

# SILVICULTURA DE LAS SELVAS DE CAOBA EN QUINTANA ROO, MÉXICO

## Criterios y recomendaciones

ESPAÑOL - INGLÉS



**CONAFOR**

COMISIÓN NACIONAL FORESTAL

COMISIÓN NACIONAL FORESTAL

**SILVICULTURA DE LAS SELVAS DE  
CAOBA EN QUINTANA ROO, MÉXICO:  
Criterios y recomendaciones**



**“Nuestras zonas forestales representan el espacio en que las presentes y futuras generaciones vivirán y desarrollarán actividades de manera digna”**

Enrique Peña Nieto  
Presidente de los Estados Unidos Mexicanos

## **Autores**

P. Negreros-Castillo  
L. Cámara-Cabral  
MS. Devall  
M.A. Fajvan  
M.A. Mendoza Briseño  
C. W. Mize  
A. Navarro-Martínez

© Octubre, 2014

La información contenida en esta publicación puede ser reproducida, en parte o en su totalidad y por cualquier medio, con fines personales o públicos no comerciales, sin cargos ni permiso adicional, a menos que se especifique lo contrario.

En cualquier reproducción de esta información se le pide que:

- Citar el título completo de esta publicación y los autores; y Producido con el apoyo financiero de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)

Agradecimientos:

Los autores agradecen la iniciativa del grupo de trabajo de Silvicultura de la Comisión Forestal para América del Norte (COFAN), donde participa el Servicio Forestal de los Estados Unidos, El Servicio Forestal de Canadá y la Comisión Nacional Forestal en México por su colaboración en esta publicación.

## PREFACIO

Siendo la silvicultura el arte, ciencia y práctica de controlar la composición, salud, calidad y crecimiento de los bosques para lograr un conjunto de objetivos. Esta publicación ofrece un planteamiento para la silvicultura de las selvas de Quintana Roo en las que se encuentra creciendo la caoba (*Swietenia macrophylla* King), la especie comercial más importante de América Latina, (Whitmore 2003). Designamos a estas selvas como selvas de caoba. Mucho conocimiento se ha obtenido estudiando y observando cuales prácticas han logrado o no, generar los resultados esperados. La publicación funciona como parte de un conjunto completo de opciones tecnológicas factibles para el cultivo de las selvas de caoba. Contiene sugerencias de cómo desarrollar regímenes silvícolas para múltiples objetivos compatibles con la producción de múltiples productos forestales con énfasis en madera para usos industriales. Combinando teoría con contexto, se espera que los responsables del manejo puedan crear sus propios diseños de regímenes silvícolas al validar y aplicar conocimiento local y experiencia que ellos colectan y organizan al manejar las selvas de caoba de Quintana Roo.

Actualmente en las selvas de Quintana Roo se aprovecha una diversidad de especies arbóreas de importancia comercial, siendo la caoba la más emblemática y especie guía de los aprovechamientos forestales. El trabajo contiene información ecológica y silvicultural para el manejo de los rodales de las selvas de caoba para producir madera de un grupo amplio de especies incluyendo la caoba. La publicación no contiene explícitamente las especificaciones de la ordenación de montes, regulación de la corta, evaluación financiera y tecnología de extracción; aunque presenta algunas especificaciones para la regulación forestal.

Los principales problemas de la tierra en Quintana Roo y la península de Yucatán no están relacionados con la actividad forestal. Entre los principales están; la infraestructura para el turismo, la producción de chicle, agricultura de roza tumba quema, etc. Algunos de estos problemas son causados por cambio de uso de suelo que inevitablemente son irreversibles. Al mismo tiempo dichos cambios están generando riqueza y satisfacciones para la gente local y la que llega a la región como inversores, desarrolladores, técnicos, administrativos, trabajadores y burócratas. Esta publicación no aborda estos problemas.

La publicación está lejos de intentar ser la fuente exhaustiva de información silvicultural sobre las selvas de caoba. Se presenta como una herramienta de capacitación y educación que ofrece una síntesis actualizada al 2012 del conocimiento y las concepciones interpretativas disponibles. No obstante pretende ser una autoridad con un juicio informado y defendible sobre cualidades relevantes de las prácticas silvícolas técnicamente posibles, y sobre la frontera de lo factible biológica y tecnológicamente en las selvas de caoba en Quintana Roo, México.

## Siglas

AB	Área Basal (m <sup>2</sup> /ha)
APC	Área de Proyección de la Copa
CONAFOR	Comisión Nacional Forestal
DN	Diámetro Normal. Diámetro del árbol a 1.30 m de la base
GAI	Grupo de Árboles Interactuantes (unidad mínima de tratamiento)
IE	Inventario de Existencias
IP	Inventario de Prescripción
IVI	Índice de Valor de Importancia
PMF	Programa de Manejo Forestal
PPFQR	Plan Piloto Forestal de Quintana Roo
PROFEPA	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (dentro de SEMARNAT)
RTQ	Agricultura de Roza Tumba Quema
SMS	Selva Mediana Subperennifolia
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)

# CONTENIDO

Prefacio	5
<b>Capítulo I. Sinopsis histórica de las selvas de caoba de Quintana Roo</b>	<b>10</b>
<b>Capítulo II. Características ecológicas de las selvas de caoba</b>	<b>16</b>
2.1 Introducción a las selvas de caoba	16
2.2 Descripción ambiental	18
2.3 Estructura y composición	19
2. 4 Índice de valor de Importancia y dominancia	22
<b>Capítulo III. La caoba y las especies asociadas de importancia comercial y ecológica</b>	<b>28</b>
3.1 Características bio-ecológicas de la caoba ( <i>Swietenia macrophylla</i> King)	28
3.1.1 Distribución	28
3.1.2 Biología reproductiva de la caoba	29
3.1.3 Producción de semillas y su relación con el tamaño del árbol	30
3.1.4 Dispersión de semilla	31
3.1.5 Germinación	32
3.1.6 Depredación de semillas	32
3.1.7 Gremios ecológicos	33
3.1.8 Plagas y enfermedades	33
3.2. Características de la caoba y especies asociadas	34
<b>Capítulo IV. Principios teóricos para la silvicultura de las selvas de caoba</b>	<b>44</b>
4.1 Premisas	44
4.2 Los bosques naturales de la caoba	44
4.3 Escenario base	44
4.4. Dasocracia	46
4.5 Diagnosis	46
4.6 Calidad, vigor y vitalidad del árbol meta	49

<b>Capítulo V. Prácticas silvícolas para las selvas de caoba</b>	<b>52</b>
5.1 Introducción	52
5.2 Prescripciones concurrentes	54
5.3 Prescripciones complementarias	57
5.4 Implicaciones de ordenación	58
5.5 Implicaciones para la ingeniería de la extracción	58
5.6 Monitoreo	66
<b>Capítulo VI. Investigación nueva requerida</b>	<b>67</b>
<b>Capítulo VII. Anexos</b>	<b>71</b>
Anexo I. Glosario de Términos utilizados	71
<b>Bibliografía</b>	<b>80</b>
Integrantes del grupo de trabajo de silvicultura	90
Canadá	90
Estados Unidos	91
México	92

# CAPÍTULO I. SINOPSIS HISTÓRICA DE LAS SELVAS DE CAOBA DE QUINTANA ROO

El patrimonio forestal de México consiste de 144 millones de hectáreas de tierras forestales, de las cuales 23 millones son consideradas como maderables por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2012). El total de las tierras forestales están sujetas al régimen jurídico rural definido en la Ley Agraria. El total de las tierras con recursos maderables comerciales son privadas y pueden tomar uno de tres modos de tenencia: individual, ejidal y comunal, siendo los dos últimos formas de tenencia colectiva. Los tres tipos de tenencia rural son comunitarios en el sentido de que nunca son bosques industriales corporativos, ni tierras públicas y tampoco son baldíos de acceso libre, que son las modalidades más comunes en el resto del mundo. En el caso de empresas forestales, se requiere de un programa de manejo forestal (PMF) autorizado. El titular responsable del aprovechamiento será el propietario, o los poseedores de la tierra, éstos requieren de la corresponsabilidad de un dasónomo con licencia que redacte el PMF. Él mismo u otro dasónomo con licencia supervisa la ejecución del PMF.

El caso de los desmontes para cambio de uso del suelo implica un procedimiento distinto de autorización, el cual está condicionado a procurar evitar ciertos impactos ambientales. La autorización de desmonte es más ágil cuando el motivo es diferente del uso forestal, como nuevos centros de población o expansión de área urbana preexistente. En el caso de cambio de uso del suelo de bosque a otro uso es indistinto si se extrae o se usa la madera u otros materiales biológicos de valor comercial, o si se les considera como desechos del proceso.

En la región tropical de México es importante mantener presente la regionalización geográfica y dinámicas distintas y paralelas en la Península de Yucatán, Chiapas, Sierra Madre del Sur, Nayarit, Veracruz, Istmo de Tehuantepec y las selvas secas dispersas en mucho del territorio mexicano al sur del Trópico de Cáncer (p.ej. las de Morelos, Tamaulipas, La Huasteca, etc.) (figura 1). En esta publicación la atención se centra en la península de Yucatán, con menciones ocasionales al resto de los trópicos mexicanos.



Figura 1. Vegetación de México. Fuente: Conafor 2014.

“La vegetación de la península de Yucatán es producto de la geomorfología y clima de la región. Suelos desarrollados sobre piedra calcárea a lo largo de un gradiente ecológico que va de las partes húmedas y fértiles del sur, hacia la zona más seca, menos fértil y más poblada del noreste (Márdero *and others* 2012). Esta región mantiene un mínimo relieve topográfico, cuyo punto más elevado es de 350 msnm en la sierra de Ticul que se localiza en la unión de los estados de Campeche, Yucatán y Quintana Roo. La composición, estructura, formas de vida y mecanismos de regeneración y de los ecosistemas de Quintana Roo, reflejan los efectos de una larga historia de desarrollo social y económico; así como los disturbios naturales; manifestando la gran capacidad de resiliencia de algunos de esos ecosistemas. El entorno biológico de la península ha sido transformado por una milenaria historia de manejo (Dickinson *and others* 2001; Edwards 1986; Gliessman *and others* 1981; Goode and Allen 2008; Gómez-Pompa *and others* 1987; Hernández-Xolocotzi 1958; Porter-Bolland *and others* 2008; Secaira 2000; Toledo *and others* 2008; Whigham *and others* 1999).

Los principales eventos que han influido el estado actual de las selvas de Quintana Roo, se enlistan a continuación:

### **1. Uso tradicional del bosque por parte de la cultura maya antigua y actual.**

La baja densidad de población concentrada en la cercanía de las costas y en muy pocos asentamientos al interior peninsular hace improbable que existan efectos regionales. La sofisticación de la roza-tumba-quema (RTQ) ha creado cimientos firmes para muchas de las teorías que explican el paisaje natural de la península. El uso tradicional, principalmente RTQ, si bien podría haber aumentado con la expansión de la red caminera en el bosque, también es igualmente posible que más bien haya declinado pues la infraestructura suele facilitar la migración y cambio de vida de los campesinos mayas, en particular a partir de los 80's con el auge (aún perceptible) de las zonas turísticas de Quintana Roo.

### **2. Haciendas henequeneras.**

El sistema de haciendas para las plantaciones de henequén (*Agave spp.*) se dio en la zona norte de la península, en particular en los alrededores de Mérida. La actividad henequenera ha declinado y los terrenos se dejan abandonados o bien se cambia a usos alternos como la ganadería. La haciendas henequeneras delinearon una frontera forestal que persiste en su mayor parte en este siglo XXI.

### **3. Concesiones forestales.**

Sistema de aprovechamiento forestal en el que el gobierno federal otorgaba el usufructo maderero de áreas forestales, a veces superiores a un millón de hectáreas, para extracción de especies valiosas como el palo tinte (*Haematoxylum campechianum*) y la caoba (*Swietenia macrophylla*). Las concesiones se asignaron en su mayor parte a empresas extranjeras, pero también hubo empresas mexicanas.

En cualquiera de los casos las compañías no eran dueñas de las tierras, pero pagaban un derecho de monte. La terminación de estos modos de cosecha extractiva significó dejar un bosque ecológicamente intacto ya que la tecnología se centraba en el eficiente acopio de materiales de alto valor comercial y de grandes dimensiones. Estos árboles representaron un porcentaje bajo del total, pero debido a sus grandes diámetros su extracción redujo modestamente el área basal total. Su

extracción también formó huecos de dosel individuales. Tomando en cuenta la naturaleza intolerante a la sombra de la caoba, en general no se reproducía, en estos huecos, que eventualmente eran ocupados por especies económicamente menos deseables y con frecuencia tolerantes a las sombras. Pese a la ausencia de evidencias sobre la cuantificación de tasas de cambio en estructura de las selvas de la península de Yucatán, este tipo de extracción generalmente resulta en la pérdida de especies y reducción en el valor de la madera presente (Larson and Oliver 1996). Sin embargo, tomando en cuenta la alta diversidad de estas selvas, la extracción por hectárea de unos cuantos árboles de grandes dimensiones debió haber tenido un efecto limitado en la reducción de la diversidad

La posibilidad de haber perdido un componente de arbolado de muy grandes dimensiones es altamente probable, pese a la ausencia de evidencias sobre la cuantificación de tasas de cambio en estructura de las selvas de la península de Yucatán.

#### **4. Cosecha de chicle.**

En las zonas centro y sur de la península el árbol de chico zapote (*Manilkara zapota*), aprovechado en la antigüedad por los mayas para la construcción de pirámides, se ha usado desde finales de la década de los 1880 para extraer su resina (chicle). La actividad chiclera operaba gracias a una compleja organización social, antagónica a las actividades madereras y henequeneras, y con un componente cultural étnico marcado y decisivo. El chicle continúa siendo parte de las modalidades productivas en la actualidad del siglo XXI y se localiza principalmente en el estado de Quintana Roo.

#### **5. Centro industrial integrado en Zoh Laguna, Campeche.**

Zoh Laguna fue fundado en el año de 1947 como un lugar para procesar la caoba que abundaba en esa región de México. Se establecieron las empresas “Caobas Mexicanas S.A.” e “Impulsora Forestal Peninsular”. Establecieron infraestructura para procesar caoba y madera comprimida. El poblado de Zoh Laguna se hizo a imagen y semejanza de la Colonia Yucatán, lugar donde tenían asiento otras fábricas del conglomerado maderero en el estado de Yucatán. Zoh Laguna demostró la viabilidad de aprovechar sistemáticamente una amplia mezcla de especies industriales y especies corrientes, para manufacturar productos de alto valor económico.

## **6. Unidad Industrial Forestal.**

Maderas Industrializadas de Quintana Roo S.A. de C.V. (MIQRO) empresa paraestatal con una concesión de más de 500 000 ha., operó desde 1954 hasta principios de los años 80's. Fue el más exitoso caso de unidad integrada tropical, concentrando sus acciones en el centro y sur de la península. Al término de la concesión (alrededor de 1983), MIQRO funcionó principalmente como comprador de trocería local e importada y se formaron empresas sociales para la labor silvícola y de abastecimiento. La herencia de MIQRO implica la creación de oficios forestales, infraestructura caminera, experiencia empírica sobre la ecología, sanidad y silvicultura de múltiples especies maderables, y la formación de un mercado y una tradición forestal.

## **7. Empresa comunitaria.**

Durante varios años y a partir de 1983 el gobierno aportó la asistencia técnica forestal con el programa conocido como Plan Piloto Forestal de Quintana Roo (PPFQR). Posteriormente el PPFQR dio lugar a la formación del sistema actual de empresas silvícolas comunitarias. En este tipo de empresas, el manejo forestal es dirigido por los propios ejidatarios con la corresponsabilidad de dasónomos con licencia. Las empresas comunitarias se han enfocado principalmente en la extracción de la caoba, aunque hoy en día otras especies como tzalam (*Lysiloma latisiliquum*) han llegado a ser tan importantes como la caoba misma. en 1994, el gobierno de Canadá patrocinó la introducción del “Bosque Modelo” en la península de Yucatán (Riabm 2008). En Canadá, el programa favorablemente permite la participación de grupos étnicos en el manejo forestal. En Yucatán, el programa fortaleció las habilidades de manejo forestal de las empresas comunitarias de la península, aunque tuvo una duración de solamente tres años.

## **8. Plantaciones forestales.**

Plantaciones en gran escala en Campeche representan un esfuerzo importante, dentro de las aproximadamente 100 mil hectáreas que hoy en día hay en México. La contribución actual corresponde a un monto cercano al 4% de la cosecha de madera industrial en México (Velázquez and others 2003).

## **9. Conservación pasiva.**

La creación de las reservas de la biosfera, Calakmul (713 000 ha) en 1989 y Sian Ka'an (528 000 ha) en 1987, combinan la preservación de elementos bióticos con elementos arqueológicos mayas. En las zonas de amortiguamiento se llevan a cabo muy pocas actividades de extracción, y los madereros deben cumplir con las reglas de protección. Hasta el momento la deforestación no es una verdadera amenaza para la reserva de Calakmul, pero si para la de Sian Ka'an por encontrarse en los límites con la zona turística más importante de México.

## **10. Desarrollo del turismo.**

Existe una intensa actividad turística en la zona maya, que incluye tanto la Península de Yucatán como la zona trinacional de México (Chiapas, Tabasco, Campeche, Yucatán, Quintana Roo), Belice y Guatemala. Esta actividad se localiza esencialmente sobre las costas y alrededor de los centros arqueológicos más notorios. El desarrollo turístico es la causa principal de cambio de uso forestal a urbano en la región. También repercute en la actividad forestal por una parte por la creciente demanda de palizada para las construcciones rústicas y por otro al atraer grandes cantidades de trabajadores, que salen de su economía rural para incorporarse a los sectores de servicios y otras actividades urbanas. Finalmente, el fenómeno del desarrollo turístico imprime un auge a la agricultura local como fuente de alimentos frescos y esta parte es la única que indudablemente significa una retracción de la frontera legal forestal en la región, pese a que grandes cantidades de alimentos y otros suministros provienen de fuera de la región.

## CAPÍTULO II. CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS DE LAS SELVAS DE CAOBA

### 2.1 Introducción a las selvas de caoba

Las selvas de caoba corresponden a un tipo de vegetación conocida como “Selva Mediana Subperennifolia” (SMS) (figura 2), que es el principal tipo de vegetación en Quintana Roo (74%). Once comunidades vegetales más forman el 26% restante e incluyen: selva alta subperennifolia, selva mediana subcaducifolia, selva baja subperennifolia, selva baja subcaducifolia, selva baja caducifolia, palmar, manglar, sabana, vegetación de dunas costeras, petén y tular. La distribución de los diversos tipos de vegetación está determinada por el clima, la geología, el suelo, la topografía y la cercanía al mar Caribe (Ek 2011; Flores and others 2010; Miranda 1978; Tetetla-Rangel and others 2012). Todas las comunidades vegetales presentan una estructura compleja que se manifiesta en el número de especies y distribución en distintos estratos. Las amplias copas de los árboles más altos al entremezclarse unas con otras crean un dosel muy denso, el cual desde el aire crea la ilusión de una alfombra verde interminable y sin huecos.



