblaciones (CA1, PL2, PI3,RE4,TO5 y SA6) de *Swietenia macrophylla* distribuidas en la Península de Yucatán y sur de Veracruz, se encuentra dentro del intervalo obtenido con SSRn en especies de árboles tropicales (0.230-0.889) , según Lowe et al.(2005, citado por Trujillo-Sierra et al. 2013). Sin embargo, es inferior al obtenido en poblaciones de caoba distribuidas en la región del Amazonas (HE = 0.840) Lemes et al.(2002, citado por Trujillo-Sierra et al. 2013) (HE = 0.78) Lemes et al. (2003, citado por Trujillo-Sierra et al. 2013) y en Mesoamérica (HE = 0.657) Novick et al.(2003,

citado por Trujillo-Sierra et al. 2013 ), pero superior al valor obtenido para diferentes poblaciones de Costa Rica ( $HE = 0.470-0.540$ , Céspedes et al.(2003, citado por Trujillo-Sierra et al. 2013 ) ;  $HE = 0.447$ , Lowe et al. (2003, citado por Trujillo-Sierra et al. 2013)). Estos resultados sugieren que las poblaciones más alejadas del área de mayor distribución de la especie (Amazonas) tienden a disminuir sus niveles de variación genética, como es el caso de las poblaciones distribuidas en México (región más norteña de distribución de la especie) y en Costa Rica. Para el caso particular de las poblaciones que presentaron los mayores niveles de variación genética (TO5,  $HE = 0.688$ ; RE4,  $HE = 0.665$ ), se puede considerar que la variación se ha mantenido por que las poblaciones todavía se encuentran dentro de fragmentos de selvas que no han sido intensamente perturbados (TO5 con 30 ind./ha, ~ 17 ha; RE4 con 10 ind./ha, ~ 15 ha), mientras que las poblaciones menos diversas genéticamente (PI3,  $HE = 0.520$ ; PL2,  $HE = 0.568$ ) podrían estar asociadas al manejo forestal intensivo. La población de PI3 se ubica entre las regiones SilvitucCalakmul y Río Hondo, Quintana Roo; las cuales son regiones establecidas para la conservación de la biodiversidad (SEMARNAT (2006, citado por Trujillo-Sierra et al. 2013)). Sin embargo, en esta población se observó un escaso número de individuos (6 ind./ha, ~ 8 ha). Esto se debe probablemente a que limita con la zona de mayor actividad forestal (Felipe Carrillo Puerto y Pioneros del Río), donde se realiza el 78% del manejo forestal del estado de Quintana Roo (SEMARNAT (2006, citado por Trujillo-Sierra et al. 2013.))

La población genética de poblaciones de caoba localizadas en el límite más norteño de su distribución geográfica considerando poblaciones no solo de la península de Yucatán, si no también de Veracruz y de la Selva Lacandona, con una separación entre poblaciones desde 120 hasta 1000 km. La población de PL2 por su parte, se encuentra en un área perturbada y se distribuye en la zona más norteña y aislada de la especie en el estado de Quintana Roo, y está también conformada por escasos individuos (8 ind./ha, ~ 18 ha). Estas características del hábitat de las poblaciones PI3 y PL2 se asocian a la pérdida de variación genética observada, la cual se ve afectada por procesos endogamia y de deriva genética. El nivel promedio de endogamia obtenido fue alto ( $FIS = 0.309$ ) y superior al reportado por Novick et al. (2003, citado por Trujillo-Sierra et al. 2013), para las poblaciones estudiadas en Mesoamérica ( $FIS = 0.149$ ). Las poblaciones de mayor FIS fueron CA1 y PL2 distribuidas en Quintana Roo, zona de mayor deforestación, y TO5 distribuida en el sur de Campeche. Las dos primeras poblaciones contienen valores de A, Na, Ae y HE cercanos al promedio obtenido y la población TO5 valores mayores al promedio. Sin embargo, para las tres poblaciones la HO fue baja por lo que se desvía del valor esperado en el equilibrio Hardy-Weinberg y genera un alto índice de endogamia.

Las poblaciones PI3 y SA6 presentan los menores valores de HE, el menor número de A, Na y Ae, lo que refleja el efecto de la deriva génica sobre la variabilidad genética (perdida de variantes alélicas). Este comportamiento indica que *Swietenia macrophylla* presenta una historia evolutiva acorde con la predicción no adaptativa, la cual ha sido corroborada en muchas especies de árboles tropicales. Hall et al. (1994, citado por Trujillo-Sierra et al. 2013) mencionan que la disminución de la diversidad genética también se puede deber a una interacción de factores. En su estudio con isoenzimas en poblaciones de *Carapa guianensis* de Centroamérica, encuentran bajos niveles de HE (0.120), con una relación significativa entre la disrupción de su sistema reproductivo y la subestructuración de sus poblaciones.

Newton et al (1993, citado por Patiño 1997) realizaron una exhaustiva revisión de los aspectos concernientes a la variación genética, su captura y utilización, tanto para el mejoramiento genético de especies de *Swietenia*, como para efectos de conservación de recursos genéticos. También señalan que son pocos los ensayos de progenies que se han realizado con especies de *Swietenia*, aunque estos ensayos, que deben ser la base de muchos programas de mejoramiento genético, se han iniciado para otras especies tropicales. La carencia de tales ensayos puede estar reflejando la dificultad de establecer plantaciones con las especies de los géneros *Swietenia* y *Cedrela* debido a los ataques de *Hypsipyla grandella* Zeller.

Geary En sitios húmedos, *S. macrophylla* fue superior en crecimiento en altura y en sobrevivencia, pero en los sitios secos el desempeño de las tres especies fue muy semejante según Geary et al, (1973, citado por Patiño 1997). Reportan también diferencias significativas en el crecimiento y sobrevivencia entre las procedencias ensayadas, especialmente para *S. macrophylla*.

PROCEDENCIA. Se encontraron diferencias altamente significativas en las familias para la variable altura y diámetro en los tres ensayos ( $P = 0.0001$ ), la variable ataque no fue significativa en el ensayo de Laberinto, por lo que se puede decir con suficiente grado de seguridad que hay una fuerte evidencia de la existencia de variación en el crecimiento juvenil del diámetro y la altura. Las heredabilidades obtenidas para el diámetro y la altura son 0.55 y 0.57 respectivamente y el CVAG de 13 para el diámetro y 14 para la altura.

En las pruebas de comparación de medias, las progenies 721 y 444 de Panamá y Honduras respectivamente, presentaron los mejores crecimientos en diámetro en el campo así como las progenies 444 y 564 en altura, esto utilizando como covariable la medición a los 118 días para eliminar el efecto de vivero, aún así las diferencias tomando el período total muestran a las mismas progenies como las más precoces durante los

primeros 251 días. La progenie 721 supera en un 127 % a la progenie de menor crecimiento en diámetro, de la misma manera en altura la progenie 444 supera en un 131 % a la de menor crecimiento progenie 726. Hay progenies en los primeros y últimos lugares de diferentes países lo que indica que hay una variación importante dentro de las poblaciones y que se podría iniciar programas de mejoramiento a escala local en cualquiera de los países utilizando un buen rango de individuos dentro de las poblaciones.

Esto no indica que no haya variación entre procedencias como sí lo muestra el Cuadro, sino que existe suficiente variabilidad entre individuos en el ámbito de país. Analizando el ensayo como procedencias por país, la procedencia de Belice superó a la procedencia Panamá en un 29 % en diámetro y en 21 % para la altura, se puede observar que las variaciones entre procedencias fueron porcentualmente menores que las variaciones entre progenies mostradas en el país .

En el análisis de varianza para el ensayo de progenies de Upala se encontró diferencias significativas ( $P > 0.0001$ ) para la variable diámetro y la variable altura no así para la variable ataque. El crecimiento de la caoba es sorprendente en esta zona, puede considerarse de crecimiento rápido (> cm de diámetro al cuello de la raíz por año y más de 1 m de altura por año).

Los valores de heredabilidad en sentido estricto individual y para las familias de 0.54 y 0.76 respectivamente para el diámetro son más altos que los reportados por Comelius (1994), en un estudio que resume valores de heredabilidad para diferentes especies primordialmente pinos, de la misma manera se comportan los mismos parámetros para la altura.

En las pruebas de comparación de medias la progenie de mejor crecimiento fue la 93 de San Emilio, un área de bosque importante en el norte de Costa Rica, esta progenie fue superior en un 45 % a la progenie 76 de Marabamba, para la variable diámetro a la altura del cuello y en altura la misma progenie 93 superó en un 50 % a la progenie 45 de Caño Negro, Los Chiles, Costa Rica. Estos datos muestran que existe suficiente variación para un programa de mejoramiento utilizando las progenies locales del norte del país.

Cuadro 1. Progenies plantadas en los ensayos La Lagartera y Upala, Costa Rica

Ensayo	Población	N° Progenie	Latitud	Longitud	Precipitación (mm)	Temp. (°C)	Meses secos
Upala y Lagartera	Caño Negro	43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50	10.94774	-84.70994	2885	24	3
Upala y Lagartera	Caño Negro	51	10.94705	-84.72119	2885	24	3
Lagartera	Caño Negro	52	10.94646	-84.72319	2885	24	3
Upala y Lagartera	Caño Negro	53	10.94774	-84.70994	2885	24	3
Upala y Lagartera	Playuelas	58	10.91815	-84.69996	2885	24	3
Upala y Lagartera	Playuelas	60	10.9277	-84.68567	2885	24	3
Upala y Lagartera	Playuelas	61	10.92635	-84.68893	2885	24	3
Lagartera	Marabamba	65	10.95426	-84.65771	2885	24	3
Upala y Lagartera	Marabamba	68, 73, 74, 76	10.95426	-84.65771	2885	24	3
Upala y Lagartera	Marabamba	80, 81, 82	10.95403	-84.65751	2885	24	3
Upala y Lagartera	Marabamba	83	10.97844	-84.70361	2885	24	3
Upala y Lagartera	San Emilio	84, 85, 86, 87, 88, 89,	10.97235	-84.77287	2885	24	3
Upala y Lagartera	San Emilio	90	10.95402	-84.77411	2885	24	3
Upala y Lagartera	San Emilio	91	10.93615	-84.47122	2885	24	3
Upala y Lagartera	San Emilio	92	10.58191	-84.46671	2885	24	3
Upala y Lagartera	San Emilio	93	10.95971	-84.77346	2885	24	3

País	Población	Progenie	Latitud	Longitud	Precipitación (mm)	Temp. (°C)	Meses secos
MEXICO	San Felipe	11, 15, 16, 116	18.74599	-88.3548	1300	25	4
MEXICO	Nuevo Beal	121, 122, 125, 126, 129	18.80756	-89.32721	1200	26	4
MEXICO	Naranjal	132, 133, 136, 141	19.35549	-88.46355	1200	24	4
MEXICO	Madrazo	152, 153, 155	19.45218	-88.44468	2000	26	4
MEXICO	Nuevo Beal	156, 157, 159, 160	18.80756	-89.32721	1200	24	4
BELICE	Las Cuevas	22	16.7518	-89.09106	2900	22	3
BELICE	Las Cuevas	257	16.42754	-88.58995	2900	22	3
GUATEMALA	Bethel	32, 326, 331, 343	16.4835	-90.50282	1800	25	4
GUATEMALA	Bio-biza	396	16.85234	-90.93113	1955	28	5
GUATEMALA	Tikal	3101	16.85009	-90.93116	1955	28	5
GUATEMALA	Tikal	3131, 3151, 3153	17.2252	-89.61216	1955	28	5
HONDURAS	Lancetilla	427, 432, 434, 435, 436, 438, 440, 442, 443,	15.73991	-85.45721	3278	25	3
HONDURAS	Comayagua	453	14.45397	-87.6597	1619	25	5
HONDURAS	Comayagua	454	14.45398	-87.65806	1619	25	5
NICARAGUA	Mukuwas	527, 528, 529, 531, 532, 533, 536, 541, 551,	14.04645	-84.49976	2750	24	4
COSTA RICA	Caño Negro	644, 649	10.97774	-84.70994	2885	24	3

HONDURAS	Comayagua	454	14.45398	-87.65806	1619	25	5
NICARAGUA	Mukuwas	527, 528, 529, 531, 532, 533, 536, 541, 551,	14.04645	-84.49976	2750	24	4
COSTA RICA	Caño Negro	644, 649	10.97774	-84.70994	2885	24	3
COSTA RICA	Marabamba	682	10.95403	-84.65751	2885	24	3
COSTA RICA	San Emilio	687	10.97235	-84.77287	2885	24	3
COSTA RICA	San Emilio	690	10.95402	-84.77411	2885	24	3
COSTA RICA	San Emilio	693	10.95971	-84.77346	2885	24	3
COSTA RICA	Upala	699	10.54085	-85.09293	2558	25	4
COSTA RICA	Santa Cecilia	6109	11.06101	-85.27857	2585	26	4
COSTA RICA	Ahangares	6121	10.05493	-84.49443	1940	27	5
COSTA RICA	Pocosol	6156	10.89688	-85.60125	1510	26	6
COSTA RICA	Chapmal	6243, 6244, 6248, 6250, 6251	10.06589	-84.53552	1940	27	5
COSTA RICA	Upala	6253	10.84879	-84.92218	2558	25	4
PANAMA	Quintín	73, 79, 710	8.25682	-78.26795	2500	26	4
PANAMA	Punta Alegre	711	8.04698	-78.23505	2500	26	4
PANAMA	Punta Alegre	713	8.26119	-78.23616	2500	26	4
PANAMA	Tonosi	717, 719, 721, 724, 726	7.33517	-80.48316	2500	25	4
PANAMA	Gatón	731, 732, 733	9.268	-79.91958	2500	25	4
PANAMA	Paraso	735	9.03278	-79.62656	2500	25	4

Cuadro 3. Comparación de medias Tukey para las procedencias de *Swietenia macrophylla* en el ensayo Laberinto, Los Chiles, Costa Rica a los 251 días de plantado en el vivero.

Grupos Tukey	Diámetro medio (cm)	N	Procedencia	Grupos Tukey	Altura media (m)	N	Procedencia <sup>1</sup>
A	22	401	4	A	108	55	2
B A	20	55	2	B A	105	401	4
B A	20	405	7	B A C	99	265	3
B	19	265	3	B D C	98	588	1
B C	19	588	1	B D C	97	436	5
B C	19	458	6	D C	93	458	6
C	17	436	5	D	89	405	7

1 Procedencias: 1=México, 2 = Belice, 3 = Guatemala, 4 = Honduras, 5 = Nicaragua, 6 = Costa Rica, 7 = Panamá

2 N es el número de individuos evaluados por procedencia

Los resultados del ensayo Lagartera en donde se produjo una inundación por influencia de un huracán que afectó el clima en esa zona, se observa que el efecto de las progenies no es significativo para la variable diámetro, la altura es significativa ( $P > 0.01$ ) así como el efecto ataque pero a muy bajo nivel. Al comparar los resultados de los tres ensayos se observa la importancia de sostener al máximo el mantenimiento de los ensayos y realizar un control adecuado de las malezas. También el arado proporciona dadas las condiciones de los suelos de esta zona, condiciones muy adecuadas para el crecimiento de la especie. El crecimiento en este ensayo a los 585 días fue menor al obtenido en los otros dos ensayos, este ensayo además de tener problemas de inundación en los primeros estadios de desarrollo, no tuvo una preparación de arado y rastreo como si lo tuvieron los otros dos ensayos.

La media de incremento diamétrico anual en Lagartera es de 2.9 cm para el diámetro, mientras que en Upala es de 3.2 cm y en Laberinto es de 3 cm. Para la variable altura el incremento medio anual obtenido para Lagartera fue de 1.14 m, 1.44m en Upala y 1.42m en Laberinto. El ensayo de Upala por estar en mejor condición edáfica presentó los mejores crecimientos.

Se concluyó que considerando la alta variación encontrada dentro de las poblaciones estudiadas es urgente su conservación y el uso de las mismas en programas de reforestación o agroforestales. Algunas de las áreas más importantes para su conservación son: Calakmul Reserva de la Biosfera, Estación Experimental San Felipe, Parque Nacional Tikal, Parque Nacional Bosawas, Parque Nacional Cerro Hoya, Parque Nacional Darién, Parque Nacional Santa Rosa, Finca José Eduardo Rodríguez, Finca Rigoberto Abarca, Jardín Botánico Lancetilla y Area Cooperativa Las Mangas.

Tanto para las progenies de Costa Rica {ensayos Upala y Lagartera}, y las progenies centroamericanas y de México existen altos niveles de variación genética aditiva para los valores de rendimiento en altura y diámetro. Las mejores progenies a las edades estudiadas (621 días Upala, 251 días Laberinto y 585 días Lagarterera) fueron en Laberinto la 721 de Panamá y la 444 de Honduras para la variable diámetro y en altura las progenies 444 y 564 de Nicaragua. En el ámbito de procedencias Bel ice y Honduras ocuparon los primeros lugares en crecimiento en diámetro y altura. Para el ensayo de



Upala de progenies de Costa Rica, se encontró que las progenies 93 y 51 presentaron los mejores crecimientos en altura y diámetro.

En relación con resistencia al *Hypsipyla* no se encontró variación en cuanto a la presencia o no de ataque del barrenador en ninguno de los tres ensayos, la mejor significancia fue en Lagartera al 0.009, que aunque es baja muestra parcialmente que aquellos individuos de mayor precocidad pueden responder mejor al ataque.

Aunque los resultados son preliminares, es difícil que el escrutinio de las progenies cambie porque el ataque de *Hypsipyla* se acentuará aún más en aquellas progenies de crecimiento menos precoz, por lo tanto la selección temprana de las progenies en Caoba es una medida conveniente. Heredabilidad y el coeficiente de variación genética aditiva fueron altos para la altura y el diámetro, estos valores indican que es posible obtener ganancias genéticas considerables.

La metodología de colección de germoplasma permitió realizar una prospección adecuada para el estudio de los recursos genéticos de los bosques centroamericanos. Se recomienda la combinación de estudios cuantitativos con estudios de marcadores moleculares en la investigación de la diversidad genética de las especies.

## Rodales semilleros

Basado en el Registro Nacional Forestal de Guatemala y Hernández 2004

Las fuentes semilleras de caoba inscritas en el Registro Nacional Forestal<sup>4</sup> (declarado como *Swietenia macrophylla* King) son las siguientes:

Finca	Propietario	Municipio	Departamento	Estado	Región
RUSTICA	GUILLERMO ALBERTO GARCIA ESTRADA	ESCUINTLA	ESCUINTLA	Inactivo	IX COSTA SUR
EJIDO MUNICIPAL DE SAN FRANCISCO	MUNICIPALIDAD DE SAN FRANCISCO	SAN FRANCISCO	PETÉN	Activo	VIII PETÉN
PARQUE NACIONAL LAGUNA LACHUA	INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES.	COBÁN	ALTA VERAPAZ	Activo	II LAS VERAPACES
SIN NOMBRE	JERONIMO CANIL TOL	IXCAN	QUICHÉ	Activo	II LAS VERAPACES

<sup>4</sup> consultado el 27 de octubre 2014

## Semilla

### Descripción

Basado en Niembro (2010)

Las semillas de Caoba son samaroides, abultadas en la base, de 7 a 12 cm de largo y de 2 a 2.5 cm de ancho, incluyendo el ala. La parte abultada es comosa, lateralmente aplanada y vagamente romboide en corte longitudinal. La cubierta seminal está diferenciada en testa y tegmen. La testa de las semillas es ligeramente parda a rojo pardo, suave, opaca, cartácea e internamente llena de numerosas bolsas de aire. La testa se expande hacia el ápice en una ala lateral fina y frágil, lo cual resulta del exostoma del rafe sobrecrecido. El tegmen es de color crema o blanco, granular, opaco y unido firmemente al embrión. El hilo está al final de las alas, unidos profundamente y puntiforme, y a veces tiene remanentes de tejidos funiculares. Las agrupaciones vasculares son prominentes, descendiendo a lo largo de las alas y conectados al embrión a través de la calaza, que se puede ver como una protuberancia negra y longitudinal, localizada al extremo opuesto de la radícula.

La semilla es ortodoxa y puede almacenarse a 3-7% de humedad y 3°C por hasta 8 años.

Las semillas alcanzan en promedio de 1,800 a 2500 por Kg, con un porcentaje de germinación de 80-95%.

### Recolecta

Basado en Hernández (2004) y Cabrera (2006)

CALENDARIO DE RECOLECCIÓN (EN GUATEMALA). El fruto alcanza la maduración entre diciembre y enero, la recolecta se realiza de febrero a abril. Los frutos se recolectan del árbol directamente antes que las cápsulas se abran.

EVALUACIÓN PREVIA A COLECTAR FRUTOS. La maduración ideal del fruto para la colecta se puede evaluar por el fácil desprendimiento del pedúnculo; otro indicador es el color café oscuro de la testa y ala, así también observando los frutos abiertos en el árbol y la caída de las valvas del fruto y semillas.

Los árboles promisorios o semilleros son árboles dominantes, de diámetro superior no menor de 75 cm., copa de diámetro pequeño y balanceada, fuste recto y cilíndrico, con ramas cortas, de poco diámetro y ángulo de inserción en el fuste lo más cercano a 90°,

presentar buena tolerancia a enfermedades, deficiencias y plagas, no ser árbol borde, etc. Estos criterios los definidos por BANSEFOR.

**PRÁCTICA DE RECOLECCIÓN.** Debido a que los árboles son altos y el tipo de fruto, se utilizan los espolones aplicando la técnica de escalamiento con utilización del cinturón con arnés, lazo o línea de seguridad con un largo de 36.5 m. Una vara de aluminio 4.50 metros de largo con un gancho tipo S en el extremo, ropa resistente y comfortable, guantes de lana, botas altas que protejan el tobillo y que tengan tacón alto, casco de seguridad, costales de Yute, etiquetas de identificación, machete.

Para la colecta de las cápsulas se utiliza la vara de extensión y la cuchilla tipo S, con movimientos de jalar y empujar se logra cortar el pedúnculo o desprender únicamente el fruto. El recipiente que se utiliza para transportar los frutos es el saco de pita. En la recolección un escalador con experiencia puede cosechar aproximadamente 1.7 sacos con fruto por día con el apoyo de otra persona.

**RENDIMIENTO.** En la recolección un escalador con experiencia puede cosechar aproximadamente 1.7 sacos con fruto por día con el apoyo de otra persona.

## Acondicionamiento

Basado en Cabrera (2006)

**POSTMADURACIÓN DE LA FRUTA.** La actividad de limpieza se efectúa bajo sombra y buena ventilación eliminando hojas ramas y basura que se haya transportado, cápsulas inmaduras y enfermas se desechan. Los frutos antes de limpiarse se colocan en cribas o cajas de madera que tienen como base malla metálica y plástica siempre bajo sombra y buena ventilación.

**SECADO DE LA FRUTA.** Los frutos luego de ser colocados en cajas o sobre lonas se mantienen durante 1 o 2 días bajo sombra, los frutos se deben colocar dispersos para un buen secado y abertura de las cápsulas.

**EXTRACCIÓN DE LA SEMILLA.** La extracción de la semilla es manual siendo golpeadas las cápsulas que no han abierto sobre una superficie dura para remover las valvas, la semilla al momento de extraerse es desalada y colocada sobre las cajas con malla.

Luego se expone al sol por un período de 7 horas removiendo la semilla en forma suave y constante hasta que quede bien seca.

SECADO DE LA SEMILLA. Las cápsulas se transportan en sacos de yute y se dejan secar en un lugar seco y cubierto por hasta 5 días, después de lo cual se pueden poner bajo el sol a secar por periodos de hasta 4 horas diarias durante 3 días.

RENDIMIENTO. Un saco con fruto es de 2 kg de semilla.

## Conservación y viabilidad

Basado en Hernández (2004) y Cabrera (2006)

La semilla de Caoba se puede almacenar con contenidos de humedad de 6 y 12 %, dentro de bolsas plásticas bien herméticas y dentro de botes plásticos herméticos que luego se ingresan en un cuarto frío que mantiene la temperatura de 5 a 6o C, se puede utilizar la parte baja de un refrigerador para almacenar este tipo de semilla.

VIABILIDAD POR GERMINACIÓN. Según Cabrera(2006) en un kilogramo de semilla de caoba encontramos 1,800 semillas viables, con 88% de viabilidad de germinación. Almacenadas en refrigerador de 4 a 5°C en bolsas plásticas herméticamente selladas conservan la viabilidad por más de cuatro años

## Tratamientos pre-germinativos

La especie no requiere de tratamientos pre-germinativos, esta germina en 7-14 días.

## Producción de plantas

### Métodos de propagación

Basada en Cordero y Boshier (2003) y Teni (2007)

#### *Sexual*

PLANTAS EN BOLSAS. Para la producción en bolsa se utilizan de 2 a 3 semillas por bolsa, colocándolas a una profundidad de 1 a 3 centímetros. La siembra en bolsa directa se coloca la semilla cada bolsa, se cubre con chispa sobre los tablones para crear condiciones adecuadas de germinación, principalmente temperatura y humedad, así mismo para evitar que las gotas de la lluvia descubran las semillas y luego, se aplica riego profundo nuevamente. Cuando se siembra directa a bolsa, el proceso de

germinación no es uniforme, empieza a germinar aproximadamente a los 17 días después de la siembra y se prolonga por un periodo aproximado de 20 días después de germinadas las primeras semillas.

Fecha de siembra directa a la bolsa el 1 de mayo y fecha trasplante a campo definitivo 1 de septiembre .

PSEUDOESTACAS. Las plantas deben tener un diámetro al cuello de la raíz de al menos 2 cm (de manera práctica, se dice que deben tener el diámetro del dedo pulgar), y se preparan con 15-20 cm de tallo y 20-40 cm de raíz

### *Asexual*

ESTACAS. En el estudio de Zanoni de las 192 estacas plantadas, el 69.8 por ciento fue de estacas muertas. Sobre las 32 estacas, la menor tasa de mortalidad se presentó con 40.6 por ciento en las estacas basales, correspondiendo la mayor tasa 87.5 a las estacas sub-apicales. Hacia la novena semana del ciclo empezó a producirse marchitamiento y caída de los brotes foliares, presentándose posteriormente una abundante pudrición de la corteza y de los callos (tejido cicatricial) formado en las estacas.

La caoba podría enraizar, siempre que el estacado dure más de doce semanas en presencia de adecuadas condiciones de ambiente.

## Substratos en vivero

Basado en Teni (2007)

CAJAS GERMINADORAS. Seleccionar un sitio plano o ligeramente inclinado con buen drenaje. Seleccione un sitio cercano a una fuente de agua para poder regar con facilidad. El terreno debe estar libre de piedras, troncos y aguas estancadas. El germinador debe cercarse para protegerlo de los animales. Tamaño del germinador. Ancho. 1,20 metros, para facilitar los trabajos. Largo. Depende de la cantidad de semilla que se va a tratar, para facilidad de manejo no más de 15 metros. Altura. Debe ser de 25 centímetros.

BOLSAS Y CAMAS DE VIVERO. Proporción a utilizar 2:1 ; 1, esto quiere decir 2 partes de tierra negra que presente bajo porcentaje de arena, 1 parte de arena y 1 parte de material orgánico. Si la tierra negra ya contiene arena en el porcentaje adecuado, no es necesario agregarle.

# Establecimiento de plantaciones

---

## Comportamiento ecológico de la especie

Basado en Bauer y Francis (2000)

**TEMPERAMENTO.** Se clasifica como una especie intolerante, no puede sobrevivir la sombra densa. En la luz débil bajo un dosel forestal tropical denso, las plántulas de la caoba que germinan por lo usual fracasan en sobrevivir por más de unos pocos meses. Bajo una luz filtrada, las plántulas podrán persistir por muchos años, creciendo de manera lenta en una condición suprimida. El crecimiento más rápido se alcanza bajo una luz solar plena con protección lateral. Las plántulas responden de manera rápida a la liberación de la vegetación terrestre baja y el dosel superior.

Se mostró que las plantaciones de caoba reciclan los nutrientes de manera eficiente y sostuvieron casi tantas especies del sotobosque como los adyacentes bosques secundarios naturales.