Figura 2. Selvas de caoba

La selva Mediana Subperennifolia (SMS) está compuesta por una mezcla de alrededor de 200 especies de árboles, con una altura de hasta de 24 m, y una alta diversidad de formas de vida vegetal y animal. En Quintana Roo la SMS se caracteriza por la abundancia de dos especies arbóreas del dosel principal, *Manilkara zapota* (chicozapote) y *Bursera simaruba* (chaca rojo) (Vester y Navarro-Martínez 2005). En estas selvas las poblaciones naturales de caoba se hallan en el centro y sur del estado (figura 3), en la Región Terrestre Prioritaria de México Número 149 del sistema Mexicano de zonas prioritarias (Arriaga and others 2000).

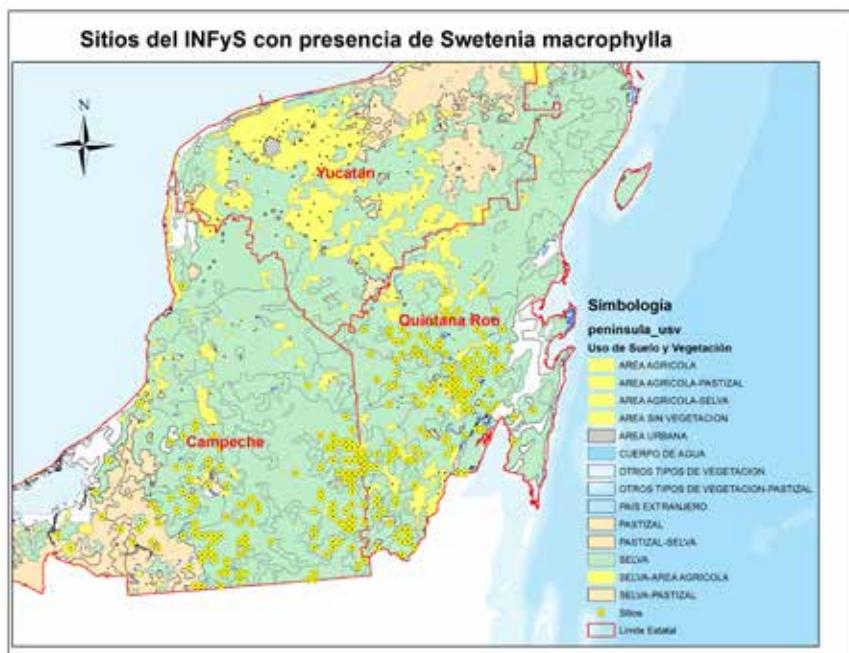


Figura 3. Distribución de *Swietenia macrophylla* en la península de Yucatán de acuerdo con el tipo de vegetación predominante en la región (JJRP/CONAFOR 2014).

Es en esta región donde la caoba encuentra las mejores condiciones de desarrollo sobre suelos de origen calizo o aluvial, medianamente profundos (figura 4). En algunos lugares se pueden encontrar densidades de hasta 29 individuos/ha mayores a 10 cm de diámetro normal (DN, diámetro a la altura de 1.37 m de la base del árbol) (Vester y Navarro-Martínez 2007). Estas altas densidades se han atribuido a la presencia de disturbios catastróficos (incendio después de huracán) que crearon aperturas grandes en el dosel con la temporal reducción al mínimo de la

vegetación del sotobosque, exposición del suelo mineral y aumento de radiación solar (Gullison and others 1996; Snook 2000). No obstante, *S. macrophylla* también se regenera en áreas que sufren disturbios de menor escala y mayor frecuencia como la RTQ en la península de Yucatán (Negreros-Castillo and others 2003) o en pequeñas aberturas de dosel (400 m<sup>2</sup>) como sucede en Pará, Brasil (Grogan 2001, Grogan and others 2003). La densidad promedio de caoba de tamaño mínimo aprovechable (DN ≥ 55 cm) en los ejidos forestales de Quintana Roo fluctúa entre 0.3 y 1.9 árboles por hectárea y coincide con los resultados encontrados en otros países dentro de su área de distribución (Grogan and others 2002; TRAFFIC-Wwf 2006)."

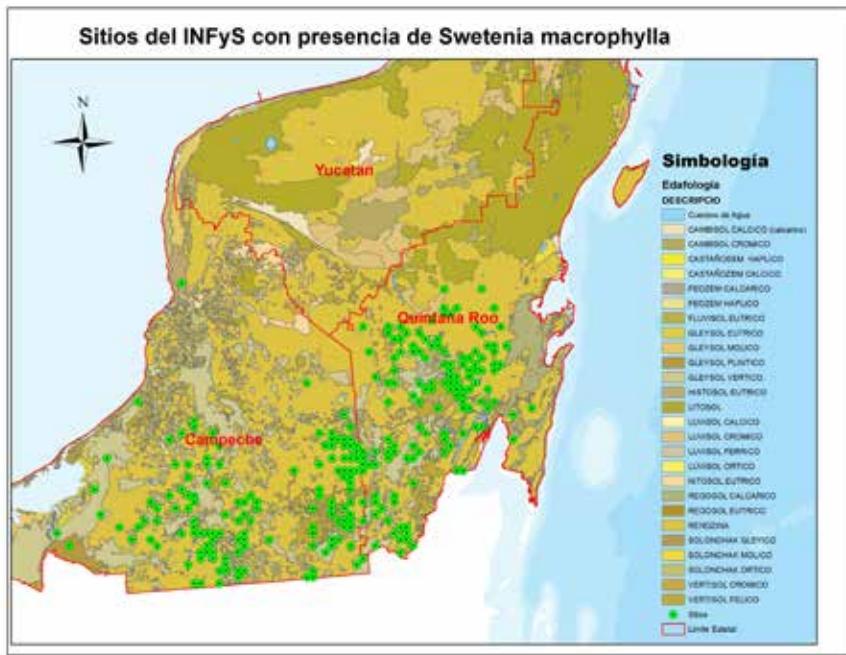


Figura 4. Distribución de *Swietenia macrophylla* en la Península de Yucatán en relación con el tipo de suelo. (JJRP/CONAFOR 2014).

## 2.2 Descripción ambiental

El estado de Quintana Roo se localiza en la porción oriental de la península de Yucatán en las coordenadas 21°31' y 17°49' de latitud norte y 86°43' y 89°25' de longitud oeste y una superficie de 5 084 300 hectáreas, de las cuales 4 732 454 ha, se consideran forestales.

Geomorfológicamente, Quintana Roo forma parte de un gran bloque compacto de rocas calizas poco fracturado conocido como losa de Yucatán, con abundantes ríos subterráneos, cenotes y escasas corrientes superficiales (Tello and Castellano 2011). El clima es cálido subhúmedo con temperatura media anual de 26°C, enero el mes de menores temperaturas y mayo-agosto época más calurosa. La temporada de lluvias entre los meses de mayo a octubre, la precipitación anual entre 800-1 500 mm, se incrementa de norte a sur y de oeste a este, precipitación más alta en la costa este (desde Playa del Carmen hasta la península de Xcalak) (Orellana *and others* 1999). Cada año la región sufre la incidencia de huracanes durante los meses de julio a noviembre. La temporada de secas se extiende de noviembre a abril, durante la cual ocurren “nortes” ocasionados por masas de aire frío y nubes, acompañados de ráfagas de vientos. La evaporación potencial media anual es de 1 650 mm con una variación mensual entre 105 mm en diciembre y 193 mm en mayo (Herrera 2011). Suelos jóvenes, poco desarrollados y la mayoría poco profundos, arcillosos y bien drenados (excepto en áreas cercanas a la costa con drenado escaso o nulo). Son cuatro los principales tipos de suelo en la península de Yucatán: 1) leptosoles (59%), municipios de Solidaridad Benito Juárez y parte norte de Felipe Carrillo Puerto, 2) vertisoles (10%), sur del estado, municipio de Othón P. Blanco, principalmente en las partes planas como la zona cañera, 3) phaeozem (9%), en lugares bien drenados, con topografía de plana a ondulada y pendientes poco pronunciadas; y 4) luvisoles (7%), centro y porción noreste del estado, Kantunilkín, Chiquilá, Tihosuco, Santa Rosa, Polyuc y José María Morelos (tabla 1) (Bautista y Zinck 2010; Bautista *and others* 2011; Pérez-Villegas 1980; Tello 2011).

## **2.3 Estructura y composición**

Los inventarios forestales de cinco ejidos de Quintana Roo revelan que la composición arbórea de las selvas de caoba es diversa y muy similar entre los sitios de estudio (tabla 2). De un total de 168 especies arbóreas, 24 son las especies más abundantes en base a número de árboles y área basal por hectárea, así como las comercialmente más importantes (figuras 5 y 6), por ejemplo *Manilkara zapota* (chiczapote), *Bursera simaruba* (chaca rojo), *Metopium brownei* (chechem negro), *Lysiloma latisiliquum* (tzalam), *Pseudobombax ellipticum* (amapola), *Dendropanax arboreus* (Sakchaca) y *S. macrophylla*. Estas 24 especies representan entre un 65% y 68% del total de la biomasa de la selva.

Tabla 1. Descripción de los principales tipos de suelo en Quintana Roo.  
 WRB = Base Referencial Mundial para el Recurso del Suelo (Tello 2011).

WRB (2000)	Nombre Maya	Principales características	Importancia (%)	Tipo de vegetación que soporta	Localización
Leptosol (íltico o réndzico)	tzék'el	suelos jóvenes, arcillosos y con afloramientos rocosos, someros y con una alta presencia de residuos de carbonatos mezclados con materia mineral, de color castaño oscuro a negro, muy arcillosos, a veces con abundante materia orgánica, bien drenados y con una profundidad menor a los 25 cm.	59	Selva alta y mediana subperi- mnófila	Municipios de Solidaridad, Benito Juárez y la parte norte de Felipe Carrillo Puerto
Vertisol	ak'alché	suelos de arcillas pesadas revueltas, de color negro, gris o pardo rojizo, muy duros cuando secos formando grietas anchas y profundas.	10		Sur del estado, Othón P. Blanco y Bacalar
Plaezom	pus-lú'um	Suelos relativamente jóvenes, oscuros, ricos en materia orgánica y nutrientos. Se desarrolla en lugares bien drenados con topografía que va de plana a ondulada, con pendiente poco pronunciada.	9	Selva mediana subperennifolia	En todo el estado solo o asociado con otros grupos (leptosoles o luvisoles)
Luvisol crómico	k'ankab	Suelos maduros formados sobre calizas del Terciario, con un horizonte superficial caracterizado por la pérdida de arcilla, las cuales se depositan en el horizonte inferior, de color rojizo oscuro, a veces con presencia de roca dura continua a menos de 50 cm de profundidad.	7		Centro (de Felipe Carrillo Puerto a José María Morelos) y noroeste de Quintana Roo

La caoba se encuentra entre estas 24 especies, con una densidad de 0.7 a 5.2 ind/ha para árboles con DN  $\geq$  30 cm y densidad de 1.5 a 6.1 ind/ha para árboles DN  $\geq$  10 < 30 cm. El resto de las especies representan una abundancia de 12 a 15%, entre las que resaltan por su demanda para palizada: *Alseis yucatanensis* (jache o paplelillo), *Caesalpinia gaumeri* (kitamché), *Vitex gaumeri* (ya'axnik), *Coccoloba spicata* (boob) y *Guettarda combsii* (ta'astab). La creciente demanda de palizada en las zonas turísticas del estado está incrementando el número de especies utilizadas. En la Península de Yucatán se han identificado 54 especies endémicas nueve de las cuales se encuentran en Quintana Roo, la mayoría presentes en ecosistemas secos, dunas de arena y algunos sistemas inundables tierra adentro.

La caoba generalmente forma asociaciones con *Manilkara zapota* (chicozapote) y *Bucida buceras* (punkté), en suelos tanto someros como algo profundos, oscuros o rojos y bien drenados. El área basal (AB) total en las selvas de Quintana Roo varía entre 16.6 y 33.0 m<sup>2</sup>/ha (tabla 2). El AB para las 15 especies más abundantes representa un rango de 70-77% del total para el estado. Las especies con los valores más altos de AB son *M. zapota*, *L. latisiliquum*, *B. simaruba*, *P. reticulata* y *M. brownei* (figura 6). La caoba presenta un AB promedio de 0.67 m<sup>2</sup>/ha.

La estructura diamétrica de los árboles DN  $\geq$  10cm puede ser un buen indicador de la estabilidad y la permanencia de una especie y una comunidad vegetal (Moret and others 2008). Es también un indicador de las funciones del hábitat y disponibilidad de recursos del ecosistema (Wehenkel and others 2014). La estructura diamétrica de las selvas de la caoba en Quintana Roo presenta una forma de J invertida (figura 8), interpretada frecuentemente como típica de bosques naturales balanceados, con una gran abundancia (densidad) de individuos de pequeñas dimensiones (se supone jóvenes) que decrece conforme incrementa el diámetro (se supone edad). Bajo el modelo de huracán seguido por incendio en el que se establece un solo cohorte, la j invertida representa la colonización por una diversidad de especies (Larson and Oliver 1996). La distribución diamétrica que resulta refleja la tolerancia a la sombra y la tasa de crecimiento de las especies. Las especies tolerantes a la sombra, que crecen lentamente, son más abundantes en las clases diamétricas pequeñas, las especies intolerantes a la sombra (caoba) ocupan las clases diamétricas mayores y representan mayor proporción del área basal.

Cuando la estructura diamétrica se hace por especie, la forma de las gráficas varía enormemente para cada una. Para la caoba la distribución diamétrica genera dos tipos de curvas de distribución. El primer tipo es la *gaussiana* (selvas de Dzulá y X-Hazil) (figura 9), la cual de acuerdo con Synnott (2007), comúnmente ha sido interpretada como una indicación de que la especie logró establecerse durante un periodo en el pasado, pero ahora carece de suficientes árboles pequeños para mantener la población de árboles más grandes. Un tipo de especie típica para esta clase de curva son las especies pioneras que logran colonizar sitios abiertos y permanece en el bosque maduro, pero faltando plántulas, brizales y árboles jóvenes. El segundo tipo es la irregular como la de las selvas de Petcacab, Naranja y Santa María (localizados en el centro del estado) en las que, existe casi el mismo número de individuos entre algunas de las categorías diamétricas. Estas estructuras irregulares son más típicas del modelo de desarrollo de rodal en el que se establecen varios cohortes como resultado de múltiples disturbios pequeños (cosecha parcial de árboles grandes) creando un mosaico de nuevas clases de edad con especies y tamaños representativos (Larson y Oliver 1996). En Quintana Roo, sin embargo, los pequeños disturbios resultan de la extracción continua de una diversidad de tamaños y especies que rara vez son árboles muy grandes, dando como resultado en lugar de un mosaico un continuo.

## **2. 4 Índice de valor de Importancia y dominancia**

El índice de valor de importancia (Ivi) indica la importancia fitosociológica de una especie dentro de una comunidad y es un indicador de dominancia (Zarco-Espinoza and others 2010). Las especies con los valores de Ivi más grandes son: chicozapote (*M. zapota*), chaca rojo (*B. simarouba*) and zapotillo (*P. reticulata*) (tabla 3). Para la mayoría de las comunidades de selva y para casi todas las especies analizadas la mayor contribución al Ivi depende principalmente de la abundancia (número de individuos por hectárea) y el área basal ( $m^2/ha$ ) (figuras 4 y 5) y es notable la variación de lugar a lugar (tabla 3). La figura 6 presenta los valores más altos de Ivi de 16 especies integrando los datos de los cinco ejidos de muestreo, resaltando que la caoba ocupa el treceavo lugar.

Tabla 2. Número de individuos y especies, densidad, área basal total y de caoba, diámetros máximos y tipo de vegetación dominante en cinco ejidos forestales de Quintana Roo.

Ejido	N	Número total de especies	Arboles/ha (Ind≥10 cm)	AB Total (m <sup>2</sup> /ha)	AB Caoba (m <sup>2</sup> /ha)	DN Max	DN Max caoba	Vegetación dominante	Fuente
Dzulá	12,196	100	250	16.6	0.46	93	80	SMSp	IF, PMF (2007)
Petcacab	22,172	117	380	24.3	0.85	100	94	SMSp	IF Y PMF (2011)
Xhazil Sur	12,496	107	67	19.6	0.61	137	137	SMSp	IF Y PMF (2011)
Naranjal Poniente	14,439	108	122	33.0	0.64	120	120	SMSp	IF Y PMF (2011)
Santa María Poniente	8,999	93	90	28.2	0.81	160	160	SMSp	IF Y PMF (2011)

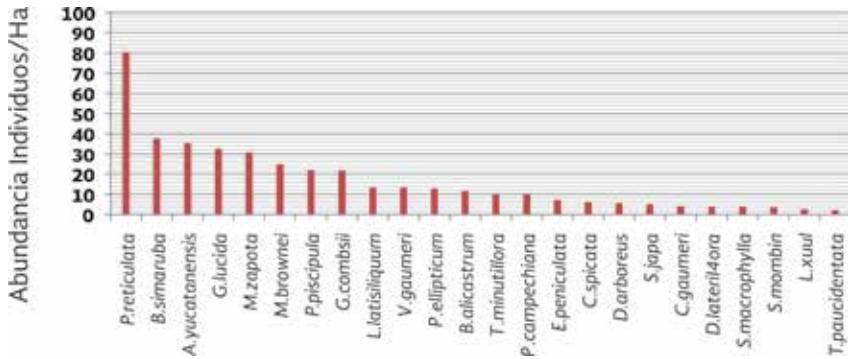


Figura 5. Número de individuos por hectárea para las especies más abundantes en las selvas de caoba en Quintana Roo.

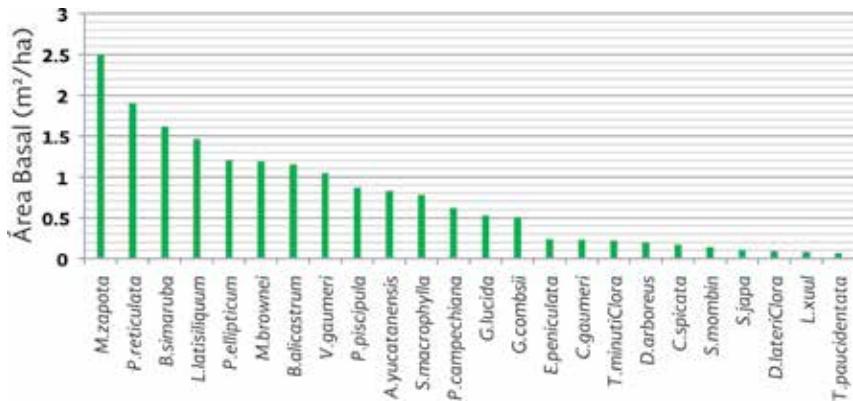


Figura 6. Área basal para las especies más abundantes en las selvas de caoba en Quintana Roo.

Tabla 3. Dominancia (de mayor a menor) de especies forestales en cinco ejidos importantes en donde se encuentran las selvas de caoba en Quintana Roo.