Tiene las ventajas de un rápido crecimiento, una tolerancia a la sequía y a los suelos pobres y un follaje verde oscuro.

**COMPORTAMIENTO RADICAL.-** Produce una vigorosa raíz pivotante en la etapa de plántula. Añade muchas raíces laterales finas que se engruesan de manera gradual para formar un extenso sistema radical lateral. Los árboles de mayor edad desarrollan unos contrafuertes de pequeños a medianos. Las raíces laterales de los árboles de gran tamaño se ven expuestas sobre el terreno por un metro o más en los sitios muy húmedos y en los suelos arcillosos.

## Instalación

Basada en Cordero y Boshier (2003) y Juárez (2016)

**PREPARACIÓN DEL TERRENO.** En la finca “Pilonos de Antigua”, ubicada en Petén, municipio San Francisco, la eliminación de la vegetación se hace en forma manual con machetes, la preparación del suelo antes de la plantación se hizo arando el suelo. Anteriormente el sitio donde se estableció la plantación era suelo de potrero, la eliminación de la vegetación al momento de establecerla fue de forma mecánica con un Bulldozer con escarificador (Ripper) en donde se realizó un arado superficial para descompactar el suelo, se realizaron hileras o surcos con camellones de 30 cm. de alto aproximadamente, se aplicó Cal (CaO) para reducir la acidez del mismo.

En la finca “El Ramonal III”, ubicada en Petén, municipio Las Cruces, la eliminación de la vegetación se hace en forma manual, la preparación del suelo antes de la plantación se hizo arando completamente el suelo. Anteriormente el sitio donde se estableció la plantación era guamil y el método de preparación del suelo utilizado fue mecánico con la ayuda de un Tractor.

**DISTANCIAMIENTO DE SIEMBRA.** La caoba también puede establecerse en combinación con cultivos agrícolas anuales o perennes (café, cacao), a espaciamientos amplios de hasta 15x15m, dependiendo del cultivo y los objetivos. Los insumos y cuidados al cultivo agrícola además benefician a los árboles, los cuales pueden crecer más rápidamente y superar la fase de susceptibilidad al barrenador en menor tiempo.

Otro sistema que ha sido utilizado es la plantación de enriquecimiento de bosques. En este caso se limpian franjas de unos 2 m de ancho en el bosque, espaciadas a 10-12 m entre franjas, y se planta la caoba a lo largo de las franjas, típicamente a espaciamientos de 2-5 m, dependiendo de la intensidad de manejo que se pretenda dar a la plantación; espaciamientos menores requerirán raleos en menor tiempo.

En la finca “Pilonos de Antigua” el espaciamiento entre arboles es de 3m entre árbol y 6m entre hilera o surco.

En la finca “El Ramonal III”, la siembra se realizó en hileras o surcos sembrando los arboles a un espaciamiento de 3m x 3m (al cuadro).

En la finca “Chultunes” método de establecimiento fue en hileras o surcos de árboles a un espaciamiento de 3mx3m (al cuadro).

**MEZCLA CON OTRAS ESPECIES.** En la finca “Pilonos de Antigua” la plantación de caoba en el primer año se combinó con maíz (*Zea mays*) y en el tercer año la plantación se asoció con Cacao (*Theobroma cacao*).

En la finca “El Ramonal III”, la plantación en el primer y segundo año se combinó con maíz.

En la finca “Chultunes”, la plantación hasta el momento esta combinada con maíz (*Zea mays*) y pepitoria (*Cucurbita máxima*).

**FERTILIZACIÓN INICIAL.** En la “Pilonos de Antigua”, se utilizó 3 libras de abono orgánico, fertilizando con fosforo MAP 10-50, TRIPLE (18-46-0) > 3oz por producto para cada árbol.



En la finca “El Ramonal III”, para mejorar el sustrato del suelo y suministrar nutrientes a las plantas se fertilizó utilizando 2 copas Bayer de Triple de fórmula (15-15-15) uno al frente de la planta y otra detrás de la misma.

En la finca “Chultunes”, para proporcionar nutrientes a las plantas y mejorar el sustrato se fertilizó con triple de fórmula (15-15-15) los primeros 6 meses de establecida la plantación.

CONTROL INICIAL DE MALEZAS. En la finca “Pilonos de Antigua” se preparó el terreno limpiándolo mecánicamente con chapeadora y se aplicaron químicos para eliminar malezas.

EFFECTO DE LA ÉPOCA DE ESTABLECIMIENTO (SOBREVIVENCIA). En la finca “Chultunes” dijeron que si volviesen a plantar Caoba aconsejan hacerlo en el

mes de octubre, ya que en estas fechas aproximadamente comienza el invierno y las lluvias aseguran la germinación de las semillas así como la probabilidad de sobrevivencia de las plántulas hasta en un 80% aproximadamente.

## Introducción en sistemas agroforestales

En las siguientes fincas se han utilizado sistemas agroforestales:

En la finca “Pilonos de Antigua” la plantación de caoba en el primer año se combinó con maíz (*Zea mays*) y en el tercer año la plantación se asoció con Cacao (*Theobroma cacao*).

En la finca “El Ramonal III”, la plantación en el primer y segundo año se combinó con maíz.

En la finca “Chultunes”, la plantación hasta el momento esta combinada con maíz (*Zea mays*) y pepitoria (*Cucurbita máxima*).

# Silvicultura de plantaciones

---

## Manejo silvicultural de plantaciones

Basada en Cordero y Boshier (2003) y Juárez (2016)

*S. macrophylla* produce una copa muy angosta durante los primeros años, que tarda en cerrar, de manera que se deben hacer limpiezas regulares a lo largo de las fajas de plantación, al menos durante los primeros 3-4 años. En sistemas de enriquecimiento del bosque se debe controlar el crecimiento de lianas y bejucos, que prosperan vigorosamente en estos ambientes y pueden dañar seriamente los árboles.

En la finca “Pilonas de Antigua” el manejo silvícola de la plantación en este caso, se tienen un sistema efectivo de control de malezas así como medidas de prevención y control de incendios por medio de chapeos y monitoreos en el perímetro del área de plantación, la cual se encuentra libre de plagas y enfermedades, los silvicultores realizan podas de las ramas laterales y hasta el momento no han realizado ningún raleo debido a la edad de los árboles.

Luego de establecida la plantación, se han tenido pérdidas de árboles por crecimientos deficientes y por ataques de la polilla barrenadora (*Hypsipyla grandella*) pero es un porcentaje muy bajo en comparación con el total de los individuos sembrados, luego de esas pérdidas no se han replantado. Se han aplicado pesticidas elaborados por ellos mismos (no quisieron dar la fórmula), Fertilizantes en el primer año, han aplicado un control biológico para controlar plagas y enfermedades pero el componente es otro secreto celosamente guardado por los técnicos de la plantación.

En la finca “El Ramonal III” Los silvicultores poseen un sistema efectivo de podas y control de malezas realizándolo manualmente con machete, también se aplican medidas efectivas de prevención y control de incendios por medio de la realización de rondas mecanizadas utilizando un tractor en el perímetro de la plantación, al momento de la medición no se observó ataques por plagas o patógenos, pero si se localizan 40 torceduras basales en la mayoría de los individuos debido a los ataques de *Hypsipyla grandella* en los primeros años de establecida.

Esta plaga regularmente ataca en la época de invierno y solo en el primer año se combatió químicamente con pesticidas, también se reportan pérdidas de árboles debido a la humedad por el terreno inundable (bajos). Se han realizado raleos con motosierras cuando estos se encuentran muertos pero no se han replantado árboles luego de estos sucesos.

En la finca “Chultunes”, el sistema efectivo de control de malezas que manejan los silvicultores es la aplicación de herbicida químico de nombre Gramoxone, este herbicida destruye los tejidos verdes, pero al no entrar en contacto con las plantas no afecta su desarrollo, es aconsejable aplicarse cuando se conoce previamente que la plántula ya puede sobrevivir por sí sola, aproximadamente a unos 40 cm de alto. La aplicación debe ser con mucho cuidado debido a su toxicidad ya que puede afectar la salud de la persona que lo aplica al inhalarse o al contacto con ojos y boca.

El raleo se efectúa en árboles enfermos y torcidos, debido a esto se reportan pérdidas de individuos, a pesar de esto no se han replantado árboles ya que los nuevas

plántulas no lograrían competir con los de su misma especie debido a la edad de los individuos ya establecidos.

Los ataques de la polilla barrenadora son controlados aplicando pesticidas foliares un poco antes de, y en sucesión de la época lluviosa (invierno), no se observaron plantas enfermas ni con plagas al momento de realizar la medición respectiva de las parcelas permanentes de muestreo.

## Poda

La caoba muestra una autopoda bastante satisfactoria, sobre todo en sistemas con sombra lateral, pero en espaciamientos amplios puede ser un problema la aparición de una copa baja que deja un fuste corto. Los árboles plantados para aserrío deben podarse para dejar un fuste único, largo y limpio de ramas, dejando el follaje necesario para el buen crecimiento del árbol. En el caso de podas sanitarias ante ataques del barrenador, estas se deben hacer en dos pasos: primero eliminando el brote dañado o atacado, y unos tres meses después, una vez que se ha definido el eje dominante, eliminar los otros. Esto evita la formación de bifurcaciones en la parte baja del árbol, que será la más valiosa desde el punto de vista maderable.

Este procedimiento se repite las veces que sea necesario para lograr una buena sección de fuste recto, o hasta que el ataque se diluya en ramas secundarias donde el efecto no es tan importante. En el caso de árboles más viejos, que han respondido al daño emitiendo dos o más ejes, debe efectuarse una poda para dejar solamente el mejor eje.

# Manejo de plagas y enfermedades

## Plagas y enfermedades en vivero

Agentes dañinos rodado de la caoba (*Swietenia macrophylla* King) reportados\* en Guatemala

nombre común del agente dañino	nombre científico del agente dañino	tipo de agente dañino	estructura atacada	ataques / peligrosidad	más información en...
viruela	<i>Cercospora</i> sp.	patógeno	follaje	solo afecta hojas maduras En los años 2009-2010 se presentaron ataques a plantaciones	García 2006
	<i>Phyllachora</i> sp.	patógeno	follaje	Afecta las hojas maduras	García 2006
	<i>Pestalotiopsis</i> sp.	patógeno	follaje		García 2006

barrenador	Hypsipyla grandella	insecto	fuste	Ataca en estado latizal y estado fustal En los años 2009-2010 se presentaron ataques a plantaciones	Caal 2007
Termitas o comején		insecto	follaje	Atacan al tronco en su interior creando un túnel de supervivencia.	Godínez 2010

\* elaborado con base en los Informes anuales de plagas 2006-2015 del SIFGUA, García 2006.<sup>5</sup>

## Plagas y enfermedades en vivero

Basada en Sosa (2009), García (2006), Caal (2007)

Hypsipyla grandella

La principal plaga de los árboles de Caoba (*Swietenia macrophylla*) es el taladrador de las meliáceas, en época lluviosa es más severo. El tamaño de los adultos varía de 20 a 40 expansión alar. Larva de tipo erusiforme con cabeza de color café y en su madurez alcanza de 20 a 25mm de longitud.

El daño principal es la barrenación de brotes con túneles de hasta 20cm de longitud produciendo la muerte de brotes tomándose color grisáceo a negro. Los ataques sucesivos no permiten el crecimiento en altura y diámetro de los árboles y se produce la bifurcación y mal formación.

Se cree que el gusano barrenador de las Meliáceas, *Hypsipyla grandella* Zeller, es el principal factor limitante para el establecimiento de plantaciones de caoba y cedro en América debido al daño irreparable que causa en dichas especies. Algunas publicaciones documentan aspectos biológicos y ecológicos de *H. grandella*, incluyendo aspectos sobre su control mediante prácticas silviculturales y el uso de químicos; siendo este último método de control el principal causante de problemas como: riesgos para la salud humana, contaminación ambiental con daños a la vida silvestre, perturbación del equilibrio natural (provocando resurgencias de plagas), resurgimiento de plagas secundarias, desarrollo de poblaciones resistentes a plaguicidas, alto costo económico, entre otros.

Según el estudio de Caal, el mayor daño de la *Hypsipyla grandella* es en el estado Latizal y estado fustal. En la reforestación forestal de las comunidades, Las Tortugas y la

<sup>5</sup> Sistema de Información Forestal de Guatemala (SIFGUA). 13 Jun 2016  
<http://www.sifgua.org.gt/Plaga.aspx>

Comunidad San Benito I municipio de Cobán, la caoba se ve más afectada por la principal plaga (*Hypsipyla grandella*).

La especie de caoba, en cada hectárea tiene un porcentaje más del 50% de las plantas dañadas.

En el área reforestada. la principal plaga *Hypsipyla Grandella* no se ve de día si no que daña las plantas por la mañana, daña a las semillas, frutos tiernos y también daña plantas bajo vivero forestal hasta la etapa adulta de los árboles, según resultado de censo realizado en los tres estados brínzal, latizal y fustal.

En la Realización del censo forestal, el número de plantas sanas es menos (1215 plantas), eso implica un menor porcentaje de plantas sanas.

Las plantas muertas es menos que las plantas dañadas (563 plantas) en los tres estados de la planta.



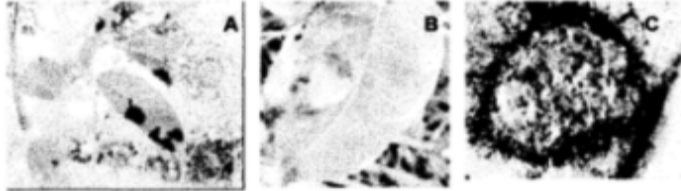
Fotos de ataque fuerte de *Hypsipyla grandella*

## Plagas y enfermedades en plantaciones

nombre común del agente dañino	nombre científico del agente dañino	Área	Año
viruela	<i>Cercospora sp.</i>	16.79 ha	2009
		20.68 ha	2010
		10.60 ha	2011
		20.68 ha	2012
barrenador	<i>Hypsipyla grandella</i>	25.65 ha	2009
		95.67 ha	2010
		75.72 ha	2011
		67.21 ha	2012

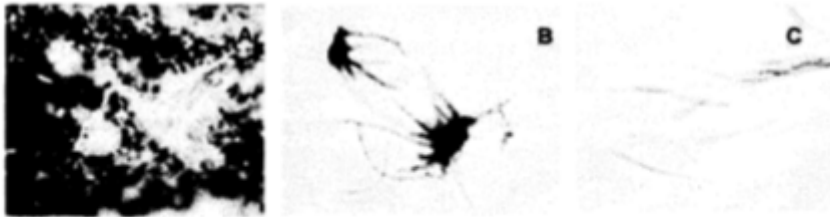
## Cercospora sp

**SÍNTOMAS.** En hojas maduras, sobre el haz se observan manchas sin bordes definidos color marrón generalmente con un halo amarillento a su alrededor, tomándose de color gris, posteriormente el tejido se adelgaza y adquiere un aspecto quebradizo . Sobre el envés en la superficie de las hojas se desarrollan los esporodocios.



Sintomas foliares en las hojas de caoba de una plantación en Péten. A) Mancha foliar producida por *Cercospora* sp. B) Mancha marrón tomándose de color gris. C) Vista con estéreo microscopio de mancha color marrón.

**SIGNO.** En la superficie del envés de la de las hojas se desarrollan los esporodocios que se pueden observar con ayuda del estéreo microscopio en el que se encuentran los cuerpos fructíferos constituidos por un racimo de conidióforos que forman una masa de hifas donde emergen las conidias alargadas y multicelulares.



Cuerpos fructíferos de *Cercospora* sp. A) Esporodocios sobre hojas de caoba. B) Conidióforos C) Conidias.

**IMPORTANCIA.** Fue encontrada en una plantación de *Swietenia macrophylla* King (baywood) caoba en Petén afectando hojas maduras, en las plantaciones muestreadas el patógeno se reportó en un 100% de incidencia.

## Manejo de bosques naturales Orozco y Brumér (2002)

---

En Guatemala, la caoba que se encuentra dentro de los bosques latifoliados y se agrupa en el siguiente grupo económico:

AAACOM: especie altamente aceptable tanto en el mercado nacional como internacional, con un precio plenamente superior a las demás especies comerciales.

Es importante separar acciones de manejo dirigidas a mantener la sostenibilidad a mediano y largo plazo.

La sostenibilidad a mediano plazo se refiere a una serie de aprovechamientos, en donde se vuelven a cosechar las mismas especies en cantidades semejantes a las que se tenían al principio; o sea que entre un ciclo de corta y otro en la misma área, el rendimiento no debe disminuir sustancialmente. El raleo de liberación, el cual tiene el propósito de aumentar la tasa de crecimiento de ciertas especies seleccionadas, es una acción dirigida hacia la producción sostenible a mediano plazo. Si este tratamiento logra aumentar la tasa de crecimiento de los individuos inmaduros, se podría reducir el ciclo de corta, con lo que se logra un área anual de aprovechamiento más grande y mayor volumen por año.

La sostenibilidad a largo plazo tiene que ver con los esfuerzos dirigidos, al nivel de especie, para asegurar una regeneración adecuada; este es el principio fundamental de un sistema silvícola. Aquí aportaremos algunas consideraciones para responder a la pregunta, ¿Qué esquema de manejo sería más exitoso para regenerar las especies comerciales: el monocíclico o el policíclico?.

Los parámetros más importantes del marco silvicultural son el diámetro mínimo de corta, el ciclo de corta, la intensidad de corta y, derivado de estos, el volumen anual de corta permisible. En muchos de los bosques naturales tropicales no existe información detallada sobre el potencial productivo del bosque, por especie y por tamaño del individuo; entonces, estos parámetros se suelen determinar con base en datos del inventario general, o de PPM en bosques similares. En este proceso se toman en cuenta aspectos ecológicos, técnicos, sociales y económicos.

## EL DIÁMETRO MÍNIMO DE CORTA (DMC)

Es importante que el técnico que elabora el plan de manejo entienda cómo justificar la determinación del DMC según los datos del inventario y datos aceptables sobre la dinámica del bosque o bosques similares en la región. Si bien las normas legales de los países de Centroamérica tienen diámetros de corta predefinidos, estas mismas normas dejan abierta la posibilidad de proponer DMC diferentes, previa justificación técnica. En este acápite se muestra un método sencillo para definir el DMC y se mencionan otras consideraciones a tomar en cuenta en la determinación del DMC.



## DISTRIBUCIÓN DIAMÉTRICA

El método más sencillo para definir el DMC es mediante un análisis de la distribución diamétrica de la especie de interés. No tiene sentido fijar un DMC de, por ejemplo, 60 cm si la distribución diamétrica muestra que muy pocos individuos alcanzan este diámetro.

Otras consideraciones que se debe tomar en cuenta en la decisión sobre el DMC son:

- El DMC tiene que ser inferior al diámetro de la mayoría de los individuos que se encuentran podridos. Estos aspectos se pueden conocer mediante el control de registros durante el aprovechamiento por especie y diámetro.
- Entre menor sea el DMC, mayor será el porcentaje de desperdicios del aserrío, especialmente con equipo rústico; esto dificulta el aprovechamiento de diámetros menores de 40 cm.
- Los costos por m<sup>3</sup> de madera extraída aumentan con diámetros menores.

## BALANCE ENTRE USO Y CONSERVACIÓN

Los efectos negativos del aprovechamiento en la capacidad del bosque para producir y reproducir han llevado a reconocer la importancia de buscar un balance entre el uso y la conservación del bosque. La determinación del DMC puede jugar un papel en la búsqueda de este balance, si se toman en cuenta consideraciones ecológicas, relacionadas con el potencial de crecimiento de las especies en el bosque y la conservación de un alto nivel de capacidad reproductiva.

Las siguientes son algunas de las consideraciones que se debe tomar en cuenta en la determinación del DMC para lograr un balance entre uso y conservación:

- El DMC debe permitir un equilibrio entre el área basal aprovechada y el potencial del bosque para recuperar esa pérdida dentro del ciclo de corta prevista.
- El DMC preferiblemente debe ser mayor al rango de dap en el que la especie tiene su máxima producción de semillas. Esto es aún más importante para la caoba ya que es una heliófita durable, debido a que no hay un "banco" de brinzales típico de las esciófitas y la permanencia de la especie depende directamente de la disponibilidad de semillas al momento de la creación de claros.

El dap óptimo financiero para cortar el árbol, es cuando el valor del aumento en madera del siguiente año equivale a un porcentaje predeterminado del valor total del árbol en este año. Esto se llama determinar la "madurez financiera" del árbol. Este

método nos ayuda a determinar con mayor exactitud dónde está el dap óptimo en el tramo entre el dap con el crecimiento medio anual máximo y a partir del cual el árbol ya no crece.

Generalmente, el dap óptimo para cortar el árbol según el método de madurez financiera se encuentra entre el dap que me dé el crecimiento medio anual máximo y el dap a partir del cual el árbol ya no crece. Bajo ninguna circunstancia (desde el punto de vista financiero) debe cortarse el árbol antes de llegar a este dap.

Entonces, para estimar el DMC debemos usar los datos de incrementos de PPM, calculando el incremento volumétrico medio anual y su relación con el dap, y determinar el momento en que esta relación llega a su punto máximo.

## CONSIDERACIONES NETAMENTE SILVICULTURALES

Para complicar el tema aún más, determinar el DMC desde el punto de vista silvicultural implica que sólo se cortarían árboles ecológica y financieramente maduros. Sin embargo, para asegurar que se mantenga un bosque vital y de máximo crecimiento, puede ser necesario eliminar árboles más jóvenes que compiten con sus vecinos, a veces de las mismas especies. También es atractivo mantener la distribución relativa de los individuos por clase diamétrica para conservar la diversidad de hábitats en el bosque y asegurar una producción frecuente de árboles maduros. En ambos casos, se podría decidir cortar árboles sin tomar en cuenta un DMC. La decisión de cortar un árbol dependería de su vitalidad en el momento de la cosecha y del grado de competencia que ejerce sobre vecinos de especies comerciales y de buena vitalidad.

Entonces, ¿qué tengo que hacer para determinar el mejor DMC? Como se ve, hay que tomar en cuenta varios aspectos en la decisión sobre cuál debe ser el DMC. En el caso idóneo, se tomarían en cuenta todos, y se aplicaría un DMC que me da el mejor balance entre uso y conservación.

En general, el DMC depende de los tamaños máximos encontrados en el bosque, de la distribución diamétrica de los individuos por grupos de especies, del ciclo de corta y del crecimiento estimado para estas especies.

## Regulaciones en Guatemala

Basado en Manzanero (2005a) y Manzanero (2005b)

## ALGUNAS CONSIDERACIONES EN LA DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO MÍNIMO DE CORTA (DMC)

Según la ley forestal decreto (101-96), no existe una norma que establezca los DMC, siendo el forestal responsable de la realización del plan de manejo, quien determinará

el DMC. Actualmente los diámetros mínimos de corta en la RBM oscilan entre 55 a 60 cm para la especie de caoba. Los diámetros mínimos de corta pueden ser objeto de modificación, si se justifica a través de la distribución diamétrica, el número de individuos. La duración del ciclo de corta se determinará en función de las tasas de crecimiento de las especies a manejar, la abundancia de dichas especies y los factores socioeconómicos del propietario. En cualquier caso, el ciclo de corta no debe ser menor de 20 años.

Lamprecht (1990, citado por Manzanero 2005a), menciona que este sistema del diámetro mínimo de corta, es posible garantizar una producción maderera cuando:

- Existe suficiente número de árboles gruesos para un aprovechamiento rentable.
- El DMC ha sido fijado en un grosor suficientemente alto.
- La especie explotada presenta una distribución diamétrica regular.

Louman (1998, citado por Manzanero 2005a), indica que el DMC tiene importancia para la regulación y para mantener la sostenibilidad del recurso forestal, la determinación depende de varios factores:

1. Valor de la madera.
2. Tasa de crecimiento de la especie.
3. Distribución diamétrica de la especie.
4. Reproductividad de la especie.
5. Posibilidades de venta de madera en tamaños menores o de la tecnología disponible para el procesamiento de la madera.

Louman (1998, citado por Manzanero 2005a ), menciona que los ciclos cortos tienen la ventaja de mantener el bosque remanente más vigoroso, la cantidad de árboles a extraer es menor, siempre y cuando el daño hecho durante el aprovechamiento es mínimo, y los caminos de arrastre sean mantenidos de manera que puedan usarlos de nuevo en el próximo ciclo. Otra ventaja es el aspecto económico, generalmente es mejor recibir ingresos lo más temprano posible, para reducir el tiempo sobre el cual se paga los costos de uso de capital. Una desventaja es que hay más intervenciones por rotación, aumentando la posibilidad de dañar la masa remanente. Los métodos de aprovechamiento de impactos reducidos adquieren importancia cuando el ciclo de corta va reduciéndose.

Según Pinelo da con un alto grado de certeza, que el manejo forestal en las concesiones forestales de la Zona de Uso Múltiple (ZUM/RBM), bajo los lineamientos fijados y monitoreados por el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (Conap), garantizan niveles de extracción bosques no perjudiciales a largo plazo y estos son DMC (55 o 60 cm) y de IC basada en crecimiento, 4 mm/año.

## Bases del CONAP para el manejo de la caoba

### Manual para administración en áreas protegidas

(CAP) en bosques latifoliados, se estimará en función del volumen por clase diamétrica del inventario, el Ciclo de Corta, el Diámetro Mínimo de Corta la Intensidad de Corta y una aproximación de las tasas de crecimiento y mortalidad.

La determinación del Diámetro Mínimo de Corta (DMC) en bosques latifoliados deberá garantizar la regeneración de la especie, la madurez óptima en el desarrollo del árbol y un estado fitosanitario favorable, su determinación deberá considerar los siguientes lineamientos:

- a) tomar como base la abundancia, el tipo de bosque y la distribución diamétrica por especie reportada en el inventario forestal, y
- b) debe considerarse la integridad ecológica, la consulta de estudios de crecimientos, estudios fenológicos y las exigencias del mercado.

El cálculo de la intensidad de corta para especies latifoliadas deberá realizarse con base en los siguientes lineamientos:

- a) La distribución diamétrica del área basal (actual y futura) por especie y por estrato, tomando como referencia el diámetro mínimo de corta, el ciclo de corta, el incremento medio anual y la mortalidad; la intensidad de corta máxima en términos de área basal, no podrá ser mayor al 80 por ciento del área basal disponible por encima del diámetro mínimo de corta;
- b) Para las especies que poseen poblaciones significativas de árboles sobremaduros (mayores a 90 cm. de Diámetro a la Altura del Pecho –DAP-), se admite aprovechar hasta un 65 por ciento del área basal disponible; para los casos en que la proporción del área basal recuperable para un segundo ciclo de corta es baja, se podrá aprovechar hasta un 20 por ciento de área basal no recuperable, toda vez no se supere el umbral máximo permitido (80 por ciento), asegurando por otros mecanismos la sostenibilidad y recuperación del bosque a través de su enriquecimiento;
- c) Para efectos de determinar la intensidad de corta, los valores de referencia sobre el incremento diamétrico y mortalidad de árboles deben provenir de estudios de parcelas

de investigación locales debidamente reconocidos por el CONAP, o en su defecto, de otras investigaciones válidas para la región, y

d) La proporción de área basal recuperable debe ser determinada conforme las fórmulas generadas por CONAP, como se define en la curva de distribución diamétrica del bosque bajo manejo.

Para la selección de la tecnología a implementar en el manejo forestal sostenible, se deberán considerar los siguientes lineamientos:

a) Todo plan de manejo forestal deberá especificar y justificar el tipo de tecnología a utilizar en las operaciones forestales;

b) Seleccionar la tecnología apropiada a la escala de las operaciones forestales; evitar el derramamiento de combustibles, aceites u otras sustancias contaminantes;

c) Seleccionar tecnología que genere el mínimo impacto ambiental, y

d) Realizar el debido mantenimiento a cualquier herramienta o equipo utilizado.

Todo Plan de Manejo Forestal y/o Plan Operativo Anual, deberá contener información de carácter económico y/o financiero, así como proyecciones de mercado. El objetivo es que dicha información se constituya en una herramienta de apoyo en la toma de decisiones para el propietario o poseedor de la unidad de manejo. Todo Plan de Manejo Forestal deberá describir las actividades de aprovechamiento, silvicultura y protección forestal según los formatos aprobados por el CONAP.