Dominancia	Dzula	Petcacab	X-Hazil	Naranjal	Sta. María
1	<i>Bursera simaruba</i>	<i>M. zapota</i>	<i>M.-zapota</i>	<i>P. reticulata</i>	<i>P. reticulata</i>
2	<i>Manilkara zapota</i>	<i>P. reticulata</i>	<i>B. simaruba</i>	<i>M. zapota</i>	<i>M. zapota</i>
3	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	<i>L. latisiliquum</i>	<i>M. brownii</i>	<i>A. yucatanensis</i>	<i>L. latisiliquum</i>
4	<i>Gymnanthes lucida</i>	<i>P. ellipticum</i>	<i>G. lucida</i>	<i>B. alicastrum</i>	<i>B. simaruba</i>
5	<i>Pouteria reticulata</i>	<i>B. simaruba</i>	<i>P. reticulata</i>	<i>P. campechiana</i>	<i>P. pissipula</i>
6	<i>Swietenia macrophylla</i>	<i>V. gaumeri</i>	<i>L. latisiliquum</i>	<i>P. pissipula</i>	<i>G. combssii</i>
7	<i>Guettarda combssii</i>	<i>M. brownii</i>	<i>P. ellipticum</i>	<i>B. simaruba</i>	<i>M. brownii</i>
8	<i>Piscidia piscipula</i>	<i>A. yucatanensis</i>	<i>B. alicastrum</i>	<i>G. lucida</i>	<i>B. alicastrum</i>
9	<i>Metopium brownii</i>	<i>Brosimum alicastrum</i>	<i>V. gaumeri</i>	<i>Trichilia minutiflora</i>	<i>V. gaumeri</i>
10	<i>Pseudobombax ellipticum</i>	<i>G. combssii</i>	<i>C. gaumeri</i>	<i>Exothea paniculata</i>	<i>P. ellipticum</i>
11	<i>Vitex gaumeri</i>	<i>P. pissipula</i>	<i>C. spicata</i>	<i>S. macrophylla</i>	<i>S. macrophylla</i>
12	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	<i>Sabal japa</i>	<i>S. macrophylla</i>	<i>P. ellipticum</i>	<i>A. yucatanensis</i>
13	<i>Coccoloba spicata</i>	<i>Pouteria campechiana</i>	<i>Lonchocarpus xul</i>	<i>M. brownii</i>	<i>P. campechiana</i>
14	<i>Dendropanax arboreus</i>	<i>S. macrophylla</i>	<i>A. yucatanensis</i>	<i>V. gaumeri</i>	<i>Spondias mombin</i>
15	<i>Alseis yucatanensis</i>	<i>D. arboreus</i>	<i>Tohuinia paucidentata</i>	<i>Drypetes lateriflora</i>	<i>T. minutiflora</i>

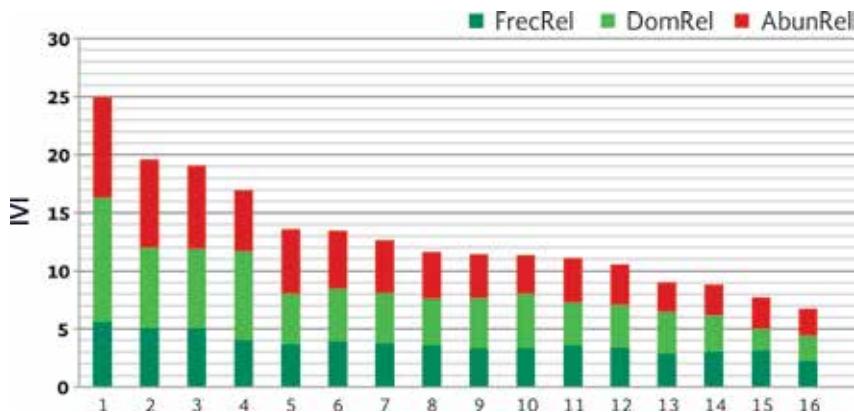


Figura 7. Índice de Valor de Importancia para las 16 especies más abundantes en selvas de caoba en Quintana Roo. **1.***Manilkara zapota*, **2.***Pouteria reticulata*, **3.***Bursera simaruba*, **4.***Lysiloma latisiliquum*, **5.***Brosimum alicastrum*, **6.***Gymnanthes lucida*, **7.***Guettarda combsii*, **8.***Metopium brownei*, **9.***Piscidia piscipula*, **10.***Pseudobombax ellipticum*, **11.***Alseis yucatanensis*, **12.***Vitex gaumeri*, **13.***Swietenia macrophylla*, **14.***Caesalpinia gaumeri*, **15.***Coccoloba spicata*, **16.***Dendropanax arboreus*. Abu\_Rel = abundancia relativa, Dom\_Rel = dominancia relativa, Fer\_Rel = Frecuencia relativa.

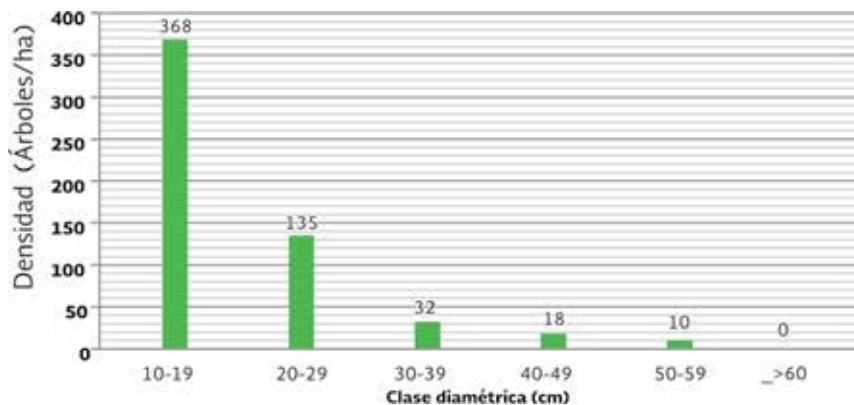


Figura 8. Estructura Dn de las selvas de caoba en Quintana Roo

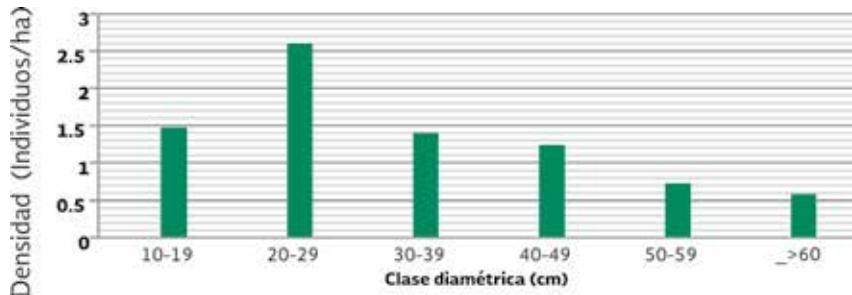


Figura 9. Estructura diamétrica de caoba en las selvas manejadas de ejidos forestales de Quintana Roo. (Datos de cinco ejidos)

## CAPÍTULO III. LA CAOBA Y LAS ESPECIES ASOCIADAS DE IMPORTANCIA COMERCIAL Y ECOLÓGICA

### 3.1 Características bio-ecológicas de la caoba (*Swietenia macrophylla* King)

#### 3.1.1 Distribución

En América y el caribe se han identificado tres especies de caoba de la familia meliaceae, *Swietenia mahogani*, *Swietenia humilis* y *Swietenia macrophylla*, la primera se distribuye en el Caribe, la segunda en el pacifico mexicano y la tercera en el sur de México, Central América y partes de América del sur (figura 10).



Figura 10. Árbol de caoba

La caoba de hoja ancha, caoba o *Swietenia macrophylla* King, en México se encuentra en las selvas de la costa Atlántica, desde el norte de Veracruz hasta la península de Yucatán, principalmente en Campeche y Quintana Roo (figura 11); continúa en Centroamérica, en Colombia, Venezuela, Bolivia, Perú y Brasil (Lamb 1966; Patiño-Valera 1997). Se encuentra en diferentes tipos de selvas tropicales, desde selva mediana perennifolia hasta selva mediana sub perennifolia (Mayhew and Newton 1998). En Chiapas forma parte de la selva alta perennifolia donde es siempre verde y en Quintana Roo de la selva mediana subperennifolia

donde en el periodo de secas tira las hojas lo cual coincide con la floración. Igualmente crece en diversos tipos de suelo desde ricos en nutrientes hasta pobres con regímenes de humedad de secos a muy húmedos con exceso de humedad, en suelos kársticos ricos en calcio y magnesio. Se desarrolla mejor en suelos bajos con contenido de calcio y magnesio lo que afecta los patrones de distribución de árboles adultos (Grogan and others 2003). En Quintana Roo se ha reportado que la caoba se localiza principalmente en sitios planos en comparación a sitios en pendiente, con relieve ondulado, tanto en la cresta como al pie de pendiente, y de preferencia en suelos negros (Negreros-Castillo and Mize 2012).

### **3.1.2 Biología reproductiva de la caoba**

Especie monoica, inflorescencias en panículas en la base de las hojas nuevas (Pennington and Sarukhán 1998; Pennington and others 1981). Flores fragantes, verde-amarillentas, <1 cm de diámetro y bisexuales. En la flor femenina, el ovario es rudimentario, y en la flor masculina, las anteras no contienen polen. La polinización es a través de insectos como thysopteros, abejas, palomillas y viento (Chavelas 2004; Lamb 1966; Styles 1972; Styles and Khosla 1976).

En Quintana Roo la caoba florece entre abril y junio, poco antes de la producción de hojas nuevas, que ocurre al inicio de la temporada de lluvias (Patiño-Valera 1997). Típicamente, sólo una flor de cada inflorescencia se convierte en fruto. La madurez reproductiva es variable, se presenta a edades y tamaños tempranos, en algunos casos desde los 12 años de edad (Lamb 1966). En Bolivia los árboles pueden producir frutos cuando alcanzan 30 cm de DN (Gullison and others 1996), y en Quintana Roo desde 23 cm de DN (Cámara-Cabral 2005). Los frutos se forman en un periodo de 10 o 12 meses (Pennington and others 1981) y maduran durante la época de seca cuando el árbol está sin hojas (febrero y abril en Quintana Roo). Los frutos son cápsulas dehiscentes leñosas ovoides u oblongas de 12 a 18 cm de largo, 5 valvadas (Pennington y Sarukhán 1998) (figura 12). Las cápsulas maduras se abren en el árbol, cada una contiene de 45-49 semillas desarrolladas (1 cm de largo y ala de 6-7 cm) (Niembro 1995; Rodríguez-Santiago and others 1994). Las semillas se quedan adheridas a la columnela, expuestas al viento que las dispersa (Parraguirre 1994; Snook and others 2005). En Quintana Roo las semillas pesan en promedio 0.66 gramos (aproximadamente 1500 semillas por kilo) (Niembro 1995).



Figura 11. Mapa distribución de la caoba en México, fuente CONAFOR, Inventario Nacional Forestal y de Suelos.

### **3.1.3 Producción de semillas y su relación con el tamaño del árbol**

En Quintana Roo la caoba es un árbol emergente, que puede alcanzar hasta 3.5 m DN y más de 30 m de altura. La altura del fuste limpio (altura comercial) tiende a ser mayor en los árboles con  $DN \geq 75$  cm ( $16 \pm 0,3$  m), que en árboles con  $DN < 75$  cm ( $10 \pm 0,2$  m). El volumen de la copa puede ser cuatro veces y el área de la copa (Ac) casi tres veces mayor (de  $63 \pm 3$   $m^2$  a  $180 \pm 4$   $m^2$ ) en árboles con  $DN \geq 75$  cm comparado con los de  $DN < 75$  cm. El tamaño de la copa afecta directamente la cantidad de fruto producido anualmente. Por ejemplo la producción de fruto (figura 12) de árboles con diámetros  $\geq 75$  cm puede ser tres veces mayor que la de los árboles con diámetros menores a 75 cm. Cada año el 80% de los árboles con  $DN < 75$  cm producen frutos comparado con el 90% de los árboles con  $DN \geq 75$  cm. Debido a que la producción de fruto está asociada al tamaño de la copa, se recomienda suprimir la práctica común de podar las ramas para bajar los frutos; las copas dañadas por la poda y por huracanes requieren más de 14 años para recuperar su volumen, si es que sucede.



Figura 12. Frutos de caoba

Para incrementar la disponibilidad de semilla los árboles huecos, que tienen poco valor comercial, deben retenerse. Veinticinco porciento de los árboles con  $D_N \geq 75$  cm resultan sámagos y son valiosos como fuentes de germoplasma y hábitat para ciertas aves como tucanes y pericos (Cámara-Cabralles and Snook 2005).

### **3.1.4 Dispersión de semilla**

Es característico de las selvas que la dispersión de las semillas se lleve a cabo por medio de murciélagos frugívoros, sin embargo en el caso de la caoba el agente dispersor es el viento. En Quintana Roo la dirección de los vientos predominantes provienen del este y sureste, la velocidad varía según la temporada del año. Los patrones de dispersión de semillas de los árboles son fuertemente afectados por la dirección de los vientos predominantes y el tamaño de los árboles (combinación de altura y tamaño de copa) (Cámara-Cabralles y Kelty 2009). Un árbol de 30 m de altura y situado en una zona despejada sin otros árboles vecinos puede lograr que el 80% de su semilla se disperse hasta una distancia radial de 60 m hacia el occidente (Rodríguez-Santiago and others 1994). Dentro de la selva árboles con  $D_N \geq 75$  cm pueden lograr que sus semillas se dispersen a una distancia de 30 m, en tanto que los que tienen un  $D_N \leq 75$  cm las semillas se dispersan a una distancia de 22 m (Cámara-Cabralles y Kelty 2009).

### **3.1.5 Germinación**

La semilla que proviene de árboles grandes y pequeños muestra similar tasa de germinación, requiere entre 10-40 días (figura 13) y no crea banco de semillas (Lamb 1996; Morris 1998; Morris and others 2000; Snook 1993, 1996). La semilla en Quintana Roo se dispersa entre los meses de febrero y marzo, permaneciendo en el suelo del bosque de 2-3 meses hasta que inician las lluvias en el mes de junio. Con las lluvias inicia el proceso de germinación el cual puede continuar hasta por 5 meses (Morris and others 2000). La supervivencia inicial de plántulas de caoba está relacionada a la reserva de nutrientes de la propia semilla, que se consume en aproximadamente 50 días después de la germinación (Filho and Duarte 1998). Agotadas las reservas la supervivencia depende de la fotosíntesis de la planta joven que a su vez responde a la disponibilidad de luz, agua, nutrientes del sitio y la competencia de vegetación vecina.



Figura 13. Germinación de las semillas de caoba

### **3.1.6 Depredación de semillas**

En Quintana Roo se ha encontrado que el 5% de las semillas son consumidas por depredadores en un periodo de 5-25 días después de la dispersión (Cámara-Cabralles y Kelty 2009), el porcentaje sube a 20% durante un período de 5 meses (Negreros-Castillo and others 2003). En Pará, Brasil la pérdida puede ser de hasta 40% también después de varios meses. La intensidad de depredación parece ser independiente de la distancia a la que se encuentre la semilla del árbol madre (Grogan and Galvão 2006; Norghauer and others 2006). La semilla en el árbol y casi verde es consumida por loros y tucanes principalmente; estando en el suelo la consumen hormigas, roedores, larvas de insectos y hongos (Gutiérrez-Granados and others 2011).

### **3.1.7 Gremios ecológicos**

Amplia es la discusión sobre el gremio ecológico (Swaine and Whitmore 1988) en el que corresponde ubicar a la caoba. Ha sido clasificada como: moderadamente tolerante a la sombra (Ramos y Grace 1990), pionera longevo (Whitmore 1991, 1996), climax demandante de luz (Whitmore 1998), no pionera (Gerhardt 1996), no pionera demandante de luz (Brown and others 2003), intolerante que requiere de disturbios severos y claros grandes para regenerarse (Negreros-Castillo and others 2003, 2005, 2006; Snook 1993, 1996), intermedia a intolerante a la sombra con plasticidad y aclimatación (Cámara-Cabral 2005) y apostadora que germina en el sotobosque y responden a claros (Vester y Navarro-Martínez 2007). La dificultad en identificar el gremio ecológico de la caoba obedece a su gran plasticidad a variables condiciones de luz en la que crece a lo largo de su vida, a los diversos tipos de suelo, humedad y competencia a los que se adapta (tabla 4). En Brasil concluyen que es una especie secundaria tardía que responde a liberaciones periódicas y a claros de tamaño intermedio. A los 8 años se encontró un 2% supervivencia en el sotobosque y a los 6.8 años 43% supervivencia en claros de 314 m<sup>2</sup> en promedio (Grogan and others 2003, 2005). Estos trabajos parecen confirmar que la caoba en su estado juvenil de plántula a brizal correspondería al gremio intermedia a intolerante con plasticidad y aclimatación. La clave parecen ser las liberaciones múltiples (abastecimiento de luz en forma creciente), ya que si las plántulas permanecen bajo un dosel cerrado pueden morir en un periodo de 3 años o menos. Con liberaciones múltiples y en ambientes fértiles y húmedos, brizales, vardascal, monte bravo y latizales responden rápidamente y compiten favorablemente. En disturbios severos con alta concentración de radiación solar, la mortalidad por falta de agua puede ser alta, sin embargo la semilla germina hasta que inician las lluvias, y la vegetación secundaria puede alcanzar hasta 1 m de altura en apenas de 2-3 meses lo que modifica el microambiente favoreciendo a la caoba y especies en similares gremios ecológicos.

### **3.1.8 Plagas y enfermedades**

*Hypsipyla grandella* es un barrenador de la yema apical de la familia meliaceae que se presenta en condiciones naturales y plantaciones. En las plantaciones, puede causar mermas importantes en el crecimiento de los árboles además de dañar la calidad de la madera. En su estado adulto *H. grandella* es una palomilla que deposita sus huevos en la yema apical. Al nacer las larvas se alimentan del tejido suave de la

yema creando una galería de varios centímetros, pasan por su etapa de pupa y como adultos perforan la rama para salir volando completando su ciclo vital. Generalmente la yema apical muere y las hormonas se acumulan en las ramillas del entrenudo inmediato inferior modificando su orientación para crecer hacia la fuente de luz.

En ocasiones si alguna ramilla estuviese un poco más alta, acumulará mayor contenido hormonal y otros recursos que le permiten volverse dominante y las demás regresan a su tendencia de expansión horizontal. Si las ramillas tienen la misma longitud, que es lo común, el árbol tenderá a bifurcarse en tantas partes como ramillas compitan por el liderazgo. Con el tiempo esta pérdida por la muerte del líder, y la lucha por su reemplazo deforman la arquitectura del fuste y significan menor rendimiento maderero y vigor del individuo, reduciendo, entre otros efectos, su capacidad para competir con sus vecinos por la ocupación de espacio para sus copas (Macías-Sámano 2001).

### **3.2. Características de la caoba y especies asociadas**

Por su importancia comercial, la caoba es la especie emblemática de la selva Maya. Al mismo tiempo, por su plasticidad, comparte características ecológicas con numerosas especies de importancia comercial. Este apartado proporciona valiosa información, aunque incompleta, acerca de la caoba y las otras especies de importancia comercial y ecológica asociadas con la caoba. Primeramente la tabla 4 resume las características ecológicas de la caoba en Quintana Roo, y las tablas 5 y 6 compara varios indicadores ecológicos, como tolerancia a la sombra, reproducción y regeneración, crecimiento etc., de la caoba con especies asociadas, en particular las de importancia comercial.