Para la aplicación de los tratamientos silviculturales en bosques latifoliados se deberá considerar lo siguiente:

a) Los tratamientos básicos como enriquecimientos de áreas disturbadas, liberación de lianas en árboles de futura cosecha los cuales deben prescribirse en el Plan Operativo Anual, y

b) Los tratamientos de liberación de copas basados en un muestreo diagnóstico.

Basado en Stanley (1997) En un estudio realizado en la RBM en Petén, sobre las etapas ecológicas de sucesión en guamiles (bosque joven), se calculó un IMA para caoba y cedro de 1,0 cm/año y 1,1 cm/año respectivamente, sobre un promedio de 21 años de crecimiento diamétrico inicial dado por Gretzinger (1994, citado por Stanley 1997)

Tomando en cuenta lo anterior, para caoba y cedro se considera que un IMA de 0,6 cm puede ser conservador, especialmente si se mantienen los individuos libres de competición, tanto de competidores arbóreos como lianas.

Dado que la caoba es capaz de vivir por siglos, sus tasas de mortalidad deben ser menores que el promedio, el cual fue comprobado en el estudio de Gullison (1995, citado por Stanley 1997) en Bolivia. Dicho estudio mostró una tasa anual de mortalidad para caoba en sitios bien drenados de 1,5%, y en sitios susceptibles a inundaciones, la mortalidad fue más alta, llegando al 5,3%. No obstante, para las demás especies monitoreadas en los sitios inundables había un rango de mortalidad anual de 24 a 80%.

En Petén se considera, como una cifra mínima, que el 15% del número total de árboles aprovechables (dap 60 cm) de caoba deben ser árboles semilleros. Este porcentaje se basa en que aproximadamente 10% de esta especie de tamaño comercial son defectuosos, sin un volumen comercial, según Stanley(1994, citado por Stanley 1997). Por lo tanto, es aconsejable dejar, por lo menos, un 5% adicional para tener fuentes de materia genética aceptable.

Dado los resultados de abundancia por clase diamétrica del inventario, el ciclo de corta y una aproximación de las tasas de incremento y mortalidad, se puede estimar la corta permisible y comprobar si el ciclo de corta es suficientemente largo para proporcionar cosechas económicas en el futuro. Alder (1992, citado por Stanley 1997) describió un método sencillo para aproximar la corta máxima permisible que toma en cuenta dichas cifras y permite pronosticar el efecto, a largo plazo, que tiene la corta permisible y la factibilidad del ciclo de corta. El método fue modificado en Petén para incluir un mínimo porcentaje de semilleros . Si hay diferencias marcadas en los precios del mercado maderero, como en Petén, se debe aplicar el método aparte para los grupos comerciales

El siguiente cuadro es la Estimación de la corta permisible para caoba para cuatro ciclos de corta, aplicando el requisito de dejar 15% como árboles semilleros (reservados) para los dos primeros ciclos de corta. Datos del inventario Arroyo Colorado, Petén, Guatemala.

Clase diamétrica en el presente	15-29	30-44	55-60	60+
Años para alcanzar el DMC	+75	+50	+25	Presente
No. del ciclo de corta	años	años	años	1°
	4°	3°	2°	
Abundancia N/ha	0,72	0,4	0,4	1,3
Sobrevivencia %*	39	53	73	100
Abundancia al tiempo de aprove. N/ha	0,281	0,212	0,292	1,3
No. de sobrevivientes del ciclo anterior N/ha	0,003	0,036	0,146	NA
Corta máximo permisible N/ha	0,28	0,24	0,37	1,1
Arboles reservados (semilleros) N/ha	0,004	0,008	0,068	0,200
% aprovechado del total disponible	98,6	96,8	84,5	84,6

\* Sobrevivencia se estimó a un tiempo determinado en el futuro empleando la siguiente fórmula:

$$S = (1 - m)^n \cdot 100$$

donde:  
m = mortalidad anual (0,0125)  
n = número de años para llegar al ciclo de corta  
s = Sobrevivencia en porcentaje

Para calcular el número de sobrevivientes del ciclo anterior se multiplica el porcentaje de sobrevivencia de la clase de interés, por el número de árboles reservados de la clase directamente mayor (por ejemplo, los 0,2 árboles/ha dejados como semilleros en la clase 60 + con una tasa de mortalidad igual a 1,25% tendrá una sobrevivencia de 0,146 individuos/ha después de 25 años).

En el cuadro se aplica la regla de dejar un 15% como semilleros para dos ciclos de corta. Se considera que después de 50 años de haber diseminado sus semillas, no habría necesidad de seguir con esta regla. El cuarto ciclo muestra la corta permisible maximizada, la cual ocurre cuando el porcentaje de árboles aprovechables del total disponible se acerca a 100%.

Desde el primer ciclo de corta al segundo, la corta permisible disminuye en 66%. Mientras que esto es una reducción significativa, el rendimiento todavía debe ser rentable. Hay una disminución entre el segundo y tercer ciclo de corta, también, desde un árbol aprovechable en cada tres hectáreas hasta un individuo en cada cuatro hectáreas. En cuanto a la sostenibilidad a nivel de especie, se debe examinar el número de semilleros/ha entre ciclos de corta. El Cuadro implica que hay una reducción marcada entre los ciclos, lo que indica que se debe fomentar la regeneración de las dos especies valiosas durante el primer ciclo de corta, cuando todavía hay bastantes fuentes de semilla. Si no se realizan tratamientos para fomentar la regeneración, sería aconsejable aumentar el número de semilleros por hectárea hasta que se dejen aproximadamente 0,33 individuos/ha, número recomendado por Snook (1993, citado por Stanley 1997).

Basado en Grogan et al. (2015) El análisis de Grogan se basa en el inventario y registro de datos disponibles, así como una amplia recopilación de datos sobre el terreno en once concesiones. La recuperación de las poblaciones de especies durante los ciclos de corte después de la cosecha se evaluó mediante un modelo variable de enfoques desarrollados con los conocimientos científicos más hasta la fecha.

El hallazgo principal de este estudio es que la extracción de madera en el MBR es sostenible, y de hecho representa el estado de la técnica de las mejores prácticas a nivel mundial para la gestión a nivel de especies en los bosques tropicales. En los niveles actuales de la cosecha, se espera que las poblaciones de especies maderables de importancia comercial para recuperar densidades comerciales iniciales y los volúmenes durante el corte ciclos entre cosechas sucesivas, en promedio. Tal hallazgo, respaldado por rigor científico, datos empíricos, establece el MBR, aparte de la mayoría de otras operaciones comerciales forestales en los trópicos.

Esta conclusión se da particularmente notable que la mayoría de la zona de concesión se encuentra bajo la gestión de las comunidades cuyas capacidades para implementar la silvicultura sostenible han sido y continúan siendo cuestionado, tanto en Guatemala como en los trópicos.

## CICLO DE CORTE

Permitir que la población de los tiempos de recuperación más largos entre las cosechas conduzca a tasas de producción y la densidad de madera comercial más altas sobre un número equivalente de ciclos de corte. Para la caoba, ciclos de corta de 40 años produjeron mayores tasas de recuperación de densidad comercial a lo largo de tres ciclos de corte de ciclos de corte de 30 o 25 años.

Este modelo se basa en estudios de campo en gran escala a lo largo de 20 años, que incluyen todas las fases del historial de la caoba, incluyendo mortalidad por clase diamétrica, incremento diamétrico y producción de fruto. El modelo simula la cosecha y el crecimiento de las poblaciones de los POAF a través de tres ciclos de corta y cuatro cosechas; además, ofrece el valor medio para cien simulaciones de la densidad comercial y recuperación del volumen. El análisis de los datos de monitoreo a largo plazo disponibles para las concesiones en la ZUM indican que la aplicación de este modelo es válida en Petén.

Si bien las simulaciones modeladas para las poblaciones de *Swietenia* en las concesiones de la ZUM demostraron una variedad de resultados de futura cosecha, en la mayoría de los POAF las prácticas actuales de manejo forestal parecieran sostenibles



para múltiples cosechas. Es decir que, según los parámetros de manejo forestal usados en los POAF del 2005 y 2006 y proyectados para las futuras cosechas, las simulaciones modeladas indican que las poblaciones de caoba recuperarán su densidad y volumen comercial inicial durante los ciclos de corta entre cosechas sucesivas.

Estos resultados se derivan de dos fuentes principales: la densidad y la estructura de poblaciones extremadamente favorables en el paisaje, y un método para calcular la intensidad de corta a partir de la realidad biológica y no de exigencias financieras de corto plazo. El método de CONAP define la intensidad de corta permisible según el crecimiento esperado y el reclutamiento en las poblaciones inventariadas de árboles de futura cosecha. Este método es intuitivamente obvio y excepcionalmente raro en el manejo de los bosques tropicales del mundo.

En la evaluación se encontraron mayores densidades promedio de brinzales y latizales de *Swietenia* en los POAF del 2005 y 2006, en comparación con los POAF 2015. Esto sugiere que la corta aparentemente mejora la capacidad de regeneración de la caoba. Si los concesionarios decidieran invertir en prácticas silviculturales, se podrían acelerar las tasas de crecimiento mediante tratamientos a esas densidades de brinzales y latizales para mejorar las futuras cosechas.

Para concluir el trabajo de Grogan:

- Según los resultados obtenidos, podemos concluir que las prácticas de manejo forestal usadas en la zona de uso múltiple de la Reserva de la Biosfera Maya están entre las mejores prácticas que se emplean a nivel de especies en los bosques tropicales. La determinación e implementación de la intensidad de corta a partir de la biología de la especie significa un genuino avance hacia la producción sostenible de madera y merece ser reconocida y replicada en otras regiones
- Con un alto grado de certeza, las poblaciones de *Swietenia* podrán recuperar la densidad comercial precosecha durante el primer ciclo de corta y entre cosechas. Este resultado es aparentemente sostenible a lo largo de cosechas repetidas, si se siguen usando las prácticas de manejo forestal que actualmente se emplean.
- La recuperación del volumen comercial de *Swietenia* será menor que la recuperación de la densidad durante el primer ciclo de corta, por lo que, en promedio, las segundas cosechas serán más pequeñas. El volumen de madera

producido podría ser igual o mayor que el nivel de cosecha inicial en la tercera y cuarta cosechas, si se mantienen los actuales parámetros de manejo.

- Poner énfasis en las prácticas silviculturales que ayuden a reducir la mortalidad y aumentar las tasas de crecimiento de árboles comerciales, de futura cosecha y juveniles. Por ejemplo, la corta de lianas antes y después del aprovechamiento para liberar la copa de árboles de especies comerciales es la forma más efectiva de reducir la mortalidad y acelerar el crecimiento diamétrico a largo plazo.

Basado en CATIE (2016) ¿Qué criterios científicos aplicaron el profesor Grogan y sus colegas para evaluar el estado de conservación de las cinco especies maderables más importantes de la RBM? Se basaron en las normas de CITES, con el fin de demostrar si el aprovechamiento de árboles maderables no perjudica a las poblaciones forestales.

## CONOCIMIENTO PARA EL MANEJO DE REGENERACIÓN DE CAOBA

### Regeneración de caoba a partir de siembra directa en aperturas creadas en un bosque natural en México

Basado en Negreros et al. (2005)

Mantener o restaurar los niveles de producción de caoba en los bosques de América Latina requiere de métodos efectivos de regeneración. Este estudio evalúa el efecto de tres tratamientos de apertura de dosel en la germinación, establecimiento, supervivencia y crecimiento inicial de caoba. Los tratamientos fueron: tumba mecánica (TM), roza-tumbaquemada (TQ) y tumba y deja (TD), que se usaron para crear en la selva 24 aperturas de 0,5 ha (100 m x 50 m) y dos métodos de siembra de semilla (superficial y enterrada).

El porcentaje de plantas establecidas a los 10 meses que sobrevivieron hasta los 49 meses varió significativamente entre tratamientos: TM = 54%, TQ = 53%, TD = 16% y testigo = 26%. A los 49 meses, la proporción de semilla enterrada que produjo planta por tratamiento fue de TM = 12%, TQ = 11%, TD = 3% y testigo = 6%, mientras que la proporción de semilla superficial que produjo planta fue de: TM = 3%, TQ = 6%, TD = 1% y testigos = 2%. La altura promedio de plántulas a los 49 meses (66 cm) no varió significativamente entre tratamientos, pero en los testigos el promedio de altura fue mucho menor (27 cm). Aunque los tratamientos TQ y TM generaron resultados similares, TQ sería preferible porque se ha usado en la región por cientos de años, por lo que no debería ser difícil incorporar el sistema al manejo forestal.

## Supervivencia y crecimiento de plántulas de caoba en aperturas creadas en la Selva Maya de Belice y México

Basado en Snook et al. (2005)

Con el fin de evaluar los tratamientos silviculturales que favorecen la regeneración de la caoba en la Selva Maya se establecieron dos experimentos: uno en Belice y otro en México. En Belice se evaluó la supervivencia y el crecimiento de plántulas de caoba en aperturas de cuatro tamaños (500 m<sup>2</sup>, 1000 m<sup>2</sup>, 2500 m<sup>2</sup> y 5000 m<sup>2</sup>) creadas mediante tumba con motosierra y extracción con arrastrador forestal.

En la mitad de las parcelas de cada tamaño, se limpiaron las plántulas de caoba una vez a los 18 meses; para ello se cortó con machete toda la vegetación que se había establecido naturalmente. El experimento en México evaluó la supervivencia y crecimiento de plántulas de caoba en aperturas de 5000 m<sup>2</sup> creadas mediante tres diferentes técnicas: roza del sotobosque y tumba del arbolado, roza-tumba y quema del arbolado tumbado, y desarraigo y eliminación de los árboles con maquinaria. Se plantaron dos cohortes de plántulas, uno a los tres meses y otro un año después. En la mitad de las parcelas abiertas con cada técnica se hicieron dos limpiezas alrededor de las plántulas de caoba. En los dos estudios, se plantaron plántulas de caoba en parcelas bajo dosel como testigos. En Belice, a los cinco años, 47% de las plántulas de caoba sobrevivían en todas las aperturas.