Tabla 4. Principales características ecológicas de la caoba en Quintana Roo

Característica	Descripción	Referencias
Hábitat		
Ambiente físico	En el relieve ondulado y plano de Quintana Roo la caoba prefiere sitios planos en áreas bajas o altas y suelos negros. Se encuentra en suelos diversos desde ricos en nutrientes hasta pobres con régimenes de humedad de secos, suelos bien drenados a muy húmedos con exceso de humedad, en suelos kársticos ricos en calcio y magnesio.	1,2

Característica	Descripción	Referencias
Dinámica		
Sociología	Considerando que existiesen fuentes de semilla, el tipo de disturbio que favorece la regeneración natural de la caoba es el que crea aperturas grandes de dosel con suficiente luz en el sotobosque y reduce la competencia al mínimo, tales como huracanes seguidos de incendios, incendios y RTQ. También la regeneración se presenta en claros pequeños provenientes de disturbios pequeños como aprovechamientos forestales, apertura de caminos, carriles de arrime y bacadillas. Con menos éxito aparece en manchones abiertos también por muerte de árboles vecinos o disturbios naturales pequeños.	5, 6, 7, 8, 3, 4
Tolerancia a la sombra	Tolerancia a la sombra de plántulas y briznas, intermedio a intolerante, por períodos no mayores de 2 años, requiere de múltiples liberaciones.  Monte bravo y latizales, intermedia a intolerante. Intermedia con condiciones de humedad, nutrientes y baja competencia, requiere de múltiples liberaciones.  Intolerante es su condición más natural y favorable en sitios que provienen de disturbios que crean condiciones de apertura total y baja competencia. En su mejor estado de crecimiento es un árbol emergente cuya copa sobrepasa el dosel general de la selva.  Árbol maduro, intolerante.	9, 10, 9, 10, 2, 3, 4 5, 6, 7, 11

Iniciación de reproducción – regeneración

Característica	Descripción	Referencias
Modo de reproducción		
Producción de fruto y semillas	Mejores productores árboles de $\geq 75$ cm DN, con copas bien desarrolladas y dominantes en el dosel, producen de 3 a 4 veces más que árboles menores de DN (61 frutos al año). La producción es variable anualmente, árboles $\leq 75$ cm DN hasta 30% de ellos sin producción cada año; árboles menores a 50 cm producen en promedio 15 frutos por año, esto es 675 semillas.	12, 13
Madurez sexual	Inicia en árboles de 20 cm DN si las copas no están dañadas y reciben luz.	10, 13
Tamaño de máxima producción de semillas	Los mejores productores son árboles de $\geq 75$ cm DN, con copas bien desarrolladas.	10, 12, 13
Frecuencia de buenos años semilleros	Producción anual irregular, árboles $\geq 75$ cm DN con menos años con cero producción. No hay o no se ha reportado.	10, 12, 13
Dispersión y época de producción de semillas	Dispersión por el viento, a 30-60 m de los árboles semilleros, pero puede alcanzar 80 m. Árboles $\geq 75$ cm DN con áreas de dispersión de 0.47 ha y menores con áreas de 0.37 ha. Semillas dispersión de marzo- abril.	14, 15
Duración de viabilidad de semillas	5 meses, semilla con gran cantidad de lípidos.	16, 17
Enfermedades y predadores de las semillas	En el árbol loros y tucanes, en el suelo hormigas, larvas de insectos varios, roedores, así como diversos hongos.	10, 15, 16

Característica	Descripción	Referencias
Germinación	La germinación con semillas frescas es de más de un 95% y se presenta en ambientes con suficiente humedad con o sin sombra de preferencia con semillas enterradas.	8, 10, 15, 16, 17
<b>Desarrollo y crecimiento de plántulas y brizales</b>		
Requerimientos de agua	Sustrato húmedo para germinación. En suelos negros mayor supervivencia y en suelos rojos con falta de humedad mayor mortandad.	8, 16, 17
Requerimientos luz	Especie intermedia a intolerante, en estado de plántula y brinal más intermedia; en estado de monte bravo y latifolial intolerante.	2, 4, 6, 7, 8, 10, 11
Crecimiento	Plántula y brinal crecimiento moderado, creciendo en claros (de 314 m <sup>2</sup> 115 cm de altura a 3.5 años, claro de 0.5 ha, 5 m de altura en 3 años). Creciendo en 50% luz a 9 meses de edad 78-95 cm de altura, 40% de sobrevivencia a los 7 años en condiciones favorables de nutrición y humedad.	2, 10
Respuesta a la liberación	Plántula muy buena. Brinal muy buena.	
Sensibilidad a la competencia por luz y a los recursos del suelo	Plántula alta sensibilidad a la competencia por luz y humedad. Brinal alta sensibilidad a la competencia por luz y humedad.	5, 11, 19
Principal agente dañino	<i>Hypsipyla grandella</i> , la larva de la palomilla ataca las plántulas, brizales y monte bravo causando deformación y reducción del crecimiento.	4, 20
Mortalidad	Plántula y brizales con alta mortalidad en ambientes cerrados del dosel, con competencia de otras especies y de bejucos después del primer año.	2, 7, 8, 10

Característica	Descripción	Referencias
<b>Crecimiento de árboles</b>		
Índice de sitio	Información inexistente	
Turno	En Quintana Roo no hay elementos para definir turno Información insuficiente.	
Típica longevidad natural crecimiento en DN	1.0 - 0.38 cm año <sup>-1</sup>	4, 18
<b>Factores estresantes tolerancia y resistencia</b>		
Tolerancia a viento	Árboles maduros alta tolerancia por contrafuertes.	
Tolerancia a huracanes	Árboles intermedios muy poca tolerancia; intensa pérdida de ramas de la copa por ser árbol emergente.	
Tolerancia a sequía	Muy baja de plántulas creciendo en suelos rojo, moderada en plántulas creciendo en suelo negro.	
Tolerancia a inundaciones y altos mantos freáticos	Buena tolerancia, soporta inundaciones periódicas, pero reduce el crecimiento.	
Otros factores estresantes	Información inexistente.	

Nota: Los números de las referencias aparecen en la bibliografía al final de la cita correspondiente.

Tabla 5. Tolerancia a la sombra, reproducción, establecimiento y crecimiento de la caoba y especies asociadas.

Especies	Tolerancia a la sombra plántulas y briznales Y latizales	Método de reproducción	Años semilleros	Cama de siembra preferida	Referencias
Caoba ( <i>Swietenia macrophylla</i> King)	Plántulas y briznales, Intermedia a intolerante. Monte bravo, latízal, más intolerante	Semillas Regeneración avanzada	Aparentemente sin periodicidad, Información escasa Producción anual irregular	Suelo mineral	3, 4, 5, 6, 7, 8, 10.
Chechem negro ( <i>Metopium brownei</i> (Jacq.) Urban)	Plántulas y briznales, intolerante, apostador	Semillas Regeneración avanzada	Información inexistente	Suelo mineral	19, 3, 4
Amapola ( <i>Pseudobombax ellipticum</i> (Kunth) Dugand)	Plántulas y briznales, apostador (intolerante)	Semillas Regeneración avanzada Retorños	Información inexistente	Suelo mineral	3, 4
Chaca roja ( <i>Bursera simaruba</i> L. Sarg.)	Apostador extremo (muy intolerante).	Semillas, Retorno	Información inexistente	Suelo mineral	3, 4
Tzalam ( <i>Lysiloma latifolium</i> (L.) Benth.)	Plántulas y briznales, intolerante	Semillas Regeneración avanzada	Información inexistente	Suelo mineral	19, 4

Especies	Tolerancia a la sombra plántulas y briznales Y latizales	Método de reproducción	Años semilleros	Cama de siembra preferida	Referencias
Jabin ( <i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg.)	Plántulas y briznales, muy intolerante	Semillas	Información inexistente	Suelo mineral	19, 4
Sakchaca ( <i>Dendropanax</i> <i>arboreus</i> (L.) Decne. & Planch.)	Plántulas y briznales, moderadamente intolerante; apostador (intolerante)	Semillas Regeneración avanzada Retoños	Información inexistente	Suelo mineral	19, 3, 4
Guano ( <i>Sabal japa</i> C. Wright ex H.H. Bartlett)	Plántulas y briznales, Tolerante	Semillas, gran producción de semillas Regeneración avanzada	Información inexistente	Indistinto	19
Zapote ( <i>Manilkara zapota</i> (L.) P. Royen)	Plántulas y briznales, Tolerante (luchador).	Semillas Regeneración avanzada	Información inexistente	Indistinto	19, 10, 4
Boob ( <i>Coccolobas spicata</i> Lundell)	Plántulas y briznales, moderadamente tolerante a tolerante	Semillas Regeneración avanzada Retoños	Información inexistente	Indistinto	19

Referencias	Cama de siembra preferida	Años semilleros	Método de reproducción	Tolerancia a la sombra plántulas y briznas Y latizales	Especies
19	Indistinto	Información inexistente	Semillas	Plántulas y briznas, moderadamente intolerante	Tá'astab ( <i>Guettarda combii Urb.</i> )
4, 19	Indistinto	Información inexistente	Semillas	Plántulas y briznas, luchador (intermedio o moderadamente intolerante)	Granadillo ( <i>Platymiscium yucatanum Standl</i> )
10, 4, 3	Indistinto	Información inexistente	Semillas Regeneración avanzada Forma banco de semillas	Plántulas y briznas, intermedia a intolerante. Apostador (intolerante)	Siricote ( <i>Cordia dodecandra A. D. C.</i> )

Nota: Los números de las referencias aparecen (entre paréntesis) en la bibliografía al final de la cita correspondiente

Tabla 6. Crecimiento, respuesta a la luz, competencia y mortalidad de la caoba y especies asociadas.

Especies Nombre común nombre científico	Crecimiento	Desarrollo y crecimiento de Plántulas y Briznales		
		Respuesta a la abertura del dosel	Sensibilidad a la competencia	Mortalidad
Caoba <i>Swietenia macrophylla</i> King	Plántulas y briznales: moderado. Monte bravo, latizal	Muy buena Muy buena.	Plántula muy alta Briznal alta	Plántula: muy alta el primer año con competencia y secas. Briznal: alta con sombra, sin suficiente humedad del suelo y con alta competencia.
Chechem negro <i>Metopium brownei</i> (Jacq.) Urban	Plántulas y briznales, moderado. Para individuos de ≥10 cm 0.23 cm año.	Muy buena.	Moderada	Información inexistente
Amapola <i>Pseudobombax ellipticum</i> (Kunth) Dugand	Plántulas y briznales, moderado o rápido	Muy buena.	Información inexistente	Información inexistente
Chaca rojo <i>Bursera simaruba</i> L. Sarg.	Plántulas y briznales, moderado o rápido	Información inexistente	Información inexistente	Información inexistente
Tzalam <i>Lysiloma latisiliquum</i> (L.) Benth.	Plántulas y briznales, moderado o rápido	Muy buena	Información inexistente	Información inexistente
Jabín <i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg.	Plántulas y briznales, moderado o rápido	Muy buena	Información inexistente	Información inexistente

<i>Sakchaca</i>	Plántulas y briznas, moderado o rápido	Muy buena	Información inexistente	Información inexistente
<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. & Planch.				
<i>Guano</i>	Plántulas y briznas, lento	no existe información	Información inexistente	Información inexistente
<i>Sabal yapa</i> C. Wright ex H.H. Bartlett				
<i>Zapote</i>	Plántulas y briznas, lento	Muy buena	Baja	Baja mortalidad
<i>Manilkara zapota</i> (L.) Royen				
<i>Boob</i> ( <i>Coccoloba spicata</i> Lundell)	Plántulas y briznas, moderado	Información inexistente	Información inexistente	Información inexistente
<i>Tá'astab</i>	Información inexistente	Muy buena	Información inexistente	Información inexistente
<i>Guettarda combsii</i> Urb.				
<i>Granadillo</i>	Información inexistente	Información inexistente	Información inexistente	Información inexistente
<i>Platymiscium yucatanum</i> Standl)				
<i>Siricote</i> <i>Cordia</i> <i>dodecandra</i> A. DC.	Plántulas y briznas: moderado. Monte bravío, latízal y postes: moderado	Muy buena	Moderada	Plántula: moderada el primer año. Brinzal: moderada

# CAPÍTULO IV. PRINCIPIOS TEÓRICOS PARA LA SILVICULTURA DE LAS SELVAS DE CAOBA

## 4.1 Premisas

Se asume que el productor forestal (individuo, comunidad o empresa) tiene dominio legal sobre el bosque y es responsable de la toma de decisiones. La política de manejo es la de comercializar madera y producir otros productos de la tierra, sujetándose a lo marcado en la legislación.

## 4.2 Los bosques naturales de la caoba

Las selvas de caoba en Quintana Roo son extensas, y dentro de ellas existen manchones en donde la caoba existe en cantidades abundantes de especímenes en casi todas sus etapas de vida. Los inventarios indican que la regeneración es muy limitada o inexistente, pero hacen falta más estudios para conocer científicamente la proporción y balance de todas las etapas. Considerando la historia, la conclusión aceptada por el momento es que no hay bosque natural, sólo vegetación resultado de 4 mil años de cultura maya (Vogt and others 1964). En el caso de la caoba como especie guía del manejo de la selva mixta, la política razonable es buscar un flujo continuo de renuevos que cubra sistemáticamente, año con año, una cierta superficie de terreno en donde crezca una mezcla de especies poco más o menos similar a la anterior, tal vez enriquecida con la especie favorita. Queda también la opción de plantarla como complementación y/o como plantación comercial para que no falte esta especie.

## 4.3 Escenario base

Sea un predio forestal ocupando un espacio territorial mayor a 10 000 ha y cuente con plenos derechos de propiedad agraria vigentes, para cualquier tipo de tenencia (privada, ejido, comunidad).

Sea la intención del propietario el cultivo permanente comercial silvícola de las masas maderables de su predio, para obtener productos comerciales en rollo de múltiples especies y especificaciones (tamaño, defectos, calidad, etc.).

Existe disponible una tecnología de aprovechamiento que permita al productor ejecutar el apeo, troceado y arrime de los trozos, la construcción de caminos permanentes, brechas de saca, carriles de arrime y bacadillas (patios de concentración de trozas). Se ocuparían mayormente, pero no exclusivamente, tractores articulados y motosierras.

Los propietarios del bosque podrán ser empresarios que contratan las labores, o quienes realizan todo o parte del proceso, desde la cosecha hasta la entrega del producto en el patio de concentración.

La bacadilla será el punto de venta y punto de control administrativo del movimiento de productos.

El objetivo de manejo será la gestión responsable de las oportunidades potenciales factibles, de acuerdo al escenario biológico y legal con miras a cuidar el patrimonio de los dueños. Es decir, el objetivo será maximizar el valor actual de la suma de beneficios económicos netos futuros sobre un horizonte ilimitado (principio de M. Faustmann 1849). Este objetivo es directamente aplicable dentro de los parámetros de planeación del PMF.

El objetivo silvícola será la búsqueda de ocupación-plena productiva con la mezcla natural de especies forestales, con un incremento de las especies útiles (por ahora las 24 incluidas en la tabla 3). Especial atención se pondrá en incrementar la presencia de la caoba, hasta alcanzar la ocupación-plena biológicamente viable, sin poner en riesgo la presencia de las otras especies. En la mayoría de sitios caoberos esto implica una acumulación de AB de hasta 80% de las 24 especies prioritarias, con caoba no menor a 5% del área basal; estas cifras se traducen aproximadamente en 10 caobas > 10 cm DN por hectárea de diámetro en masas juveniles y maduras, o 100 vardazcales bien establecidos en rodales jóvenes.

El principio silvícola central es la forma en que cada árbol en el bosque logra ocupar un espacio desde el cual recibe luz solar directa. Este principio, sin ser el único, es suficiente para precisar la dinámica de la masa forestal y su reacción a labores silvícolas y a variación ambiental. En consecuencia las funciones más importantes, motivo de atención por parte del silvicultor serán: natalidad (regeneración), incorporación, mortalidad, crecimiento y rendimiento.

#### **4.4. Dasocracia**

La regulación de la corta es un proceso que genera un plan de cortas cuya tarea será la de asignar tratamientos silvícolas para gobernar la dinámica de tramos sucesivos de selva hasta completar ciclos de X número de años (por ahora X=20). Se mantiene la práctica usada en Quintana Roo de dividir el área total del bosque en 20 secciones, y cada sección es el área de corta anual. La unidad mínima de tratamiento será el “grupo de árboles interactuantes” (GAI) en el cual árboles individuales interactúan de forma notoria entre sí, causando interferencia mutua en la expansión de copas. El área de corta anual estará conformada de un mosaico de GAI. Para fines de algunos casos en donde haya ventajas en realizar tratamientos en superficies compactas mayores, se asignaría el mismo tratamiento a un conjunto de GAI adyacentes suficientemente grande. El control administrativo puede ser individualizado por GAI, o pueden constituirse unidades territoriales más grandes donde el uso de funciones de probabilidad evita la necesidad de separar los datos por GAI o ubicarlos en mapas. Lo recomendable, sin embargo, es controlar cada GAI, siempre que sea posible, ubicarlos en mapas, para facilitar la aplicación del sistema propuesto e ir adquiriendo suficiente experiencia (Curiel y Mendoza 2007).

#### **4.5 Diagnosis**

El proceso de planificación silvícola se inicia con un diagnóstico, aplicando un inventario de prescripción (IP) y un inventario de existencias (IE). Los detalles técnicos (muestreo, instrumentos , protocolos, etc.) del IE es bien conocido y aplicado, por lo que no será discutido. El IP recolecta información para alimentar los mecanismos cuantitativos de control y de pronóstico de crecimiento, natalidad, incorporación, salud y rendimiento (contenido de productos comerciales). Los IP y el IE son una muestra del área de corta anual, ambos inventarios tienen el mismo tamaño de muestra y potencialmente se pueden realizar al mismo tiempo. Por razones prácticas y de control se podría realizar usando parcelas de 900 m<sup>2</sup> de forma tendiente a cuadrado (30x30m). Dentro de las parcelas del IP se identifican los GAI y en cada uno el 100% de individuos (de estado de brizal en adelante) se valora como de calidad alta o baja y se define su etapa de desarrollo (apartado 4.6). Cada GAI registrado en el inventario se asocia a indicadores de sitio. Los atributos de los sitios generalmente cubren áreas grandes, por lo que varias parcelas del IP compartirán las mismas características de sitio. Los atributos incluyen la microtopografía y elevación del terreno

en función de cuánto de él es inundable, y si estas partes sólo son charcas anegadas o si es un espacio amplio bajo agua en la temporada de lluvias o si esta condición se extiende un lapso más largo del año. Al describir el tipo de suelo, en especial cualidades físicas como color, pedregosidad, drenaje, homogeneidad, profundidad de los horizontes de leña, hojarasca, humus, capa orgánica; muy práctico es utilizar la clasificación maya de los suelos que abarca la mayoría de los atributos mencionados. Se acompaña la descripción del sitio de observaciones sobre fuego, erosión, tocones, labores mecánicas, especies indicadoras (plantas, animales, organismos menores). Se debe contar con suficientes parcelas de muestreo por área de corta anual, como para tener estadísticos confiables y sin sesgo.

Modelos de simulación silvícola deben generar recomendaciones que ayuden al personal de inventario a prescribir los tratamientos en el campo al momento de llevarlo a cabo. La mayoría de las prescripciones incluirán metas para el área que cubre cada una de los diversos tipos forestales y estados sucesionales (estructuras) (figura 14). Información adicional de apoyo se llevará al campo para ayudar en el diseño de las prescripciones. La información de apoyo incluirá, calidad de estación, régimen de disturbios naturales deseados, sistema silvícola recomendado, pronósticos de escenarios posibles para regeneración, crecimiento, incorporación, mortalidad, salud y rendimiento. El nivel de calidad estadística deberá ser tal que claramente permita diferenciar entre prescribir uno u otro tratamiento silvicultural (figura 15).