En México, un promedio de 50% de las plántulas sobrevivían en las aperturas creadas por quema o maquinaria, pero solamente 24% sobrevivieron en las parcelas tumbadas. En los dos experimentos, solamente 5% de las plántulas sobrevivieron en los testigos. El crecimiento de las plántulas de caoba aumentó con el tamaño de las aperturas, pero las diferencias en crecimiento entre las parcelas de diferentes tamaños no fueron estadísticamente significativas. En México, el crecimiento fue mayor en las parcelas quemadas y abiertas con maquinaria; allí, las plantas más altas alcanzaron 600 cm a los cinco años. La limpieza no aumentó de forma significativa el crecimiento en ninguno de los dos experimentos. Las plántulas plantadas a los tres meses de creada la apertura crecieron dos veces más rápido que las plantadas un año más tarde. La limpieza aumentó de forma significativa el nivel de ataque del barrenador de yemas (*Hypsipyla grandella*): 44% en comparación con 12% de las plántulas no limpiadas.

*Regeneración y silvicultura de la caoba en la Selva Maya mexicana, Ejido de Noh Bec*  
Basado en Argüelles et al. (2005)

CITES exige que los productores de caoba que quieren exportar deben desarrollar y aplicar prácticas silviculturales que aseguren la sostenibilidad. En el sur de Quintana Roo, México, se han probado varias técnicas, incluyendo la plantación de plántulas de caoba en carriles de arrime, claros producidos por la tumba y en patios de acopio (bacadillas).

Quince años después, en el ejido de Noh Bec, se encontró que la caoba no había sobrevivido en los carriles ni en los claros; sin embargo, en bacadillas sobrevivían con una densidad promedio de 58 árboles/ha y habían crecido un promedio de 0,83 cm/año de diámetro. Para mejorar su forma y crecimiento, se ha aplicado corta de lianas, podas y aclareos. En 2001, se iniciaron ensayos para crear claros de >1000 m<sup>2</sup> al tumbar grupos de árboles. En los claros se plantan plántulas de caoba con un espaciamiento de 3 x 3 m. Se espera una tasa de supervivencia de 5%, para tener 10 árboles de caoba por claro. El ejido Noh Bec es líder en el diseño de técnicas para asegurar la producción sostenible de la caoba, en parte porque su producción anual de 1545 m<sup>3</sup> de caoba les rinde el 50% del ingreso líquido al ejido, que gana un millón de dólares por año con la producción de madera.

#### CONDICIONES QUE PERMITIERON ABORDAR EL PROBLEMA DE LA REGENERACIÓN DE LA CAOBA

¿Cuáles fueron las condiciones que le permitieron a Noh Bec probar un rango de tratamientos silvícolas para regenerar la caoba? Entre los elementos que influyeron están los siguientes:

- Se desarrolló la capacidad técnica ejidal para mejorar el manejo forestal. Se creó la oficina de manejo forestal como una institución ejidal encargada de asegurar el buen uso del bosque; por tanto, en el interior del ejido existe un grupo técnico (formado por cuatro técnicos prácticos y un profesional forestal) interesado en la regeneración de la caoba.
- El PMF prevé la remoción del arbolado sin restricción de diámetros cuando se trata de tratamientos silvícolas. La operación forestal se planifica y, como parte de ella, se ubican en un mapa los árboles que serán cosechados, lo cual facilita planificar los claros y localizarlos en el campo antes y después de la cosecha.
- Se comercializan diez especies del estrato emergente y más de diez especies del estrato intermedio. Las primeras se destinan al aserrío y las segundas al mercado de madera rolliza para las construcciones rústicas de la zona turística.

El interés por mantener la autorización de su PMF y el ingreso económico derivado del aprovechamiento forestal ha permitido, en primer lugar, que la Asamblea General Ejidal destine presupuesto para la silvicultura y, en segundo lugar, que los chicleros toleren la cosecha de los árboles de chicozapote que quedan en medio de los claros.

## Crecimiento y productividad de plantaciones

### Metodología de seguimiento y evaluación de crecimiento en Guatemala

Para apoyar la planificación y ejecución del manejo silvicultural por parte de los usuarios del Programa de Incentivos forestales (PINFOR) y/o propietarios de los proyectos de reforestación, el Instituto Nacional de Bosques decidió evaluar el crecimiento en plantaciones forestales de la caoba.

En la implementación de su programa de monitoreo, el departamento de Investigación forestal, apoyado por personal de las sub-regiones del INAB, instaló paulatinamente un total de 72 PPM en plantaciones de caoba, distribuidas en todas las regiones de siembra de la especie (ver mapa con la ubicación de las PPM en el acápite “Distribución potencial de la especie en Guatemala”). Actualmente, el crecimiento de la caoba está (o ha sido) monitoreado en 20 municipios ubicados en 7 departamentos del país.

El cuadro siguiente da mayores detalles acerca de estas 72 PPM.

Número de parcelas permanentes de medición (PPM) e individuos controlados por el INAB en plantaciones de *Swietenia macrophylla* king,

El cuadro siguiente da mayores detalles acerca de estas 72PPM.

Número de parcelas permanentes de medición (PPM) e individuos controlados por el INAB en plantaciones de *Swietenia macrophylla* King, a) por edad de las plantaciones y número de mediciones

<b>Edad de las plantaciones número de mediciones grado de mezcla</b>	<b>Número de parcelas</b>	<b>Número de individuos inicial</b>	<b>Número de individuos a dic 2015</b>
<b>Edad de 0-5.0 años una sola medición</b>	9	705	705
	9	705	705

$G_{mezcla} < 50\%$	1	33	33
$G_{mezcla} \geq 85\%$	8	672	672
<b>Edad de 5.1-10.0 años</b>	<b>22</b>	<b>667</b>	<b>664</b>
<b>una sola medición</b>	<b>18</b>	<b>542</b>	<b>542</b>
$G_{mezcla} < 50\%$	14	255	255
$50\% \leq G_{mezcla} < 85\%$	1	62	62
$G_{mezcla} \geq 85\%$	3	225	225
<b>2-5 mediciones</b>	<b>1</b>	<b>105</b>	<b>105</b>
$G_{mezcla} \geq 85\%$	1	105	105
<b>6 mediciones y más</b>	<b>3</b>	<b>20</b>	<b>17</b>
$G_{mezcla} < 50\%$	3	20	17
<b>una sola medición</b>	<b>12</b>	<b>505</b>	<b>505</b>
$G_{mezcla} < 50\%$	7	226	226
$G_{mezcla} \geq 85\%$	5	279	279
<b>2-5 mediciones</b>	<b>5</b>	<b>39</b>	<b>30</b>
$G_{mezcla} < 50\%$	5	39	30
<b>6 mediciones y más</b>	<b>11</b>	<b>202</b>	<b>151</b>
$G_{mezcla} < 50\%$	7	51	39
$G_{mezcla} \geq 85\%$	4	151	112
<b>Edad de 15.1 y más años</b>	<b>13</b>	<b>638</b>	<b>603</b>
<b>una sola medición</b>	<b>9</b>	<b>467</b>	<b>467</b>
$50\% \leq G_{mezcla} < 85\%$	6	281	281
$G_{mezcla} \geq 85\%$	4	186	186
<b>2-5 mediciones</b>	<b>2</b>	<b>61</b>	<b>53</b>
$50\% \leq G_{mezcla} < 85\%$	2	61	53
<b>6 mediciones y más</b>	<b>2</b>	<b>110</b>	<b>83</b>
$G_{mezcla} \geq 85\%$	4	110	83
<b>Total general</b>	<b>72</b>	<b>2756</b>	<b>2658</b>

<b>Edad de las plantaciones número de mediciones</b>	<b>Número de parcelas</b>	<b>Número de individuos inicial</b>	<b>Número de individuos a dic 2015</b>
<b>Edad de 0-5.0 años</b>	<b>9</b>	<b>705</b>	<b>705</b>
<b>una sola medición</b>	<b>9</b>	<b>705</b>	<b>705</b>
<b>Edad de 5.1-10.0 años</b>	<b>22</b>	<b>667</b>	<b>664</b>
<b>una sola medición</b>	<b>18</b>	<b>542</b>	<b>542</b>
<b>2-5 mediciones</b>	<b>1</b>	<b>105</b>	<b>105</b>
<b>6 mediciones y más</b>	<b>3</b>	<b>20</b>	<b>17</b>

Edad de 10.1-15.0 años	28	746	686
<b>una sola medición</b>	12	505	505
<b>2-5 mediciones</b>	5	39	30
<b>6 mediciones y más</b>	11	202	151
Edad de 15.1 y más años	13	638	603
<b>una sola medición</b>	9	467	467
<b>2-5 mediciones</b>	2	61	53
<b>6 mediciones y más</b>	2	110	83
<b>Total general</b>	<b>72</b>	<b>2756</b>	<b>2658</b>

<b>Grado de mezcla inicial del caoba</b>	<b>Número de parcelas</b>	<b>Especies asociadas [con N&gt;5 en la parcela] (número de parcelas de ocurrencia)</b>
$G_{mezcla} < 50\%$	37	CEDROD (6); VOCHGU (5); CALOBR (21); TECTGR (2); ASTRGR 2(); COJOAR (1); CORDAL (1); CORDDO (2); PITHAR (7); PITHLU (1); PSEUEL (4); TABEDO (5); TABERO (6); TERMAM (4); VATALU (4); VIROKO (1)
$50 \leq G_{mezcla} < 85\%$	9	CEDROD (1); CORDDO (3); TABERO (5)
$G_{mezcla} \geq 85\%$	26	
<b>Total</b>	<b>72</b>	

De las 72 PPM que reciben monitoreo actualmente, 43 son de instalación reciente y cuentan solamente con la medición de instalación de la parcela.

## Crecimiento e incrementos

El análisis de la base de datos dasométrica (PPM de caoba en plantaciones forestales puras) condujo a diferenciar 5 categorías de productividad, llamadas categorías de sitio, con base en la altura alcanzada por el rodal y su edad:

Categorías de sitio para *Swietenia macrophylla* King en Guatemala

<b>Categoría de Índice de Sitio (m)</b>	<b>Rangos de índice de sitio/categoría</b>
<b>Pésimo (6)</b>	<8.4
<b>Malo (11)</b>	8.5-12.9
<b>Medio (15)</b>	13-16.4

<b>Bueno (18)</b>	16.5-19.4
<b>Excelente (21)</b>	>19.5

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2016

\*índice de sitio determinado a una edad base de 20 años

Los municipios que albergan PPM muestran las siguientes aptitudes para el crecimiento de la caoba:

Aptitud para el crecimiento de *Swietenia macrophylla* King de municipios con PPM de la especie en Guatemala

Departamento	Municipio	Finca	Índice de sitio [m]	Categoría de IS
AV	Tucurú	Guaxpom	5.4	Pesimo
	Fray Bartolomé De Las Casas	Rancho Noe	8.5	Pesimo
	Cobán	Choctun	8.2	Pésimo
	Chahal	Sacuitz	15.46	Medio
Chiquimula	Concepción Las Minas	Finca San Jose Las Minas	8.3	Pésimo
Guatemala	Chinautla	Hidroeléctrica Rio Las Vacas	6.02	Pésimo
IZ	Livingstón	Hacienda Rio Dulce	19.8	Excelente
	Livingstón	Las Tablitas	15.2	Medio
	Los Amates	La Estrella	19.5	Excelente
Pet	San Francisco	Finca El Ramonal III	11.5	Malo
	San Ana	Chultunes	11	Malo
	San Francisco	Pilones De Antigua	15.3	Medio
	San Luis	Predinsa	20.1	Excelente
	Tucurú	Guaxpom	5.4	Pesimo
	Flores	Finca Virginia	7.4	Pésimo
	San José	Pantaleón Latín	7.4	Pésimo
Flores	Finca Virginia	11.21	Malo	
Quiché	Playa Grande - Ixcán	Monte Alegre	16.23	Medio
Retalhuleu	Retalhuleu	Hacienda El Establo La Cuchilla	11.5	Malo

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2016



\*Índice de sitio determinado a una edad base de 20 años

A muy grandes rasgos, los municipios que presentan las mejores condiciones de sitio para el crecimiento de caoba se ubican en los municipios Livingston, Los Amates y San Luis. En los Amates la finca La Estrella presenta una categoría excelente se tiene información que la semilla es procedente de Escancifor, se realizó una limpieza manual por 7 años. Se preparó el suelo ahoyado 12 pulgadas se incorporó materia orgánica. Se utilizó perfekthion que es un insecticida se aplicaba de forma sistemática desde el vivero. No se fertilizó. Anteriormente el lugar era un potrero.

Por otro lado, la categoría correspondiente Tukurú, Fray Bartolomé De Las Casas, Cobán, Concepción Las Minas, Chinautla, Tukurú, Flores y San José , corresponde a Pésimo condiciones son adversas para la especie por ubicarse lejos del rango natural de distribución para esta especie. Se tiene información extra únicamente de la Finca San José Las Minas que indica que en el segundo año brote de *Hypsipyla*, se aplicó insecticida Thiodan y Bayfolan cada 15 días por un año; así mismo se aplicó abono en media luna hasta los 3 años. Se hizo el vivero en la finca y la semilla era procedente de la costa sur.

A cada categoría de sitio corresponden valores de crecimiento, que constituyen estimadores prácticos de la producción de un rodal en el tiempo. El cuadro siguiente presenta los incrementos medios anuales (IMA) de las variables dasométricas estándares para *Swietenia macrophylla* King en las 5 categorías de sitio definidas.

Uno de las iniciativas del Departamento de Investigación Forestal es ampliar la muestra de PPMF en plantaciones de esta especie, tanto puras como en mixtas, para proporcionar mejor información sobre los mejores sitios para establecer esta especie y obtener los mejores resultados de crecimiento, considerando que para esta especie es determinante obtener la mayor altura en el menor tiempo para reducir los problemas con plagas.

En cada escenario de productividad o categoría de Índice de Sitio corresponden promedios de crecimiento o bien Incrementos medios anuales (IMA) distintos; mismos que son presentados a continuación en el cuadro 68 que muestra los IMA's para las variables dasométricas modeladas para *S. macrophylla* en las 5 categorías de Índice de Sitio. Este constituye un estimador muy práctico de la producción de un rodal en el tiempo.