El procedimiento del IP se repite durante el marqueo, excepto que en este caso no será inventario sino censo. Las reglas de marqueo se seguirán tan fielmente como sea necesario para distribuir uniformemente los tratamientos en el área de corta sin sobrepasar el volumen autorizado. Los árboles de especies raras o en peligro se retienen independientemente de su calidad.



Renuevo 20%	Madura sin árboles comerciales 10%	Madura con pocos árboles comerciales 30%	Juvenil con alta ocupación de árboles comerciales 20%	Madura con alta ocupación de árboles comerciales 20%
----------------	---	---	---	--

Figura 14. Ejemplo idealizado de estados sucesionales (estructuras) posibles de identificar en un IP (porcentajes del total del área de muestreo en un área de corta).

En conclusión el IP proporciona una estimación de los porcentajes de las diferentes etapas de desarrollo del bosque presentes y una lista de los diferentes tratamientos silvícolas posibles y necesarios (actuales o concurrentes). El IP requiere que se visite cada GAI en el área de muestreo del área de corta anual y que lo realice un silvicultor regional experimentado que pueda determinar prioridades entre los tratamientos silvícolas factibles.

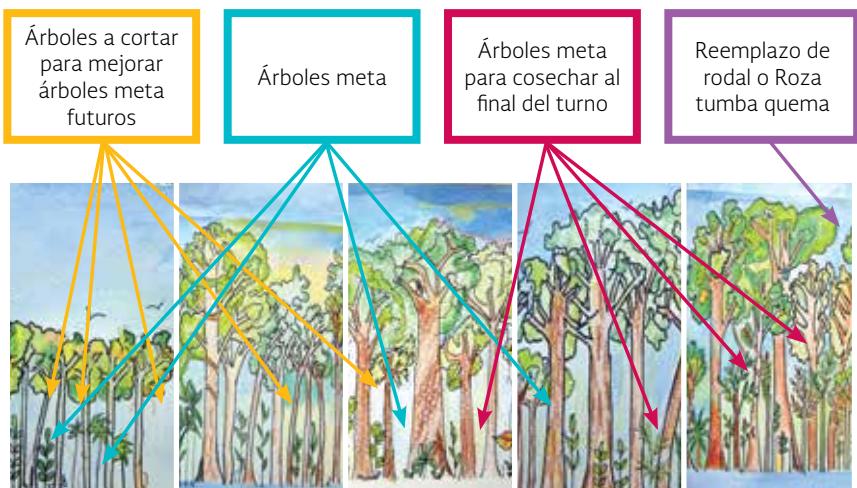


Figura 15. Ejemplo idealizado de prescripción de tratamientos identificados durante el IP.

## **4.6 Calidad, vigor y vitalidad del árbol meta**

Se busca lograr la ocupación-plena del terreno forestal, lo que implica que está exitosamente ocupado al 100% por árboles de calidad alta de las especies preferidas (tabla 13) y cualquier etapa de desarrollo de la selva, o existe la evidencia de que en un tiempo aceptable un árbol ocupará el espacio de crecimiento disponible de ese lugar. En el resto de esta publicación identificamos a estos árboles como “árbol-meta”. La calidad de un árbol se define por la combinación de la vitalidad (dominancia) y grado de calidad (alta o baja). Un individuo dominado o intermedio rara vez responderá a liberación o por lo menos es incapaz de regresar a la clase codominante aunque continúe vivo por mucho tiempo y pueda ir mejorando su prospectiva. El tiempo para pasar de una etapa a otra podrá ser variable y para el propósito de toma de decisiones es poco relevante.

**Las etapas de desarrollo de cada especie de árbol podrán agruparse en las siguientes categorías:**

- 1. Plántula:** recién germinado, no hay hojas verdaderas ni copa.
- 2. Brinal:** renuevo sin copa diferenciada pero con ramas y desarrollo anatómico que evidencia haber sobrevivido más de una temporada seca.
- 3. Vardascal:** juvenil con copa bien diferenciada, sin señales posibles de dominancia.
- 4. Monte bravo:** juvenil no reproductivo, sin productos, capaz de alcanzar cierre de copas y presencia de indicios de dominancia.
- 5. Latizal:** inicia fecundidad, pocos productos de baja calidad y tamaño.
- 6. Fustal:** alta fecundidad, viabilidad alta de semillas y propágulos, alta calidad de productos.
- 7. Viejo fustal:** señales de senilidad y decrepitud, menor esfuerzo reproductivo y baja viabilidad de semillas y propágulos; productos propensos a deterioro, daños y defectos. Abundantes epífitas y otras señales de pudrición del fuste.

**La vitalidad del arbolado se expresa en niveles de dominancia, que a continuación se presentan:**

- a. **Árbol lobo, crecido en abierto:** expansión irrestricta de copas, amplio espacio disponible pero no ocupado ni ocupable, luz llegando al árbol todo el tiempo de fotoperiodo, generalmente ramudo, frondoso, y con altura menor de la que se tendría a la misma edad si estuviera dentro del bosque.
- b. **Dominante:** largo de copa promedio para un individuo que hasta ese momento ha desarrollado sin limitaciones a su expansión de copa en toda su vida. Copas simétricas de proyección circular, marcada dominancia apical.
- c. **Codominante:** largo de copa similar a dominante, pero simetría tridimensional de la copa ligeramente afectada por vecinos, pero mantiene dominancia apical como indicador de futuro desarrollo de copa.
- d. **Intermedio:** largo de copa fuertemente menor a lo normal, fuerte limitación al desarrollo de ramas, tal que la mayor parte de la copa ya no tiene espacio para expandirse, pero la altura total del árbol le permite estar en el dosel superior o por lo menos recibir luz directa en la punta durante la mayor parte del día.
  - a. **Dominado:** menor altura que los vecinos que interactúan con él, estará sombreado casi todo el día, su copa será de geometría asimétrica tridimensional.
  - b. **Suprimido:** dominado que se empieza a doblar y podría morir en poco tiempo. Este es el árbol de la menor calidad posible.

### **Evaluación de la calidad de la etapa de desarrollo del bosque**

1. **Renuevo.** Arbolado ya establecido, que presenta las cualidades anotadas para el caso de vardascal en adelante, pero con DN menor al requerido para entrar en el inventario.
2. **Juvenil.** Arbolado con DN mayor al mínimo para entrar en el inventario, aún no reproductivo, con fuste formado sólo de albura, o bien poco duramen, menor a la mitad del volumen. Raramente se presentarán epífitas, lesiones o deformaciones de

la arquitectura normal de la copa. La corteza generalmente es lisa o con placas poco diferenciadas, y para algunas especies se presentan estructuras anatómicas de defensa, como es el caso de espinas. Este tipo de arbolado puede tener cualquier edad, dimensiones o dominancia. Ocasionalmente hay oportunidades de crear productos comerciales con ellos, en especial los productos maderables no convencionales, y en ese sentido este tipo de arbolado puede ser considerado parte de la cosecha, y viceversa; si no se puede vender o extraer productivamente, su eliminación implica derribo y abandono, con costos acumulables con cargo a cortas comerciales futuras.

**3. Maduro.** Arbolado con DN para entrar en el inventario, con fuste conteniendo al menos la mitad de su volumen en duramen. Fisiológicamente apto para reproducción, y con expresiones claras de fecundidad abundante en la época de floración y fructificación. La corteza es más rugosa que en juveniles, pero ya perdió sus estructuras de defensa. Raramente habrá epífitas o cualquier otra señal de estancamiento o acumulación de humedad en las ramas. El arbolado maduro es el que contiene valor comercial y sobre él se concentra el volumen de remoción. Cortar otros árboles que no estén maduros, o ya se pasaron de esta etapa, es posible y deseable si la prescripción silvícola lo precisa, pero no es necesario extraer o intentar vender este material.

**4. Senil.** Arbolado decrepito, a veces inclinado, algunas ramas con poco follaje, o muertas, con signos de pudrición de fuste y presencia de epífitas y cavidades con fauna, así como señales de termitas. Reproductivamente es poco activo, pero por su tamaño de copa suele aportar constantemente al banco de semillas del suelo, no importa que muchas de sus semillas y frutos sean vanos, con los años la cantidad de semillas de estos árboles es ampliamente suficiente para reocupar el sitio con la misma especie. El arbolado senil ya no es apto para cosecha pero sí como fuente de semillas y propágulos, así como sombra, hábitat para fauna y ocupación-plena. Los indicios de decrepitud, si bien son inevitables con la edad, pueden expresarse en todas las especies a cualquier edad, tamaño y nivel de dominancia.

## CAPÍTULO V. PRÁCTICAS SILVÍCOLAS PARA LAS SELVAS DE CAOBA

### 5.1 Introducción

Este capítulo contiene el sistema silvícola aplicable al manejo de las selvas mezcladas e incoetáneas de Quintana Roo en donde se desarrolla la caoba (selvas de caoba). En lo general los términos y definiciones silvícolas utilizados en esta publicación corresponden a lo que se conoce en México. Sin embargo la silvicultura de selvas de caoba requiere estrategias poco tradicionales por lo cual en donde los términos conocidos tengan poca aplicación se usarán nuevos conceptos y términos. Los parámetros silvícolas y especificaciones de tecnología de caminos, maquinaria y logística del acopio de la madera del bosque que esta publicación supone son los actualmente disponibles en la Península de Yucatán, lo mismo que el entorno institucional, legal y de mercados de factores (dinero, trabajadores, maquinaria, infraestructura, datos, tecnología), de productos de madera en rollo.

El sistema silvícola que se propone en esta publicación busca modificar el régimen de disturbios que se presentan espontáneamente en la selva de caoba, para favorecer regeneración, sanidad y crecimiento de las especies de importancia comercial incluyendo la caoba. El disturbio silvícola incluye la cosecha integral (tanto de caoba como de otras especies), la elaboración de productos como el carbón (cuando aplique), la creación de condiciones de regeneración (claros), y tratamientos suplementarios (preparación de sitio, manejo de residuos, deshierbe, cuidados post cosecha). El sistema aplicado sería para crear rodales con árboles de calidad alta, coetáneos mixtos y con la caoba como especie guía.

Son dos los sistemas silvícolas propuestos para crear este tipo de rodales:

**1. Reemplazo de rodal.** Implica remover, en una sola operación, todos los árboles y el sotobosque. El tratamiento está planeado para cosechar eficientemente el total de productos disponibles mientras crea el espacio para el establecimiento de una nueva masa coetánea, conteniendo la mezcla de especies propia de la región, con preponderancia de las especies deseadas. Esto puede ser necesario cuando el IP indique la presencia de un número deficiente de árboles meta.

**a. Prescripción para el sistema de reemplazo de rodal**

El técnico y sus colaboradores que ejecutan el marqueo parten de la información sintetizada del IP como primera aproximación para dar tratamiento al área de corta anual. Debido a que el procedimiento de marqueo es un censo, los tratamientos aplicados pueden discrepar de lo recomendado por el IP y el IE, debido a que la muestra usada para desarrollar la prescripción no incluye situaciones encontradas durante el marqueo de toda el área de corta.

**2. Roza-tumba-quema (RTQ).** RTQ es un sistema silvícola ancestral que ha mostrado la mejor capacidad de favorecer el establecimiento de caoba y un numeroso grupo de especies de importancia comercial (tabla 3). La práctica de este sistema silvícola varía a lo largo de la Península de Yucatán. La RTQ es un sistema sólido sea que se conduzca con un ciclo largo ( $> 25$  años) que sistemáticamente recorre el bosque atendiendo la parcela agrícola así como la vegetación de barbecho forestal, o bien que se trate de ciclo corto ( $> 7 < 12$  años) durante el cual sólo se atienda intensivamente a las áreas con maíz (2 a 6 ha anuales). El factor clave es que las parcelas agrícolas están en todo momento rodeadas de bosque y siempre regresan a cobertura arbórea natural y permanecen con ella por muy largos períodos de tiempo.

## **b. Prescripción para el sistema RTQ**

En roza-tumba-quema, previo acuerdo con el productor para elegir las parcelas adecuadas que tienen potencial para cultivar maíz, se definen los cuarteles o compartimentos y el orden en que serán cultivados, pensando ciclos largos de más de 25 años. El tamaño de cada parcela cultivada será el tradicional de cada región, generalmente de 0.5 a 6 hectáreas contiguas. El manejo será para policultivo, y favoreciendo caoba que se vaya estableciendo en forma natural o artificial si fuera necesario. Dentro de la zona de barbecho, anualmente el productor selecciona terrenos de los que se puede extraer leña, palizada y otros productos. Además de recolectar productos, el productor libera los árboles meta cuando sea necesario. Con el tiempo, la composición y densidad del bosque con árboles meta mejora hasta un punto en el que vuelva a ser objeto de RTQ .

## **5.2 Prescripciones concurrentes**

Cada GAI recibirá siempre sólo uno de cinco prescripciones concurrentes, además de dos prescripciones complementarias. Las prescripciones concurrentes son mutuamente excluyentes y se refieren a las acciones viables para el ciclo siguiente. Una o varias de las prescripciones complementarias pueden aplicarse a cada una de las prescripciones concurrentes.

### **Prescripciones concurrentes:**

**1. Nada.** El sitio tiene condiciones ideales, es decir, el sitio tiene ocupación-plena de árboles meta. Cuando continuar con la tendencia natural, sin alteraciones por tratamientos silvícolas es lo adecuado. También es para sitios que por situaciones de disturbio natural reciente los individuos que el tratamiento hubiera removido, ya murieron y no hay necesidad de corregir nada, ni siquiera en grupos aislados que hayan retenido la condición previa. Por último, puede ser una recomendación administrativa para mantener frecuencia y superficie ocupada por tipo de etapa sucesional.

**2. Corta intermedia.** Control de composición, o sea, favorecer árboles meta, control de densidad para reducir competencia. La corta intermedia también controla densidad, reduce competencia, elimina bejucos y otras plantas agresivamente compitiendo con los árboles meta. La regla esencial de este tratamiento es que

el espacio liberado al cortar individuos mayormente debe ser reocupado por arbolado preexistente. Ninguna apertura debe ser tan grande que sea viable que aparezcan renuevos de arbolado de cualquier especie, pero es perfectamente posible que la apertura intencionalmente libere y permita desarrollo de arbolado del estrato inferior que esté previamente establecido. La regla sobre intensidad de corta será el mantener “ocupación-plena” con árboles meta. Si las condiciones iniciales no permiten alcanzar ocupación-plena en forma inmediata, se podrá tener metas parciales de ocupación menor por un tiempo razonable, pero sujeto a una secuela de conversión para lograr la ocupación-plena (100%). El espacio mínimo ocupado será aquel correspondiendo a la típica cobertura de copa de un árbol de etapa fustal (~150 m<sup>2</sup>), y si ya está ocupado por un fustal, está plenamente ocupado, pero si está presente arbolado de otra etapa de desarrollo, se espera ocupación-plena si hay suficientes de ellos de alta calidad para uno llegar a fustal sin perder su calidad.

**3. Corta final y regeneración.** Cosecha de arbolado comercial de cualquier especie, realizada de forma tal que se anticipa que los espacios liberados serán ocupados por regeneración de una mezcla de especies propia del tipo forestal del sitio. Aparte de cortar los árboles de los GAI, se cortan también los árboles adicionales que sean necesarios para provocar el renuevo. Igualmente después de la cosecha y por varios años se ejecutan las labores complementarias cuando sean necesarias. Estas labores incluyen preparación mecánica o con fuego de la cama de germinación, control de desperdicios, y la prevención de invasión de hierbas y bejucos indeseables. El tamaño recomendado de apertura para favorecer establecimiento de las 24 especies prioritarias (tabla 3), y la emblemática caoba, es de no menos de 0.5 ha, y no más de 6 ha, con 2 ha como recomendación general. La elección dependerá del criterio del profesional de experiencia en la región, y de las oportunidades de mercado para vender la diversidad de productos provenientes de la cosecha total.

En caso necesario debe contemplarse la posibilidad de plantar una cantidad complementaria de las especies deseadas, o incluso siembra directa de semillas envueltas en capas nutricionales y protectoras. En sitios con presencia de caoba, o sitios potencialmente caoberos (suelos oscuros, buena humedad, no inundables, con o sin rocas expuestas, buen drenaje, ligeramente arriba de la media de elevación sobre el nivel medio del suelo), la plantación puede preferirse que sea de caoba (Ver tabla 7 para más detalles sobre la caoba). La densidad recomendada a plantar es de un árbol de cualquier especie prioritaria cada 50 m<sup>2</sup> (200 plantas/ha) pero no en forma sistemática sino aprovechando micrositios favorables a caoba. No menos de 10% (n=20) de los árboles plantados se recomienda sean caobas, si bien la composición de lo plantado debe complementar la meta final sumándose a la composición de los retenidos, más los naturales que se establezcan luego del tratamiento.

El suelo se prepara aflojando una cepa amplia y profunda, donde se planta un individuo de 4-5 meses de edad provenientes de semilla local, en viveros donde el régimen haya sido de alta restricción y fomento a lignificación (mínimo 4 mm de diámetro a la base), con una altura de tallo de 30 a 40 cm, raíz de no más de 25 cm, con abundante masa de raicillas, sin señales de enroscamiento, con frondas sanas de al menos 15-25 cm de largo cada una. La cosecha del área de corta puede ser total, o dejando legados ocasionales, pero el dosel alto no debe ser más de 25% de la cobertura plena del suelo. La labor se evalúa anualmente 2-3 meses antes de la época de lluvias para detectar necesidades de labores adicionales en función del % de ocupación-plena logrado.

Como variante de este tratamiento cabe la opción de permitir algunos árboles padre de cualquiera de las especies deseables (tabla 3) que hubiera presentes, tratando de que su distribución aporte una lluvia de semillas suficiente para cubrir el total del área cortada. Si no los hubiera homogéneamente dispersos, o si fallara el establecimiento de regeneración, se puede complementar con plantación para asegurar ocupación-plena en un tiempo razonablemente corto. Las especificaciones de tratamientos complementarios y los criterios de marcaje son esencialmente los mismos que en el tratamiento de reemplazo de rodal que se acaba de describir arriba.

El objetivo de la corta de regeneración, más labores culturales subsecuentes, es lograr ocupación-plena del sitio con la mezcla total de especies, con alrededor de 80% de la ocupación por parte de las 24 especies prioritarias (> 5% de ella sería caoba), equivalentes a la etapa madura a una densidad de 100 a 200 árboles, con área basal de 20 a 35 m<sup>2</sup>/ha, > 200 m<sup>3</sup>/ha volumen en pie. El tiempo para lograr estos resultados dependerá de la calidad de estación, el régimen natural de disturbios, y la intensidad del manejo. Por el momento este lapso de tiempo no puede ser establecido. Se requiere mayor experiencia que sustenten una determinación fiable.

**4. Protección forestal.** Estas son labores para prevenir o remediar las incidencias o exposición a riesgos, en especial riesgos meteorológicos como huracanes, incendios y derribos por viento; así como efectos de inundación extraordinaria. También se refiere a la recuperación y retorno a la producción de áreas extensas quemadas (> 20 ha).

**5. Régimen especial.** Se refiere a los sitios donde ocurre agricultura de policultivo con orillas arboladas o arbolado tolerado dentro de la parcela, huertos de traspatio, agrosilvicultura, plantaciones comerciales y otros usos del suelo que mantienen algo de arbolado forestal comercial, sin ser parte del área forestal para manejo comercial.