Incremento medio anual (IMA) de variables de crecimiento para *Swietenia macrophylla* King en Guatemala, según categorías de sitio

Categoría de Índice de Sitio	IMA-DAP (cm)	IMA altura dominante (m)	IMA Área Basal (m <sup>2</sup> /ha)	IMA volumen total (m <sup>3</sup> /ha)
<b>Pésimo</b>	0.65	0.40	0.14	0.55
<b>Malo</b>	0.81	0.70	0.24	1.26
<b>Medio</b>	1.11	1.00	0.42	2.87
<b>Bueno</b>	1.30	1.21	0.61	5.12
<b>Excelente</b>	1.58	1.42	0.89	9.11

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2016

\* estimaciones del IMA para el IS medio de cada categoría de 6, 11, 15, 18 y 21 m respectivamente

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2016

Dónde: T = edad en años

N = árboles/ha

H<sub>d</sub> = altura dominante [m]

S = índice de sitio

Familia de modelos de crecimiento para *Swietenia macrophylla* King en Guatemala

Variable	Modelo de crecimiento	r <sup>2</sup>
<b>Altura dominante (m)</b>	=EXP(Ln(S) - 2.916376 * (1/T - 0.1))	0.65
<b>Diámetro (cm)</b>	=Exp(2.17447 - 3.065749/T + 0.060974*S - 0.00005*N)	0.96
<b>Área basal (m<sup>2</sup>/ha)</b>	=Exp(0.298515 - 6.208435/T + 0.119308*S + 0.001568*N)	0.95
<b>Volumen total (m<sup>3</sup>/ha)</b>	=Exp(1.463823 - 9.064436/T + 0.182203*S + 0.00143*N)	0.97
<b>Índice de sitio</b>	= EXP(Ln(H <sub>d</sub> ) + 2.916376 * (1/T - 0.1))	0.65

Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2016

Dónde: T = edad en años

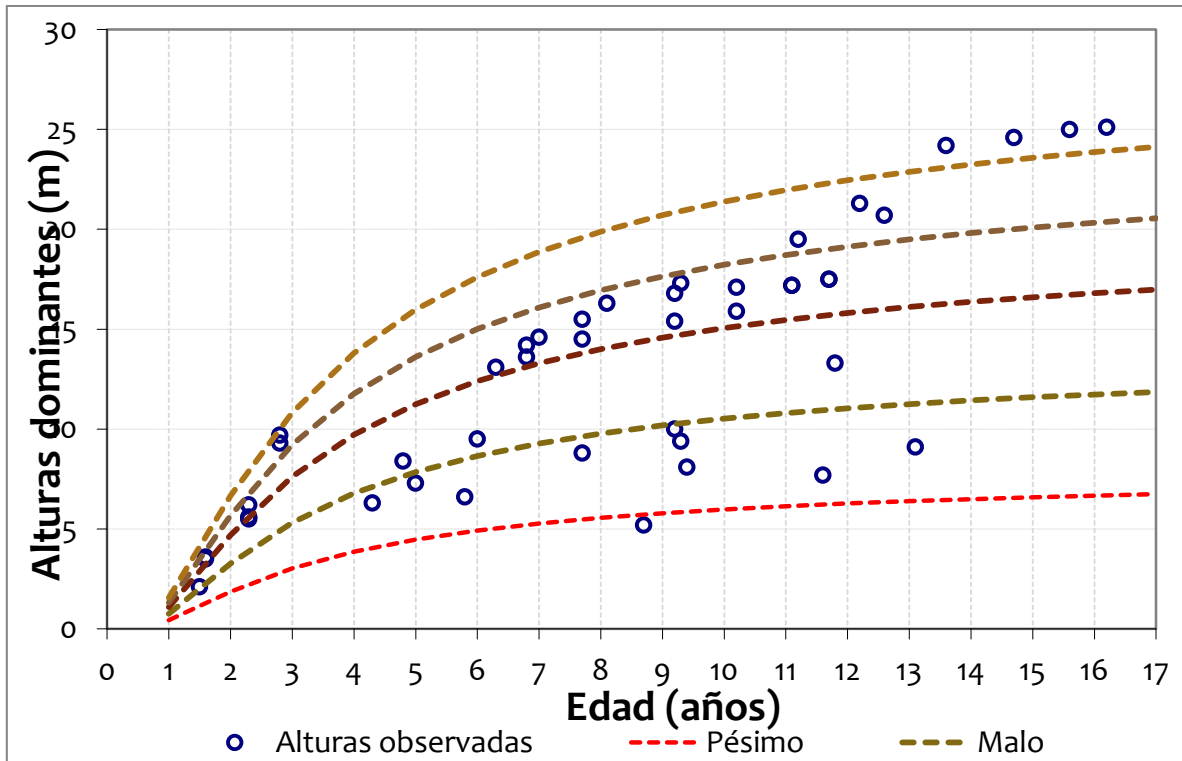
N = árboles/ha

H<sub>d</sub> = altura dominante [m]

S = índice de sitio

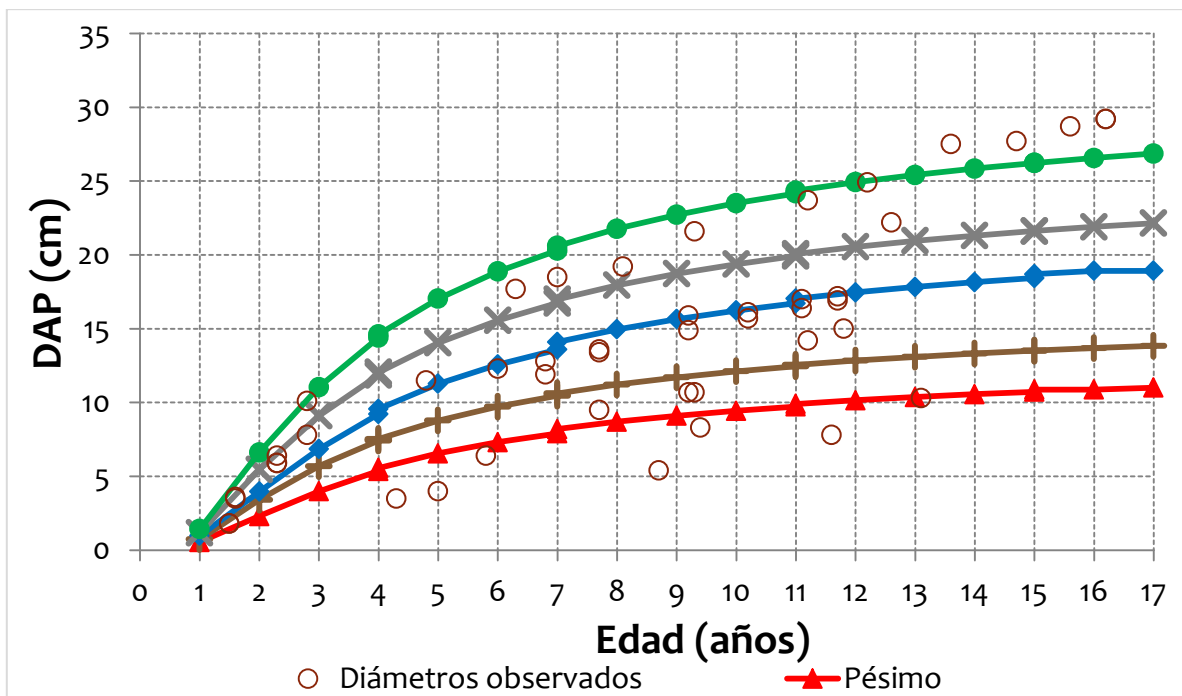
Las figuras siguientes ilustran la dinámica de crecimiento de *Swietenia macrophylla* King, y se basan en las funciones definidas, y el perfil teórico de manejo del rodal definido por Cojom (en prensa) para esta especie.

El perfil de manejo de la densidad definido corresponde a una única densidad inicial de 1111 árboles/ha que al cuarto año presenta 900 árboles/ha producto de la mortalidad, a esta edad se simulo un primer raleo con una intensidad cercana a 35% que deja un remanente de 600 árboles/ha que permanecen hasta el año 7, momento en el que se simulo la aplicación de un raleo del 50% que deja un remanente de 300 árboles/ha que permanece hasta la cosecha final.



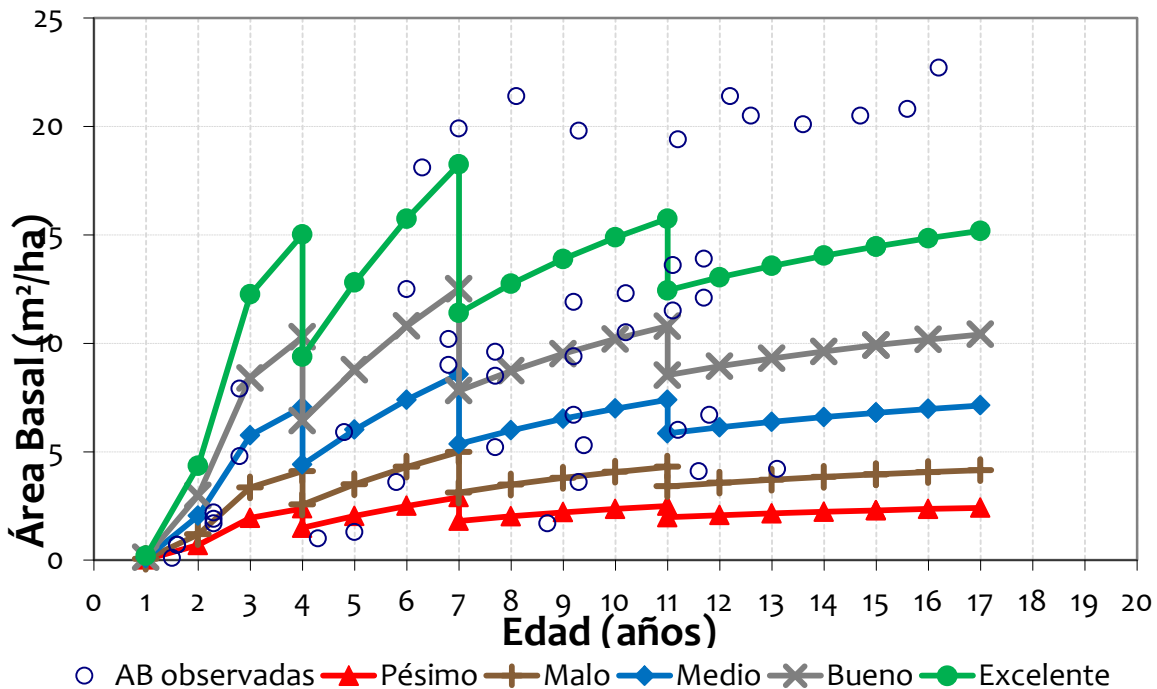
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2016

Familia de curvas de crecimiento en altura dominante [m] para plantaciones de *Swietenia macrophylla* King en Guatemala



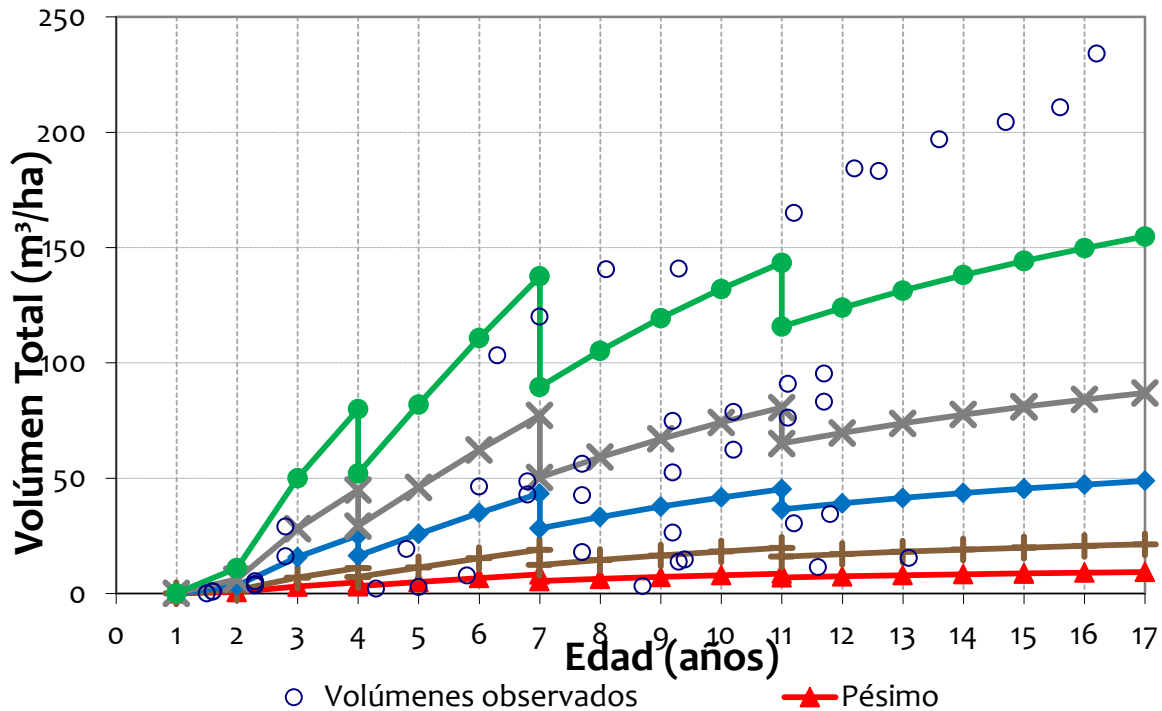
Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2016

Familia de curvas de crecimiento en diámetro [cm] para plantaciones de *Swietenia macrophylla* King en Guatemala



Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2016

Familia de curvas de crecimiento en área basal [m²/ha] para plantaciones de *Swietenia macrophylla* King en Guatemala



Fuente: Departamento de Investigación Forestal, INAB, 2016

Familia de curvas de crecimiento en volumen total [m³/ha] para plantaciones de *Swietenia macrophylla* King en Guatemala

## Existencias

### Herramienta

Basado en Manzanero y Salazar (2003)

ESTIMADO DEL VOLUMEN DE MADERA EN PIE

La fórmula utilizada por la FAO

$$\text{Vol (m}^3\text{)} = 0.0567 + 0.5074 * \text{DAP} * \text{HC}$$

Donde:

DAP = Diámetro a la altura del pecho

HC= Altura comercial

## Superficies de plantaciones

Áreas plantadas en Guatemala con *Swietenia macrophylla*, incentivadas por PINFOR (Programa de Incentivos forestales) y PINPEP (Programa de Incentivos forestales para Poseedores de pequeñas extensiones de tierra de vocación forestal o agroforestal), por años y departamentos, en hectáreas

año de inicio	Chiquimula	Zacapa	Izabal	Alta Verapaz	Baja Verapaz	Quiché	Petén	4 departamentos más	total anual
1998			9				15		24
1999			23	2		1	28		54
2000		3		31		3	29	2	68
2001		4	26	29		7	37	14	117
2002		6	1	34		9	65	4	119
2003		29	18	31		2	10	2	92
2004		17		28		1	13	1	60
2005			1	45		2	8		56
2006	2			23	2		3		30
2007			0	49			4		53
2008		6	4	72		3	14		99
2009				31			21		52
2010			2	9		3	51		65
2011				10			3		13
2012			0	7		1		1	9
2013			3		0		41		44
2014			2	1	2		5		10
2015	3	6	6	8	4	1		9	36
<b>total por departamento</b>	<b>5</b>	<b>70</b>	<b>96</b>	<b>409</b>	<b>8</b>	<b>33</b>	<b>347</b>	<b>32</b>	<b>998</b>
<b>plantaciones puras</b>					2		32		34
<b>plantaciones mixtas</b>	2	64	92	403	2	31	315	31	939
<b>sistemas agroforestales</b>	3	6	5	0	4			1	18
<b>manejo de regeneración natural</b>				6		2			8

Fuentes: INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2016. Base de datos PINFOR (Programa de Incentivos forestales) 1998-2015. Guatemala, departamento de Incentivos forestales del INAB. / INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2016. Base de datos PINPEP (Programa de Incentivos forestales para Poseedores de pequeñas extensiones de tierra de vocación forestal o agroforestal) 2007-2015. Guatemala, departamento de Incentivos forestales del INAB.

La especie ha sido plantada en todos los departamentos que corresponden a su distribución natural, pero es interesante notar que el departamento que presenta mayor extensión de plantación (Alta Verapaz) no es el departamento que ofrece las mejores condiciones de sitio en la tabla de aptitud para el crecimiento. Su municipio con las condiciones de sitio más favorables, Chahal , que se encuentra en la categoría media, todos los demás se ubican en categoría pésima. El segundo departamento con más plantaciones de caoba, Petén, alberga por un lado la mejor plantación de *Swietenia macrophylla* King (en el municipio de San Luis), pero también una de las peores (en el municipio de Tucurú).

Se puede observar que existen plantaciones mixtas que puras y en el año 2012 y 2014 descendieron las plantaciones notablemente con un total de 9 ha/año y 14 ha/año.

El año con más plantaciones fue en el 2010 en el departamento de Petén.

## Bibliografía

---

- Alcalá Martínez, RE; Gutiérrez-Granados, G. 2011. Ecología, genética y conservación de la caoba (*Swietenia macrophylla*): herramientas para un manejo adaptativo de la selva maya de Quintana Roo, México. Cuernavaca, MX, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. 56 p. (Informe final SNIB-CONABIO proyecto FQ006).
- Argüelles, LA; Synnott, T; Gutiérrez, S; Angel, B. del. 2005. Regeneración y silvicultura de la caoba en la Selva Maya mexicana, Ejido de Noh Bec. Recursos Naturales y Ambiente (Costa Rica) 44:45-52
- Bauer, G.; Francis, JK. 2000. *Swietenia macrophylla* King Caoba hondureña, Honduras mahogany. In: Francis, JK; Lowe, CA (eds). Trabanino, S (traductor). Bioecología de árboles nativos y exóticos de Puerto Rico y las Indias Occidentales. Río Piedras, PR, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, International Institute of Tropical Forestry. Pp 492- 498. (General Technical Report IITF-15)
- Cabrera Ermitaño, IEO. 2006. Estudio de la composición arbórea, fuente semillera y calidad de la semilla de caoba (*Swietenia macrophylla* King.) y santa maría (*Calophyllum brasiliense* var. *reko* Standl.) en el parque nacional Laguna Lachuá, Cobán, Alta Verapaz. Tesis Lic. Ing.agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 66 p.
- Caal Paau, O. 2007. Cuantificar el número de plantas de caoba atacadas en estado brinzal, latizal y fustal por el barrenador de las meliaceas (*Hypsipyla grandella*) en las comunidades Las Tortugas y San Benito I, municipio de Cobán, departamento de Alta Verapaz. Informe de práctica agroforestal supervisada. San Juan Chamelco, Alta Verapaz, GT, Instituto Técnico Experimental en Recursos Naturales. 21 p.
- Castañeda Hurtado, MR. 2013. Evaluación de parcelas permanentes de medición forestal, con la finalidad de generar propuestas de áreas para establecer especies predominantes en plantaciones mixtas en la Sub-Región II-6 Ixcán y II-7 Salacuim, del Instituto Nacional de Bosques. Informe de práctica forestal supervisada. Jacaltenango, GT, Escuela Técnica de Formación Forestal. 83 p.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 2016. El estado de conservación de las especies maderables aprovechadas en las concesiones forestales de la Reserva de la Biósfera Maya, Petén, Guatemala. Turrialba, CR. 4 p. (Síntesis para decisores - Policy Brief (CATIE) 24).
- Cojóm Pac, JI. 2015. Dinámica de crecimiento y productividad de 28 especies en plantaciones forestales de Guatemala. Guatemala. Instituto Nacional de Bosques. 211 p. En prensa.



- CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, GT). 2006. Manual de procedimientos para la exportación de caoba del norte de Guatemala. Guatemala, 40 p. (Documento técnico 50 (18-2006)).
- CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, GT). 2012. Manual para la administración forestal en Áreas Protegidas. Nueva Guatemala de la Asunción, Consejo Nacional de Áreas Protegidas. 337 p. [Manual CONAP #03 (01-2012)].
- Cordero, J; Boshier, DH (eds.). 2003. *Swietenia macrophylla* King. In: Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas. Oxford Forestry Institute, Oxford UK / Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, CR. Pp. 901-906.
- García Contreras, BE. 2006. Informe final de diagnóstico, investigación y servicios desarrollados en la Unidad de Plagas forestales del Proyecto de Protección forestal / Investigación: Caracterización de enfermedades fungosas de especies forestales en plantaciones PINFOR ubicadas en Escuintla, Suchitepéquez y Retalhuleu. Tesis Lic. Ing. agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 136 p.
- Grogan, J; Free, C; Pinelo Morales, G; Johnson, A; Alegria, R; Hodgdon, B. 2015. Sustaining the Harvest: Assessment of the conservation status of Big-leaf mahogany, Spanish cedar, and three secondary timber species populations in the forestry concessions of the Maya Biosphere Reserve, Petén, Guatemala / A summary of Grogan et al. (2015). New York, US, Rainforest Alliance. 17 p.
- Hernández Molina, EG. 2004. Experiencias en recolección y acondicionamiento de frutos y semillas de 25 especies forestales con demanda en el programa de incentivos forestales. Tesis Lic. Ing. agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 112 p.
- Juárez Sánchez, MJ. 2016. Sistematización de experiencias en el establecimiento y manejo silvícola de plantaciones de caoba (*Swietenia macrophylla* King) en la Región VIII del Instituto Nacional de Bosques (INAB). Informe final del ejercicio profesional supervisado (EPS). San Francisco, GT, Centro Universitario de Petén, Universidad de San Carlos de Guatemala. 57 p.
- López Ríos, CA. 2008. Aportes para la identificación de especies forestales de uso actual en la región II de Las Verapaces e Ixcán, del Instituto Nacional de Bosques (INAB). Tesis Lic. Ing. agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 130 p.

- Manzanero Cano, M. 2005a. Ciclo de corta, incrementos e intensidad de corta. Petén, GT, Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP). 14 p.
- Manzanero Cano, M. 2005b. Diámetros mínimos de corta en bosque de la RBM. Petén, GT, Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP). 10 p.
- Manzanero Cano, MA; Salazar Luna, A. 2003. Estudio de rendimiento del aserrío de madera de la especie caoba (*Swietenia macrophylla*) en la concesión forestal Unidad de Manejo San Andrés Petén (AFISAP). San Benito, GT, Asociación de Comunidades Forestales de Petén (ACOFOP). 37 p.
- Navarro Monge, GA; Santamaría Gutiérrez, OJ; Vargas Bolívar, LC; Milla Quesada, V. 2014. Análisis del comercio internacional de productos de madera y su gobernanza administrativa: Región de América Central y la República Dominicana 2000-2011. San José, CR, Oficina Regional para México, América Central y el Caribe (UICN). 120 p.
- Navarro, C. 1999. Diagnóstico de la caoba (*Swietenia macrophylla* King) en Mesoamérica: Silvicultura-Genética. San José, CR, Centro Científico Tropical (CCT). 25 p.
- Negreros Castillo, P; Snook, LK; Mitze, CW. 2005. Regeneración de caoba a partir de siembra directa en aperturas creadas en un bosque natural en México. Recursos Naturales y Ambiente (Costa Rica) 44: 84–90.
- Niembro Rocas, A. 2010. *Swietenia macrophylla* King. In: Vozzo, JA (ed.). Manual de semillas de árboles tropicales. Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). Pp. 703- 705.
- Orozco, L; Brumér, C (eds.). 2002. Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central. Turrialba, CR, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 264 p. (Serie técnica, Manual técnico (CATIE) 50).
- Patiño Valera, F (comp.). 1997. Recursos genéticos de *Swietenia* y *Cedrela* en los Neotrópicos: Propuestas para acciones coordinadas. Roma, IT, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 58 p. (FAO, Departamento de Montes, proyecto FAO/GCP/RLA/128/NET).
- Pinelo, G. 2015. Estado de conservación de las poblaciones de cinco especies maderables en concesiones forestales de la Reserva de la Biosfera Maya, Guatemala: *Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata*, *Lonchocarpus castilloi*, *Bucida buceras*, *Calophyllum brasiliense* (en línea). In Congreso Mesoamericano de Forestería Comunitaria (3, 2015, Petén, GT). Petén, GT, Asociación de

Comunidades Forestales de Petén (ACOFOP) / Alianza Mesoamericana de Pueblos y Bosques (AMPB). 22 p. Consultado 11 nov. 2016. Disponible en [http://www.alianzamesoamericana.org/wp-content/uploads/2015/11/Presentaci%C3%B3n-Estado-de-conservaci%C3%B3n-caoba-4-SP-en-RBM-Guatemala-Gustavo-Pinelo\\_LO.pdf](http://www.alianzamesoamericana.org/wp-content/uploads/2015/11/Presentaci%C3%B3n-Estado-de-conservaci%C3%B3n-caoba-4-SP-en-RBM-Guatemala-Gustavo-Pinelo_LO.pdf)

- Ramírez Anleu, C; Szejner Sigal, M; Maselli de Sánchez, S; Rojas Prado, NE. 2012. Primer informe nacional sobre el estado de los recursos genéticos forestales en Guatemala. Guatemala, INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT) / IARNA-URL (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar). 186 p.
- Salazar, R; Soihet, C; Méndez, JM (comps). 2000. *Swietenia macrophylla* King. (Nota técnica no. 21). In: Manejo de semillas de 100 especies forestales de América Latina. Turrialba, CR, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. p. 41-42. (Serie técnica, Manual técnico (CATIE) 41).
- Snook, LK; Negreros Castillo, P; O'Connor, J. 2005. Supervivencia y crecimiento de plántulas de caoba en aperturas creadas en la Selva Maya de Belice y México. Recursos Naturales y Ambiente (Costa Rica) 44: 91-99.
- Solís Carrera, SL. 2009. Evaluación de la dinámica poblacional y el crecimiento diamétrico de especies arbóreas, en parcelas permanentes de muestreo, en la Unidad de Manejo San Andrés (AFISAP). Tesis Lic. Ing, for. Santa Elena, GT, Centro Universitario de Petén, Universidad San Carlos de Guatemala. 93 p.
- Sosa Villatoro, AA. 2009. Control de la plaga gusano barrenador (*Hypsipyla grandella* Zeller) en una plantación de caoba (*Swietenia macrophylla* King) utilizando extractos de neem (*Azadirachta indica* A. Juss.). Tesis Lic. Ing. for. Guatemala, Universidad del Valle de Guatemala. 97 p.
- Stanley, SA. 1997. Guía para la interpretación de resultados de un inventario forestal para concesiones en Reserva de la Biosfera Maya, Guatemala. Turrialba, CR, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 38 p. (Serie técnica, Informe técnico (CATIE) 297).
- Teni Choc, MF. 2007. Plan de manejo para la producción de plantas (vivero forestal) de la ecoregión de Lachuá, Cobán, Alta Verapaz. Informe de práctica agroforestal supervisada. San Juan Chamelco, GT, Instituto Técnico Experimental en Recursos Naturales. 39 p.

- Trujillo-Sierra, JE; Delgado-Valerio, P; Ramírez-Morillo, I; Rebolledo-Camacho, V; Pérez-Nasser, N. 2013. Variación genética en poblaciones mexicanas de *Swietenia macrophylla* King, una especie tropical en expansión geográfica reciente. *Botanical Sciences* 91(3): 307-317.
- Vivero, JL; Szejner, M; Gordon, J; Magin, G. 2006. The red list of trees of Guatemala. Cambridge, UK, Fauna & Flora International. 48 p.
- Yalibat Paau, R. 2007. Cuantificación de la regeneración natural de caoba (*Swietenia macrophylla* King) en tres edades naturales, brinzal, latizal y fustal, en un área de 25.13 ha del Parque Nacional Laguna Lachuá (PNLL), Cobán Alta Verapaz. Informe de práctica agroforestal supervisada. San Juan Chamelco, GT, Instituto Técnico Experimental en Recursos Naturales. 43 p.