### **5.3 Prescripciones complementarias**

**1. Nada.** El tratamiento prescrito causará suficiente y adecuada modificación del sitio.

#### **2. Control de riesgos.**

- 2a.** Reducción de riesgos de fuego mediante quema controlada.
- 2b.** Reducción de riesgos sanitarios eliminando arbolado susceptible cuando se han detectado condiciones de exposición a factor de riesgo.

## **5.4 Implicaciones de ordenación**

La regulación de la corta puede seguir cualquier método o regla general siempre y cuando permita un tratamiento separado para cada GAI (o grupo de GAI). Por defecto se entiende que el método de regulación será el de Control de Inventarios, el cual define sus políticas a partir de una frecuencia de GAI clasificados por estado sucesional y contenido de árboles meta. Se eligen áreas de corta en base a las que más urgentemente necesitan cosecharse. La prioridad silvícola es un rango jerárquico que se deriva de las recomendaciones del IP y de los pronósticos de simulación sobre que pasaría a cada sitio en caso de que no se hagan labores en el siguiente ciclo. La red caminera debe aprovecharse en forma que cumpla con las restricciones biológicas y operativas, al tiempo que mantienen el ritmo de extracción de trocería comercial por arriba de 7 m<sup>3</sup> /ha por jornada de trabajo.

## **5.5 Implicaciones para la ingeniería de la extracción**

### **Los tratamientos silvícolas requieren de las siguientes medidas:**

- Derribo direccional cuidadoso tratando de minimizar daños al arbolado residual; jamás por ningún motivo derribar si hay riesgo de lastimar cualquier árbol meta o árboles marcados a dejar (semilleros o valiosos)
- Troceado en punto de apeo
- Carriles de arrime previamente trazados para llegar a no más de 15 m del punto de apeo, a menos que se tengan mecanismos de arrime lateral con animales o fuerza motriz (pero no trifarmers).
- Control de desperdicios con cualquier método que deje al menos dos árboles muertos en pie por hectárea (si los hubiera), de más de 40 cm DN.
- Al terminar las labores en un área de corta preparar los caminos permanentes y brechas de saca para soportar varias temporadas de lluvia con mínimo mantenimiento
- No remover material leñoso grueso (> 40 cm DN), si está podrido, en pie o en el suelo, y la carga total es menor a 200 ton/ha. Aportar los residuos de corta de gran tamaño para completar la carga deseada de combustibles gruesos (al menos mantener 80 ton/ha).

- Cumplir reglas y restricciones obligatorias en la zona de trabajo de tipo ambiental, conducción de biodiversidad, sitios frágiles y especies protegidas.

### Otras medidas opcionales deseables:

- Mantener la mezcla de especies natural del tipo forestal, preferentemente con árboles meta y también retener los individuos gigantes de cada especie, sean o no de calidad alta pero que pueda haber presencia deseable de uno cada 10 ha.
- Controlar incendios y otros siniestros sólo cuando los algoritmos de predicción señalen alta posibilidad de daños extensos a instalaciones, o riesgo a personas. El control de siniestros al interior del bosque, que no amenacen estructuras o personas, dependerá de la frecuencia actual y la deseada de tipos de GAI y el efecto pronosticado del siniestro en estas probabilidades.
- Rescate después de disturbios de gran magnitud, como huracanes e incendios catastróficos. Desde el punto de vista silvícola, el sitio debe ser evaluado de acuerdo a las políticas que definen las acciones necesarias.

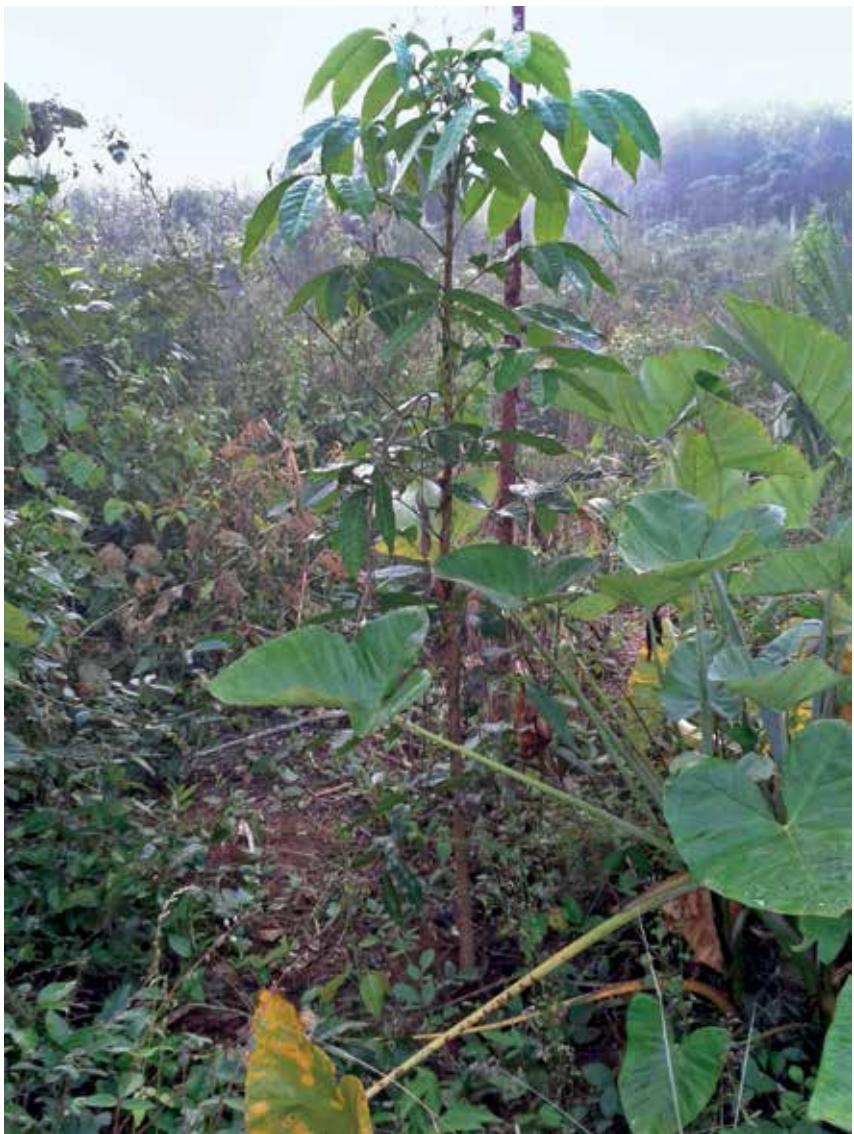
Tabla 7. Síntesis y secuencia de labores de cultivo para el sistema silvícola de roza tumba quema o reemplazo de rodal para la regeneración de la caoba.

Etapa	Tratamiento	Descripción breve
Año 1		
Selección de sitio de tratamiento	Cosecha	Identificación con las características preferidas para la caoba: suelos oscuros, buena humedad, no inundables, con o sin rocas expuestas, buen drenaje, ligeramente arriba de la media de elevación sobre el nivel medio del suelo.
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cosecha de caoba comercial</li> <li>• Cosecha de árboles maderables de otras especies</li> <li>• Cosecha de todos los árboles dentro de la categoría de palizada</li> <li>• Elaboración de carbón con los árboles restantes.</li> </ul>
Preparación de sitio	Quema controlada	Derribo de la vegetación restante y quema controlada (RTQ) de la misma con protección de los árboles semilleros.
	Regeneración natural	Las labores descritas arriba deben llevarse a cabo antes del mes de marzo, es decir antes de que los árboles semilleros tiren la semilla, proceso que ocurre en promedio entre inicios de febrero y finales de marzo.
Regeneración	Regeneración asistida	En caso de que las labores se lleven a cabo después de marzo será necesario contar con semilla y colocarla directamente en el suelo, se recomienda 5 semillas enterradas o una plántula cada 50 m <sup>2</sup> (figuras 16 y 17).

Etapa	Tratamiento	Descripción breve
<b>Año 2</b>	<p>Liberación de bejucos</p>	<p>Mes de enero o febrero. Los bejucos representan una de las amenazas más importantes en esta etapa por las condiciones de intensidad y cantidad de luz en el sitio. A los 6 meses se recomienda revisar la unidad de intervención para liberar a las pequeñas plantas de bejucos en caso de que se presenten, en particular liberar la caoba.</p>
Regeneración	<p>Selección de plántulas de caoba</p>	<p>En caso de regeneración asistida en el mes de mayo (lluvias inician en junio) seleccionar dos plántulas en cada sitio de siembra de la semilla.</p>
		<p>En el mes de mayo eliminación de sombra sobre las caobas. En esta etapa la vegetación secundaria es pequeña, en general solamente hace falta cortar las ramas que estén produciendo sombra las caobas. Asegurarse de que alrededor de la plántula se coloque la vegetación cortada para formar un acolchado que retenga humedad, esto es particularmente importante en sitios con suelo rojo.</p>

Etapa	Tratamiento	Descripción breve
Año 3	Establecimiento de monte bravo	<p>Selección de caobas y eliminación de sombra</p> <p>En caso de regeneración asistida en el mes de mayo dejar una sola plántula en cada punto de siembra.</p> <p>En caso de regeneración natural eliminación de sombra como se describe en la etapa anterior.</p>
Año 5	Crecimiento	<p>En el mes de mayo, eliminar competencia de cada árbol. Esto puede requerir eliminar ramas que generan sombra sobre la caoba o eliminar árboles que por su arquitectura y tamaño impidan el crecimiento libre de la caoba.</p> <p>Dejar un círculo de vegetación de un metro máximo, alrededor de la caoba, pero cortarlo a una altura menor que la que tenga la caoba, dejando la copa completamente libre. La rectitud del fuste característico de la caoba la hace especialmente atractiva para el tallado de la cornamenta de los venados, esta acción puede resultar en una buena protección.</p>
Composición	Selección de especies	<p>En el mes de mayo verificar ocupación completa, en cada 100m<sup>2</sup> debe asegurarse de que existe un especie de valor comercial de preferencia caoba.</p> <p>Recorrer la unidad de intervención, liberar de competencia los árboles de calidad alta de las especies de valor comercial. liberar la competencia como se describe para la caoba.</p>

Etapa	Tratamiento	Descripción breve	
Año 10 -15- 20	<p>Eliminación de competencia y control de densidad</p> <p>Monitorear si los árboles seleccionados tanto de caoba como de otras especies se encuentran creciendo sin competencia. Eliminar la competencia de los árboles que lo necesiten. Cada tres años sería adecuado.</p>	<p>Evaluando si la eliminación de la competencia resultó en la densidad óptima o si es necesario un aclaro. La densidad óptima se determina en base al vigor de los árboles seleccionados en el año 5 y 10</p>	<p>Se espera que en el año 20 las caobas y especies seleccionadas pertenezcan a la categoría de dominantes y ninguna intervención es ya necesaria.</p>



16. Caoba de un año, establecida en un terreno con RTQ. Se observa la sucesión secundaria.



Figura 17. Caoba de tres años, establecida en un terreno con RTQ. Se observa la sucesión.

## **5.6 Monitoreo**

Con el tiempo se debe buscar contar una red de parcelas experimentales que se examinen regularmente. La red generará información para la construcción de modelos de crecimiento, mortalidad, reproducción, composición, riesgos y rendimiento del bosque. De ser posible, las parcelas deben establecerse en cada área de corta anual, con evaluaciones tres veces al año durante 5 años, posteriormente una vez cada 5 años hasta el fin de la rotación o hasta la máxima longevidad de las especies locales (en el caso de parcelas de control). Complementarlo con muestreo de evaluación rápido (también conocido como “timber cruising”) para recolectar un conjunto completo de respuestas a los tratamientos y variabilidad natural. Un sistema de apoyo para la toma de decisiones en el futuro que permita refinar la duración del ciclo de corta, número de árboles residuales para lograr ocupación-plena, parámetros de tratamientos silvícolas, y estrategias ha ser diseñadas para la salud del bosque.

## CAPÍTULO VI. INVESTIGACIÓN NUEVA REQUERIDA

La propuesta como está planteada implica contar con ciertos datos para cada una de las especies comerciales incluso la caoba (tabla 8), y no comerciales del arbolado de las selvas de caoba.

Por cada DN, altura y edad de árbol saber largo de copa, radio de copa, arquitectura de las ramas (entrenudos, si los hubiera, o patrón de ramificación). Determinar qué cantidad normal debe haber de flores, frutos y propágulos. Contenido de productos, o sea el rendimiento de la distribución de productos. Esta parte siendo no definible sino múltiple, puede ser sólo una indicación de la regla de troceado de máximo valor del producto.

Dinámica de la expansión tridimensional de copa de un árbol de cierta especie, respecto a otros de su misma o distinta especie, en relación a tamaño de ambos. Efecto de este fenómeno en vigor del individuo y su capacidad de sobrevivir un año más.

Tamaño de la apertura de dosel más pequeña que si hubiera una plántula en el suelo, podría tener espacio para desarrollar exitosamente hasta su tamaño maduro. Tamaño de la apertura de dosel más grande en donde el centro de la misma tendría condiciones adversas para el establecimiento de renuevo. Esta información se complementa con la relación de situaciones de apertura que favorecerían o harían posible aparición de especies agresivamente competitadoras o parásitas de las especies comerciales o especies deseables. Puede ser que la apertura de dosel y entrada de luz sea la condición suficiente para aparecer la vegetación no deseada, o sea que deba haber algún otro requerimiento (fuego, sequía, microtopografía, tipo de suelo, etc).

Descripción tridimensional de la microtopografía y su efecto en los suelos y la capa orgánica y leña. Correlacionar con presencia actual y potencial de cada especie comercial o especie deseable. Efectos sucesionales de este patrón topográfico.

Funciones representando la natalidad, mortalidad, incorporación, crecimiento, rendimiento de masas mezcladas de todas las especies de la selva de la Península de Yucatán. Estas funciones deben responder a la variabilidad geográfica, de sitio, de ambiente, y sobre todo responder a labores de cultivo y funciones de probabilidad de siniestros. Adicionalmente, el comportamiento agregado de estos modelos deberá cumplir los requerimientos de análisis, en especial tener rendimientos decrecientes a la escala y respecto a cada factor de producción, incluyendo el tiempo y el valor del dinero. Los modelos no importa por el momento si son elucubraciones teóricas, ajuste sobre datos empíricos, fundados en funciones biológicas, silvícolas o económicas, en tanto estén estadísticamente validados a un nivel de fiabilidad que puedan distinguir entre las decisiones silvícolas más comunes para las cuales se les requiere.

Funciones de trabajo de maquinaria, mano de obra y procedimientos que constituyen el aprovechamiento maderable y la gestión del ambiente forestal. Estas funciones son requeridas para facilitar las decisiones de asignación de equipos y procedimientos de trabajo a la ejecución de los planes de corta y cultivo forestal.

Tabla 8. Estado de conocimiento silvícola y ecológico de la caoba en Quintana Roo.

Área de conocimiento	Disponibilidad de la información en Quintana Roo
Silvicia de la caoba	Moderada
Régimen natural de perturbaciones	Si
Probabilidad de encontrar cierta frecuencia de tamaño, fecundidad, salud y vigor de los árboles esperados en el rodal, según el inventario forestal y plan de manejo	Moderada
Disponibilidad de una función de producción, o modelo de simulación silvícola	No
Dinámica ecológica del tipo forestal	Moderada
Genética	Limitada
Influencia de la silvicultura de la caoba sobre la fauna, y viceversa	Limitada
Valores sociales y culturales ligados a las selvas de caoba	Moderada
Ejemplos a seguir de tipo experimental, demostrativo o de tipo operativo comercial	Limitada

Tabla 8. Estado de conocimiento silvícola y ecológico de la caoba en Quintana Roo.

Área de conocimiento	Disponibilidad de la información en Quintana Roo
Existencia y disponibilidad de equipo y trabajadores con las capacidades para ejecutar el tratamiento con destreza, y sin consecuencias negativas colaterales	Moderada
Demanda del mercado por productos y subproductos esperados de la labor silvícola	Moderada
Cantidad de rodales y tamaño del más pequeño compatibles con la escala mínima de aprovechamiento: 8 m <sup>3</sup> /ha/intervención, 4 000 m <sup>3</sup> remoción anual, 500 ha superficie mínima de área de corte	Moderada
Financiamiento	Moderada
Legalidad de los parámetros del tratamiento y vigencia de los permisos	Sí

# CAPÍTULO VII. ANEXOS

## Anexo I. Glosario de Términos utilizados

**Árbol meta.** Árbol de una de las 24 especies comerciales principales de Quintana Roo (tabla 3) con calidad alta.

**Área de corta.** El área de corta está formada por varios grupos de árboles interactuantes (GAI).

**Afectación.** Son el conjunto de sitios (áreas de corta, rodales enteros o parte de ellos), que fueron o serán intervenidos en un periodo de planeación (anualidad), con cualquier tratamiento, régimen silvícola.

**Anualidad.** Mínimo periodo de planeación y de registro administrativo y cartográfico. Suele ser una temporada de secas, que puede ser parte de uno o de dos años calendario.

**Bosque.** Para los propósitos de esta publicación, bosque es un terreno cuya intención de uso es forestal y su contenido en suelos, especies, estructuras y procesos es compatible con el uso forestal pretendido; esto último suele estar asociado a escalas de tiempo ( $>2\ 000$  años), y superficie ( $>10\ 000$  ha).

**Bosque maderable.** Bosque que contiene suficientes árboles comerciales y la capacidad biológica de responder al cultivo silvícola para sostener una corriente duradera de extracción de madera sin exceder los parámetros de viabilidad legal, técnica, logística y financiera que el empresario forestal y el entorno económico hayan establecido. En términos de selva de caoba el bosque maderable más pequeño debe sostener una extracción de más de  $7\ m^3$  de trocería de dimensiones comerciales en rollo de cualquiera especie comercial por hectárea por intervención, durante al menos cien años en ciclos de corta no mayores a 20 años (o su equivalente proporcional si el ciclo es más largo), trabajando anualmente (o la proporción equivalente si no se interviene anualmente), o sea un rendimiento neto (producción potencial epidomética de la distribución de productos) de  $>35\ m^3$  por hectárea por turno, en tanto que el bosque conformado por rodales con esta potencialidad pueda sostener una cosecha anual de  $3\ 500\ m^3$  de trocería, equivalente aproximadamente a  $4\ 000\ m^3$  en rollo total

árbol, tomados de alrededor de 10 000 ha maderables productivas que estén sujetas a cultivo con las tecnologías hoy disponibles y descritas parcialmente en esta publicación.

**Ciclo de corta.** Lapso entre intervenciones sucesivas; suele ser una cantidad fija para cada régimen de cultivo pero es posible que algunos tratamientos necesiten y sean aplicados fuera del calendario de retorno.

**Dasocracia.** Parte de la dasonomía que trata de las decisiones de manejo forestal que tienen un componente geográfico explícito, y por lo cual se obliga a cierta organización territorial del predio.

**Distribución de productos.** Frecuencia teórica estimada de lo que puede ser el rendimiento en cierto producto maderable (especie, dimensiones, defectos, calidad), si un árbol, o bien cada uno de los árboles marcados para corta en un rodal, o todos los árboles del rodal se cosecharan en un momento dado. Como las reglas de troceado generan un problema de combinaciones matemáticas posibles que es insoluble, no hay una verdadera distribución de productos, sino muchas, así que para los fines de toma de decisiones se elige cierta canasta de productos deseados, casi siempre maximizando los productos de mayor precio.

**Estrato.** Conjunto de rodales similares pero geográficamente discontinuos. Dado que hoy se cuenta con amplias capacidades de cómputo y de registro administrativo, es posible manejar individualmente cualquier cantidad de rodales, y dar seguimiento puntual a las distintas trayectorias de variados calendarios de intervención, incluso aquellos donde el tratamiento o la eventualidad natural modifica sólo una parte del rodal. Por todo eso los estratos son no solo redundantes, sino una fuente innecesaria de error de estimadas estadísticas, aunque aún hay en el trópico mundial muchos casos que usan este tipo de divisiones dasocráticas.

**Gestión responsable del bosque:** Buscar el bosque meta. Acciones y políticas para crear riqueza adicional, mantener niveles bajos de exposición a riesgos de sus valores, controlada variabilidad en tiempo, crecimiento continuo, estable, liquidez para solventar otras iniciativas productivas, atender emergencias. Esta vía abierta tiene aplicación como referente del desempeño de cualquier actividad en lo individual,

y conjunto de actividades, o políticas: ninguna acción es recomendable en sí misma si no justifica posponer o cancela la decisión de liquidar la empresa y salir del negocio forestal. Esta evaluación también permite ponderar los efectos de los ambientes de negocios, entorno legal e institucional, y las vicisitudes producto de la variabilidad ambiental y de los desastres naturales.

**Grupo de árboles interactuantes (GAI).** Unidad Grupo de árboles interactuantes (GAI). Unidad mínima de tratamiento silvicultural, conformada de árboles que interactúan de forma notoria (p.ej. interferencia mutua en la expansión de copas). En el GAI los árboles se originaron del mismo disturbio en tiempo y espacio; y han crecido juntos en las mismas condiciones ambientales. El GAI puede considerarse como una subdivisión ecológica de lo que tradicionalmente es el rodal. Un GAI puede ser un árbol lobo, un grupo pequeño de árboles, hasta un grupo grande de árboles que cubran varias hectáreas. Los GAI serán identificados en base a la experiencia y pericia del silvicultor a cargo del inventario del bosque.”

**Labores complementarias.** Todas las tareas y maniobras individuales que constituyen a un tratamiento silvícola se agrupan en éste término. Estas maniobras abarcan el método de apeo, troceado, arrime, carga, diseño de caminos, época de trabajo, control preventivo de daños al sitio, al arbolado y sotobosque residuales (o su contraparte de nivel de remoción y disturbio prescrito como meta del tratamiento), control y disposición de los residuos y del inventario de leña, hojarasca y combustibles en pie, preparación de sitio (química, mecánica, con fuego), control preventivo o remediación de erosión, diseño de siembra y cultivo de cultivares asociados (si los hubiera, p.ej. maíz, calabaza, frijol, plátano, cítricos, etc.), determinación de políticas sobre legados (arbustos, zonas inundables, leña gruesa en el suelo, arbolado vivo y muerto en pie que queda dentro del área tratada y que debe ser tratado como algo que debe permanecer en sitio sin ser lastimado o movido), control de malezas y en especial gramíneas, plantas trepadoras, incluyendo especies invasoras agresivas. También se incluyen otras actividades que pudieran prescribirse para el rodal y ejecutarse en el curso de los trabajos del tratamiento actual.

**Manejo forestal.** Gestión de las acciones en tierras forestales con el fin de buscar ciertos objetivos y preferencias que jerárquicamente haya definido quien tenga autoridad para ello. La responsiva en el caso mexicano es compartida legalmente entre el dueño del bosque y un profesional forestal titulado, con licencia. En México sólo se puede aplicar un programa de manejo a tierras forestales con recursos maderables de nivel comercial que estén libres de limitaciones de zonificación, localizadas al exterior de polígonos legalmente protegidos. Para fines prácticos, el propietario es el empresario, y el dasónomo es el gerente en quien el empresario delega la toma de decisiones. En este sentido, el empresario suele elegir al gerente, le establece tareas a lograr y le define el contexto (intensidad de manejo, relación beneficios a riesgos, etc.). El gerente se reserva la creación de opciones, elegir el plan a seguir, conducir los trámites oficiales del caso, y registrar el desempeño de la empresa. El gerente entrega resultados al empresario, y además explica el contexto en que se ha operado y aconseja sobre las cosas que el empresario ha de decidir. El Estado y sus instituciones son en principio los reguladores de la actividad productiva forestal, y su tarea es velar por las facetas del bosque privado que inciden en intereses públicos nacionales y mundiales. Además corresponde al Estado alentar la actividad forestal, su desarrollo científico y tecnológico e incubar cultura forestal, por ser la forestal una actividad legítima que aporta positivamente al sistema económico, tecnológico, cultural y social.

**Método de beneficio.** Origen del germoplasma usado para renovar el arbolado de un rodal en forma natural. Las opciones clásicas son: monte alto (por semilla), y monte bajo (reproducción vegetativa).

**Método de ordenación.** Modelo de control de inventarios (existencias) de productos en el bosque que cumple las guías generales propuestas por el dasónomo al empresario (dueño del bosque) en materia de legalidad, producción, productividad, rentabilidad, variabilidad de la dinámica productiva, riesgo, intensidad de inversiones, intensidad de manejo y flexibilidad de decisiones estratégicas. La decisión elemental es el valorar el precio probable de venta del bosque y de la empresa forestal en el caso de liquidación real o en caso de ser un punto de evaluación sobre el desempeño y sobre el entorno en que se ha trabajado.

**Método de tratamiento.** Lista de tratamientos silvícolas que definen un ciclo completo de cultivo, desde establecimiento hasta corta final; generalmente se identifica al método de tratamiento por el nombre de la corta final. Los tratamientos de corta final y métodos de tratamiento clásicos son matarrasa, árboles padre, cortas sucesivas y selección.

**Ocupación plena.** El terreno forestal está exitosamente ocupado al 100% por árboles meta, de las especies deseadas y cualquier etapa de desarrollo de la selva.

**Ordenación forestal.** Aspectos administrativos, estrategias, organización, planeación y ejecución de programas de manejo forestal que siguen los parámetros que el titular ha aceptado a propuesta del profesional.

**Programa de manejo.** Dado que puede y seguramente hay diferencias entre los inventarios en pie (monto, distribución, prospectiva a futuro rodal por rodal), y los inventarios meta, eso establece tanto la necesidad de un calendario de intervenciones silvícolas, como una secuencia de prioridades de intervención geográficamente definida, y a eso se le llama plan de cortas o programa de manejo. El programa de manejo forestal sin duda es el sitio idóneo para plasmar las intenciones de inversión y desinversión del propietario, así como sus propósitos de desempeño financiero y manejo del riesgo financiero, pero estos temas raramente son una prioridad para el titular del aprovechamiento; en el mejor de los casos el programa de manejo contendrá instrucciones sobre el flujo de la remoción, sea en volumen físico o en flujo de caja, así como algunas limitaciones en cuanto a desembolsos en efectivo. En un sentido legal, programa de manejo de cierto terreno forestal se contrapone por sus fines comerciales y de racionalidad hacia el predio, a sus opciones alternas y excluyentes que son programa de conservación, programa de restauración, programa de plantación (la conocida granja maderera), y a situación de área natural protegida. En este mismo sentido legal, el programa de manejo está constituido de distintos, a veces independientes programas, uno para aprovechamiento, otro para protección, otro para fomento, otro para usos múltiples, y uno más designando zonas reservadas.

**Régimen silvícola.** Lista concreta de escenarios por los que pasa secuencialmente la estructura de un rodal o masa arbórea, junto con la lista de factores que provocan o identifican las transiciones de una etapa a otra subsecuente. Los factores de cambio más obvios son los tratamientos silvícolas. El régimen considera la calidad de estación (fertilidad del sitio para las especies que lo ocupan), simultáneamente a la intensidad de manejo (productividad), y al entorno probabilístico de variabilidad natural, eventos circunstanciales y riesgo de siniestros para definir un calendario de intervenciones ya sea fechado o condicional a detectar situaciones que indican la necesidad de aplicar el siguiente tratamiento (p.ej. fuego prescrito, siembra directa, etc.)

**Regulación de la corta.** Como cortar árboles es la actividad cotidiana en silvicultura, al proceso de planeación se le conoce precisamente como regulación de la corta. Los datos de evaluación y ponderación que provienen de los resultados reales reportados, o los esperados de los tratamientos silvícolas alimentan a una maquinaria de análisis y propuestas para poner a consideración de quien tiene la autoridad y la responsabilidad de elegir opciones y decidir actitudes y estrategias.

**Rodal.** Superficie de terreno arbitrariamente definida para ciertos fines administrativos, que sea suficientemente grande para contener una prescripción de tratamiento silvícola que sea registrada en datos y mapas, y sea evaluada por monitores de desempeño que la singularicen y valoren por separado. El rodal más pequeño será no menor que lo ocupado por un árbol de grandes dimensiones, ni menor que el área de trabajo de un conjunto de máquinas y métodos de trabajo de extracción de madera. Para fines prácticos piénsese en rodal mínimo como el área diaria trabajada por una motogrúa y sus equipos periféricos (motosierras), o la superficie que en un día logra cosechar un tractor y sus asociados equipos de derribo y elaboración. Para fines estadísticos el rodal no necesita tener condiciones biológicas o de terreno homogéneas ni necesita tener un solo tipo de condiciones biológicas (escenarios, o estructura), pues habrá diseños estadísticos que eficiente y eficazmente provean los estimadores cuantitativos, cualitativos e históricos que se necesiten para modelar las opciones futuras y su posible desempeño y riesgos. Empero, es una tradición y ayuda a facilitar las estimaciones estadísticas que los rodales contengan un solo escenario con mínima variabilidad interna y clara delimitación fisionómica y paramétrica respecto a la estructura de los rodales vecinos.

## **Series de ordenación.**

Las divisiones territoriales mayores se refieren a separar, cuando así sea práctico, regiones geográficamente disgregadas, cada una de monto suficientemente grande (> mil ha), para sostener su propio esquema de planeación. Cada serie suele tener su propia e independiente red caminera y demás infraestructura que se necesite para mantener decisiones independientes del resto del predio. En conjuntos multiprediales las series se componen de predios completos. A nivel interno de un solo predio las series suelen representar tipos forestales distintos que usen cada uno una tecnología silvícola y un régimen de cultivo propios.

**Silvicultura:** La silvicultura es el arte, ciencia y práctica de controlar el establecimiento, composición, salud, calidad y crecimiento de rodales forestales para lograr un conjunto de objetivos de manejo. Los objetivos de manejo se alcanzan a través de la manipulación de los rodales del bosque durante la cosecha, renovación del bosque y cuidado del mismo. Los fundamentos de la silvicultura permiten dibujar una amplia gama de escenarios posibles en el bosque, precisar las secuencias de tiempo y necesidades de espacio de cada una, los factores de control y labores que pueden ser aplicadas para definir una secuencia particular de resultados. Las secuencias viables son series de escenarios que en forma necesaria se presentan, perduran y finalmente dan paso a nuevos escenarios subsecuentes debido al efecto acumulado de tiempo transcurrido (como por ejemplo el envejecer de los árboles), por respuesta a factores y estímulos naturales (régimen de perturbación), y a acciones concretas de conducción (labores culturales).

**Sistema silvícola:** Concepto teórico sobre la dinámica de las masas arboladas que permite diseñar una estrategia general abstracta para cultivarlas siguiendo algún propósito deseado y posible. Los sistemas silvícolas clásicos son denotados acorde al método de cosecha, y tradicionalmente para su estudio y aplicación se ha dividido en sistemas de bosque regular (coetáneo) y sistemas de bosque irregular (incoetáneo) (Smith and others 1997).

**Sistema de bosque irregular:** Crea rodales en los que por lo menos hay simultáneamente tres tipos de grupos arbóreos en distinta etapa de desarrollo (Smith and others 1997). Como los rodales pequeños son necesariamente coetáneos, los rodales irregulares deben ser medianos a grandes. Entre más grandes sean es más probable que en un momento

dado haya grupos coetáneos ocupándolo y teniendo etapas de desarrollo distintas. El caso extremo de bosques de selección individual normales es un caso teórico poco plausible, pero matemáticamente viable, pues se pueden tener aperturas de dosel pequeñas pero suficientemente grandes que siempre pueda haber en cada una uno y sólo un árbol de renuevo que pueda prosperar hasta la madurez, y si el rodal y el bosque completo fuese formado de estos pequeños rodales coetáneos de un solo árbol ese sería el bosque de selección más irregular imaginable.

**Sistema de bosque regular:** Sistema silvícola que crea rodales en donde los árboles la mayor parte del tiempo son aproximadamente de la misma edad o dentro de una sola etapa de desarrollo. Por necesidad física en algún momento el terreno no tendrá arbulado. En otra parte de la secuencia, y a menos que el renuevo provenga de plantación o siembra, habrá momentáneamente árboles adultos y renovo simultáneamente en el mismo rodal. Los rodales más pequeños necesariamente son más coetáneos. Los rodales muy grandes, el predio y el bosque mismo necesariamente son incoetáneos, con muy pocas excepciones (v.gr. tundra puede tener todo un bosque entero de una sola edad).

**Sitio caobero.** Sitios con presencia de caoba abundante, o sitios potencialmente caoberos: suelos oscuros, buena humedad, no inundables, con o sin rocas expuestas, buen drenaje, ligeramente arriba de la media de elevación sobre el nivel medio del suelo.

**Tratamiento silvícola.** Cualquier serie de acciones concurrentes cuyo resultado conjunto sobre un escenario forestal (roodal), conduce a determinar su situación futura hacia un rumbo distinto del que podría ser plausible espontáneamente: persistir sin cambio mayor, avanzar a alguno de los escenarios viables que fuese deliberadamente posible buscar, cambiar drásticamente a otro escenario de otra secuencia distinta, o responder en forma preventiva o reaccionar a la variabilidad crónica o incidental espontánea o accidental. Los tratamientos llevan a la condición actual hacia la condición meta, pero tal dinámica podría lo mismo ser efecto natural espontáneo, que puede ser que la condición deseada sea la actual, y por tanto habrá tratamientos nulos, pero para fines de regulación de la corta son tan silvícolas éstos como los tratamientos donde se remueve arbulado o se modifica el sitio. Cualquier tratamiento es una inversión de capital que ingresa a los libros contables del bosque. El monto de esta inversión es el valor de los costos

del tratamiento menos el valor de los productos extraídos y vendidos a consecuencia de la labor. Todos los tratamientos, sin excepción, son inversiones pues cosecha como tal sólo se concibe como la liquidación del bosque por completo removiendo todos sus productos y cambiando el uso del suelo irreversiblemente. Esto es debido a que el costo más importante de un tratamiento individual, incluso los tratamientos nulos, es el inventario residual en pie más el crecimiento neto futuro para un plazo de tiempo infinito, de ese inventario medido en distribución de productos. Existe una corrección al costo del tratamiento que habrá que considerar para incluir los efectos de interacción (costos indirectos), en tiempo y espacio con respecto al resto del bosque y el entorno de la empresa.

**Turno.** Indicador de madurez para determinar el tiempo recomendable en el que debe efectuarse el aprovechamiento final de una masa arbolada si tal masa fuera cultivada desde su establecimiento. En términos concretos, el turno es el tiempo que se ha planeado que transcurra entre la germinación o establecimiento de un propágulo, y la edad en que un árbol es cosechado y de él se ha obtenido algún producto de dimensiones y especificaciones comerciales. En algunos textos clásicos se habla de que turno sólo es pertinente para masas coetáneas, pero como el bosque natural es común que tenga amplia variabilidad biológica, los rodales tendrían que ser sumamente pequeños para que se cumpla la regla de que sean coetáneos, y por tanto por motivos de escala de ingeniería de la cosecha se termina extrayendo arbolado de muchas edades en cada rodal, cualquiera que sea. Lo importante del turno es que se le usa como argumento para elegir el ritmo al que se ejecuta un régimen silvícola, y sobre este ritmo es posible evaluar desempeño de la empresa forestal. Por lo tanto no es necesario que haya definiciones inamovibles y finitas para la edad a la cual cosechar cada árbol, pero sí es absolutamente inexcusable que tiene que haber una decisión sobre el parámetro administrativo que el turno implica. Un turno definido es tan útil como un turno probabilístico, dados los fines para los cuales se elige una cifra para tal parámetro.

**Unidad territorial de manejo.** Área de aplicación de tratamientos silvícolas. Tradicionalmente es el rodal, en ésta publicación corresponde al área de corta.

**Vardazcales.** Regeneración lograda.

## BIBLIOGRAFÍA

Argüelles, S. L. A. 1991. Plan de manejo forestal para el bosque tropical de la empresa ejidal Noh Bec. México, Texcoco: Universidad Autónoma de Chapingo División de Ciencias Forestales. 125 p. Tesis Ingeniero agrónomo especialidad en bosques. (18)

Arriaga, L.; Espinoza, J. M.; Aguilar, C.; Martínez, E.; Gómez, L.; Loa, E. 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

Bautista, F.; Zinck, J. A. 2010. Construction of an Yucatec Maya soil classification and comparison with the WRB framework. Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine. 6:7. DOI:10.1186/1746-4269-6-7.

Bautista, F.; Palacio, G.; Páez-Bistraín, R.; Carmona-Jiménez, M. E.; Delgado-Carranza, C.; Cantarell, W.; Tello, H. 2011. Geografía de suelos regional: península de Yucatán. Geografía de Suelos de México. Facultad de Ciencias, UNAM, México. Capítulo 16.

Brown, N.; Jennings, S.; Clements, T. 2003. The ecology, silviculture and biogeography of mahogany (*Swietenia macrophylla*): a critical review of the evidence. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics. 61 (1/2): 37-49.

Cámara-Cabralles, L. C. 2005. Seed production, seed dispersal, and seedling ecology of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in Quintana Roo, Mexico. Amherst, MA, USA: University of Massachusetts, Amherst. University Microfilms International, Ann Arbor, MI, USA. 257 p. Ph.D. dissertation. (10)

Cámara-Cabralles, L.; Kelty, M. J. 2009. Seed dispersal of big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) and its role in natural forest management in the Yucatán peninsula, Mexico. Journal of Tropical Forest Science. 21 (3): 234-245. (14)

Cámara-Cabralles, L.; Snook, L. K. 2005. Producción de semillas de caoba en México. Patrones de variación e implicaciones para la sustentabilidad. Recursos naturales y ambiente. 44: 60-67. (13)

Chavelas, H. M. 2004. Biología Floral de *Swietenia macrophylla* King (Meliaceae). México: Universidad Nacional Autónoma de México. 132 p. Tesis de licenciatura.

Curiel, G. M.; Mendoza, M. A. 2007. Método de ordenación plan Costa de Jalisco. En: talleres regionales aspectos técnicos del manejo forestal sustentable [Video]. Secretaría de medio ambiente y recursos naturales: Morelia, Michoacán.

Dickinson, M. B.; Hermann, S. M.; Whigham, D. F. 2001. Low rates of background canopy-gap disturbance in a seasonally dry forest in the Yucatan Peninsula with a history of fires and hurricanes. Journal of Tropical Ecology. 17: 895-902.

Edwards, C. R. 1986. The human impact on the forest in Quintana Roo, Mexico. J. For. Hist. 30: 120-127.

Ek, D. A. 2011. Vegetación. En: Pozo, C.; Armijo, C. N.; Calmé, S., eds. Riqueza biológica de Quintana Roo: un análisis para su conservación. México: MECOSUR/CONABIO/GOB. EDO. DE QUINTANA ROO/PPD: 62-77.

Filho, L. J. P.; Duarte, R. J. 1998. Seed reserves partition and light compensation point of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) seedlings growth under low photosynthetic active radiation. Brazilian Archives of Biology and Technology. 41 (2): 207-211.

Flores, J. S.; Durán, G. R.; Ortiz, D. J. J. 2010. Comunidades vegetales terrestres. En: García, R. D.; González, M. E. M. 2010. Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán. Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán: 125-129.

Gerhardt, K. 1996. Germination and development of sown mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in secondary tropical dry forest habitats in Costa Rica. Journal of Tropical Ecology. 12 (2): 275-289.

Gliessman, S. R.; Garcia, R. E.; Amador, M. A. 1981. The ecológical basis for the application of traditional agricultural technology in the management of tropical agro-ecosystems. Agro-Ecosys. 7: 173-185.

Gómez-Pompa, A.; Flores, J. S.; Sousa, V. 1987. The "Pet Kot": a man made tropical forest of the Maya. *Interciencia*. 12: 10-15.

Goode, L. K.; Allen, M. F. 2008. The impacts of Hurricane Wilma on the epiphytes of El Edén Ecológical Reserve, Quintana Roo, Mexico. *The journal of the Torrey Botanical Society*. 135 (3): 377-387.

Grogan, J. 2001. Bigleaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) in southeast Pará, Brazil: a life history study with management guidelines for sustainable production from natural forests. Ph.D. thesis, Yale University, New Haven. 421 p.

Grogan, J.; Galvão, J. 2006. Factors limiting post-logging seedling regeneration by big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) in southeastern Amazonia, Brazil, and implications for sustainable management. *Biotropica*. 38: 219–228.

Grogan, J.; Ashton, M. S.; Galvão, J. 2003. Big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) seedling survival and growth across a topographic gradient in southeast Para', Brazil. *Forest Ecology and Management*. 186: 311–326. (2)

Grogan, J.; Barreto, P.; Veríssimo, A. 2002. Mahogany in the Brazilian Amazon: ecology and perspectives on management. 44 p.

Grogan, J.; Landis, R. M.; Ashton, M. S.; Galvao, J. 2005. Growth response by big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) advance regeneration to overhead canopy release in southeast Pará, Brazil. *Forest Ecology and Management*. 204: 399-412.

Gullison, R. E.; Panfil, S. N.; Strouse, J. J.; Hubbell, S. P. 1996. Ecology and management of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in the Chimanés forest, Beni Bolivia. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 122 (1): 9-34. (12)

Gutiérrez-Granados, G.; Juárez, V.; Alcalá, R. E. 2011. Natural and human disturbances affect natural regeneration of (*Swietenia macrophylla*): implications for rainforest management. *Forest Ecology and Management*. 262 (2): 161-169.

Hernández-Xolocotzi, E. 1958. La agricultura. En: Beltrán, E., ed. Los recursos naturales del sureste y su aprovechamiento. México, D. F: IMRNR: 1-57. Capítulo 1.

Herrera, S. J. C. 2011. Clima. En: Pozo, C.; Armijo, C. N.; Calmé, S., eds. Riqueza biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación. México: ECOSUR/CONABIO/GOB. EDO. DE QUINTANA ROO/PPD: 50-56.

Lamb, B. F. 1966. Mahogany of tropical America: its ecology and management. The University of Michigan press, Ann Arbor. 220 p.

Macario, M. P. A.; García, M. E.; Aguirre, R. J. R.; Hernandez- Xolocotzi, E. 1995. Regeneración natural de especies arbóreas en una selva mediana subperennifolia perturbada por extracción forestal. Acta Botánica Mexicana. 32: 11-23. (3)

Macías-Sámano, J. E. 2001. Interacciones químicas entre *Hypsipyla grandella* y sus plantas hospedantes. Manejo Integrado de Plagas. 60: 15-21.

Márdero, S.; Nickl, E.; Schmook, B.; Schneider, L.; Rogan, J.; Christman, Z.; Lawrence, D. 2012. Sequías en el sur de la península de Yucatán: análisis de la variabilidad anual y estacional de la precipitación. Investigaciones geográficas. 78: 19-33.

Mayhew, J. E.; Newton, A. C. 1998. The silviculture of mahogany. Wallingford, England: CABI Publishing. 240 p.

Miranda, F. 1978. Vegetación de la península yucateca: rasgos fisiográficos, la vegetación. Colegio de Postgraduados.

Moret, A. Y.; Valera, L.; Mora, A.; Garay, V.; Jerez, M.; Plocksac, M.; Ramírez, N.; Hernández, D. 2008. Estructura horizontal y vertical de *Pachyra quinata* (Lacq.) W. S. Alverson, (Bombacaceae) en el bosque universitario “El Caimital”, Barinas, Venezuela. Ecotrópicos. 21 (2): 62-74.

Morris, M. H. 1998. Mahogany (*Swietenia macrophylla* King) germination studies in Quintana Roo, Mexico. Ann Arbor, USA. The University of Michigan. 48 p. M.S. thesis. (16)

Morris, M. H.; Negreros-Castillo, P.; Mize, C. 2000. Sowing date, shade and irrigation affect big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla* King). Forest Ecology and Management. 132 (2): 173-181. (17)

Negreros-Castillo, P.; Mize, C. 2006. Stand and species growth of a tropical forest in Quintana Roo, Mexico. Journal of Sustainable Forestry. 23: 83-96.

Negreros-Castillo, P.; Mize C. 2012. Soil-site preferences for mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in the Yucatan Peninsula. New Forests. 44: 85-99. (1)

Negreros-Castillo, P.; Snook, L. K.; Mize, C. 2003. Regenerating mahogany (*Swietenia macrophylla*) from seed in Quintana Roo, Mexico: the effect of sowing method and clearing treatment. Forest Ecology & Management. 183: 351-362. (8)

Negreros-Castillo, P.; Snook, L. K.; Mize, C. 2005. Regeneración de caoba a partir de siembra directa en aperturas creadas en un bosque natural en México. Recursos naturales y ambiente. 44: 84-90. (7)

Niembro, A. 1995. Producción de semilla de caoba *Swietenia macrophylla* King bajo condiciones naturales en Campeche, México. En: memoria avance en la producción de semillas forestales en América Latina. CATIE: 249-263.

Norhgauer, J. M.; Malcolm, J.R.; Zimmerman, B. L.; Felfili, J. M. 2006. An experimental test of density- and distant dependent recruitment of mahogany (*Swietenia macrophylla*) in southeastern Amazonia. Oecologia. 148: 437-446.

Orellana, L. R.; Balam, K. M.; Bañuelos, R. I.; García, E.; González-Iturbe, A. J. A.; Herrera, C. F.; Vidal, L. J. 1999. Evaluación climática. En: Universidad Autónoma de Yucatán. Atlas de Procesos Territoriales de la Península de Yucatán: 163-182.

Parraguirre L. C. 1994. Germinación de las semillas de trece especies forestales comerciales de Quintana Roo. En: Snook, L. K.; Barrera de Jorgenson A., eds. Madera, chicle, caza y milpa. Contribuciones al manejo integral de las selvas de Quintana Roo, México. PROAFAT, INIFAP, USAID, WWF-US: 67-80.

Patiño-Valera, F. 1997. Recursos genéticos de *Swietenia* y *Cedrela* en los Neotrópicos: propuestas para acciones coordinadas. Roma, Italia: FAO. 58 p.

Pennington, T. D.; Sarukhán, J. 1998. Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. México: 2º. Edición. UNAM, Fondo de Cultura Económica. 521 p.

Pennington, T. D.; Styles, B. T.; Taylor, D. A. H. 1981. "Meliaceae." Flora neotropica monograph No. 28. New York: The New York Botanical Garden: 388-405.

Pérez-Villegas, G. 1980. El clima y los incendios forestales en Quintana Roo. México: Centro de investigaciones de Quintana Roo y Universidad Nacional Autónoma de México: 65-80.

Porter-Bolland, L.; Sánchez González, M. C.; Ellis, E. A. 2008. La conformación del paisaje y el aprovechamiento de los recursos naturales por las comunidades mayas de La Montaña, Hopelchén, Campeche. Investigaciones geográficas. (66): 65-80.

Ramos, J.; Grace, J. 1990. The effect of shade on the gas exchange of seedlings of four tropical trees from Mexico. Functional Ecology. 4: 667-677. (9)

RIABM. 2008. Bosques modelo: alianzas para el futuro. Red iberoamericana de bosques modelo oficina regional. CATIE. Turrialba, Costa Rica. [www.bosquesmodelo.net](http://www.bosquesmodelo.net). 15 agosto 2014.

Rodríguez-Santiago, B. J.; Chavelas-Polito; García-Cuevas, X. 1994. Dispersión de semillas y establecimiento de caoba (*Swietenia macrophylla* King) después de un tratamiento mecánico del sitio. En: Snook, L. K.; Barrera de Jorgenson A., eds. Madera, chicle, caza y milpa: contribuciones al manejo integral de las selvas de Quintana Roo, México. México: PROAFAT, INIFAP, USAID, WWF-US: 81-90. (15)

Secaira, E. 2000. La conservación de la naturaleza, el pueblo y movimiento Maya, y la espiritualidad en Guatemala: implicaciones para conservacionistas. PROARCA/CAPAS.

Smith, D. M.; Larson, B. C.; Kelty, M. J.; Ashton, P. M. S. 1997. The practice of silviculture: applied forest ecology 9th edition. Wiley, J.; Sons. New York, NY.

Snook, L. K. 1993. Stand dynamics of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) and associated species after fire and hurricane in the tropical forests of the Yucatan Peninsula Mexico. New Haven, CT, USA: Yale University, Yale School of Forestry and Environmental Studies. University Microfilms International, Ann Arbor, MI, USA. 254 p. Ph.D. dissertation. (5)

Snook, L. K. 1996. Catastrophic disturbance, logging and the ecology of mahogany (*Swietenia macrophylla* King): grounds for listing a major tropical timber species in CITES. Botanical Journal of the Linnean Society. 122: 35-46. (6)

Snook, L. K. 2000. Regeneration and growth of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in the forests of Quintana Roo, Mexico. Ciencia Forestal en México. 25 (87): 59-76.

Snook, L. K.; Negreros-Castillo, P. 2004. Regenerating mahogany (*Swietenia macrophylla* King) on clearings in Mexico's Maya forest: the effect of clearing method and cleaning on seedling survival and growth. Forest Ecology and Management. 189: 143-160. (11)

Snook, L. K.; Cámara-Cabral, L.; Kelty, M. J. 2005. Six years of fruit production by mahogany trees (*Swietenia macrophylla* King): patterns of variation and implications for sustainability. Forest Ecology and Management. 206 (1): 221-235.

Sorensen, N. S. 2006. Regeneration and growth of seven canopy tree species in the Mayan forest of Quintana Roo, Mexico: the role of competition and microhabitat conditions. Oregon State University. 278 p. Ph.D. dissertation. (19)

Styles, B.T., Khosla, P.K., 1976. Citology and reproductive biology of Meliaceae. In: Burley, J., Styles, B.T. (eds.). Tropical trees: variation, breeding and conservation. Linnean Society Symposium Series 2, 61-68.

Styles, B. T. 1972. The flower biology of Meliaceae and its bearing on tree breeding. *Silvae Genetica*. 21 (5): 175-182.

Swaine, M. D.; Whitmore, T. C. 1988. On the definition of ecológical species groups in tropical rain forests. *Vegetatio*. 75: 81-86.

Synnott, T. J. 2007. Diagnóstico de los sistemas de silvicultura de caoba en los corredores de la Península de Yucatán. Coordinación de Corredores y Recursos Biológicos. Corredor Biológico Mesoamericano-México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Saltillo, Coahuila, México. 22 p.

Tello, T. H. A. 2011. Suelos. En: Pozo, C.; Armijo, C. N.; Calmé S., eds. Riqueza biológica de Quintana Roo: un análisis para su conservación. México: ECOSUR/CONABIO/GOB. EDO. DE QUINTANA ROO/PPD: 57-61.

Tello, T. H. A.; Castellano, M. E. O. 2011. Características geográficas. En: Pozo, C.; Armijo, C. N.; Calmé, S., eds. Riqueza biológica de Quintana Roo: un análisis para su conservación. México: ECOSUR/CONABIO/GOB. EDO. DE QUINTANA ROO/PPD: 24-33.

Tetetla-Rangel, E.; Durán, G. R.; Hernández-Stefanoni, J. L.; Dupuy, J. M. 2012. Distribución espacial de la riqueza de especies leñosas raras de la Península de Yucatán y su relación con las áreas naturales protegidas. *Trop Conserv Sci*. 5 (3): 320-339.

Toledo, V. M.; Barrera-Bassols, N.; García-Frapolli, E.; Alarcón-Chaires, P. 2008. Uso múltiple y biodiversidad entre los mayas yucatecos (México). *Interciencia*. 33(5): 345-352.

TRAFFIC-Wwf. 2006. Análisis de los avances realizados para la implementación de los compromisos derivados de la inclusión de la caoba en el Apéndice II de CITES y la efectividad del Grupo de trabajo de la Caoba como mecanismo de apoyo al proceso CITES a nivel regional, subregional y global. Informe de Trabajo. Lima, Perú.

Velázquez, M. A.; Fierros, G. A. M.; Aldrete, A.; Guerrero, A.; Fernández, C. S.; De Los Santos, P. H. M.; Llanderal, O. T.; González, G. M. de J.; López, U. J.; Ramírez, H. C. 2003. Situación actual y perspectivas de las plantaciones forestales comerciales en México. Comisión Nacional Forestal. Zapopan, Jalisco. México. 448 p.

Vester, H. F. M.; Navarro-Martínez, M. A. 2005. Ecológical issues in community tropical forest management in Quintana Roo, Mexico. In: Bray, D. B.; Merino-Pérez, L.; Barry, D., eds. *The community forests of Mexico: managing for sustainable landscapes*. University of Texas Press, Austin, Tx: 183-213.

Vester, H. F. M.; Navarro-Martínez, M. A. 2007. Fichas ecológicas: árboles maderables de Quintana Roo. México: Ecosur, Conabio, Gob de Quintana Roo, CoQCYT. 139 p. (4)

Vogt, E. Z.; Ruz, A.; Lhuillier, A. R. 1964. Desarrollo cultural de los mayas. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Filosofía y Letras. Seminario de Cultura Maya.

Wehenkel, K.; Corral-Rivas, J. J.; Gadow, K. V. 2014. Quantifying differences between ecosystem with particular references to selection forests in Durango, Mexico. *Forest Ecology and Management*. 316: 117-124.

Whigham, D. F.; Lynch, J. F.; Dickinson, M. B. 1999. Dinámica y ecología de los bosques naturales y manejados en Quintana Roo, México. En: Primack, R. B.; Bray, D.; Galletti, H. A.; Ponciano, I., eds. *La selva Maya: conservación y desarrollo*. México: Siglo XXI: 312-328.

Whitmore, T. C. 1991. Tropical forest dynamics and its implications for management. In: Gómez-Pompa, A.; Whitmore, T. C. F.; Hadley, M. Rain forest regeneration and management. UNESCO and the Parthenon publishing group. *Man and the Biosphere Series*. 6: 67-90.

Whitmore, T. C. 1996. A review of some aspects of tropical rain forest seedling ecology with suggestions for further enquiry. En: Swaine, M. D., ed. *The ecology of tropical forest tree seedlings*. UNESCO and the Parthenon Publishing Group. *Man and the Biosphere Series*. 17: 3-39.

Whitmore, T. C. 1998. An introduction to tropical rain forest. Oxford, Clarendon Press. 226 p.

Whitmore, T. C. 2003. Mahogany tree of the future. In: Lugo, A. E.; Figueroa-Colón, J. C.; Alayón, M., eds. *Big-Leaf Mahogany: genetics, ecology and management*. Springer-Verlag, New York: 1-5.

Zarco-Espinoza V.M.; Valdez-Hernández, J.L.; Angeles-Pérez, G.; Castillo-Acosta, O. 2010. Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del parque estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. *Universidad y Ciencia* 26(1): 1-17.

## **Integrantes del grupo de trabajo de silvicultura**

### **Canadá**

#### **Joseph Anawati**

Natural Resources Canada; Canadian Forest Service  
580 Booth Street , 8th Floor , Room. A6-1; Ottawa, ON Canadá K1A 0E4  
Tel.: +613-947-8996 Fax : +613-992-5390; Joseph.Anawati@NRCan-RNCan.gc.ca

#### **Jean-Martin Lussier**

Acting Regional Coordinator, CWFC Canadian Wood Fibre Centre  
1055 Du P.E.P.S. Street, P.O. Box 10380. Québec, Quebec, G1V 4C7.  
Tel.: (418) 648-7148; Jean-Martin.Lussier@RNCan-NRCan.gc.ca

#### **Roger Whitehead**

Natural Resources Canada, Canadian Forest Service  
506 Burnside Road West , Room. 393, Victoria, BC Canadá V8Z 1M5  
Tel.: +250-298-2541; Roger.Whitehead@NRCan-RNCan.gc.ca

## **Estados Unidos**

### **Dra. Mary Ann Fajvan**

Northern Research Station, USDA Forest Service  
180 Canfield St., Morgantown, WV 26505-3180  
tel.: +304-285-1575; mfajvan@fs.fed.us

### **Dra. Margaret Devall**

USDA Forest Service,  
Center for Bottomland Hardwoods Research  
PO Box 227, Stoneville, MS 38776, Estados Unidos; mdevall@fs.fed.us

### **Dr. Aaron Weiskittel**

University of Maine, School of Forest Resources  
229 Nutting Hall Orono, ME 04469-5793, Estados Unidos  
Tel.: +207-581-2857 Fax: +207-581-2875

### **Marilyn Buford (Observadora)**

USDA Forest Service  
1400 Independence Avenue, SW  
Washington DC. 20250-1115, Estados Unidos  
Tel.: +703-605-5176 Fax: +703-605-5133; mbuford@fs.fed.us

### **Rick Scott**

North American Forest Commission, Working Group Liaison;  
RScott8338@aol.com

## **México**

### **Ing. Germánico Galicia García**

(Presidente del Grupo de trabajo 2014-2016)

Comisión Nacional Forestal

Periférico Poniente No. 5360, Col. San Juan de Ocotán, Zapopan,  
Jalisco C.P. 45019, México

Tel.: +01-33-3777-7000 ext. 2300; ggalicia@conafor.gob.mx

### **Dr. José Javier Corral Rivas** (Coordinador del grupo de trabajo

2014-2016)

Director del Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera de la  
Universidad Juárez del Estado de Durango; jcorral@ujed.mx

### **Dr. Martín Mendoza Briseño**

Colegio de Postgraduados

A.P. 421, 91700 Veracruz, Ver., México; mmendoza@colpos.mx

### **Dra. Patricia Negreros Castillo**

Universidad Veracruzana

Instituto de Investigaciones Forestales, (INIFOR); Dirección: Parque El  
Haya S/N; Col. Benito Juárez, Xalapa, Veracruz, México

Tel.: +52-22-8818-8907, 22-8842-1700 Ex. 13967;

patri\_nc@yahoo.com

### **Dr. Alejandro Velázquez Martínez**

Silvicultura y Ecosistemas Forestales, Colegio de Postgraduados

Campus Montecillo

Km. 36.5 Carretera México-Texcoco; Montecillo Edo. de México, C.P.  
56230 MÉXICO

Tel.: +52-595-952-0200 Ext. 1470; alejvela@colpos.mx

### **Ing. José Jesús Rangel Piñón**

Comisión Nacional Forestal

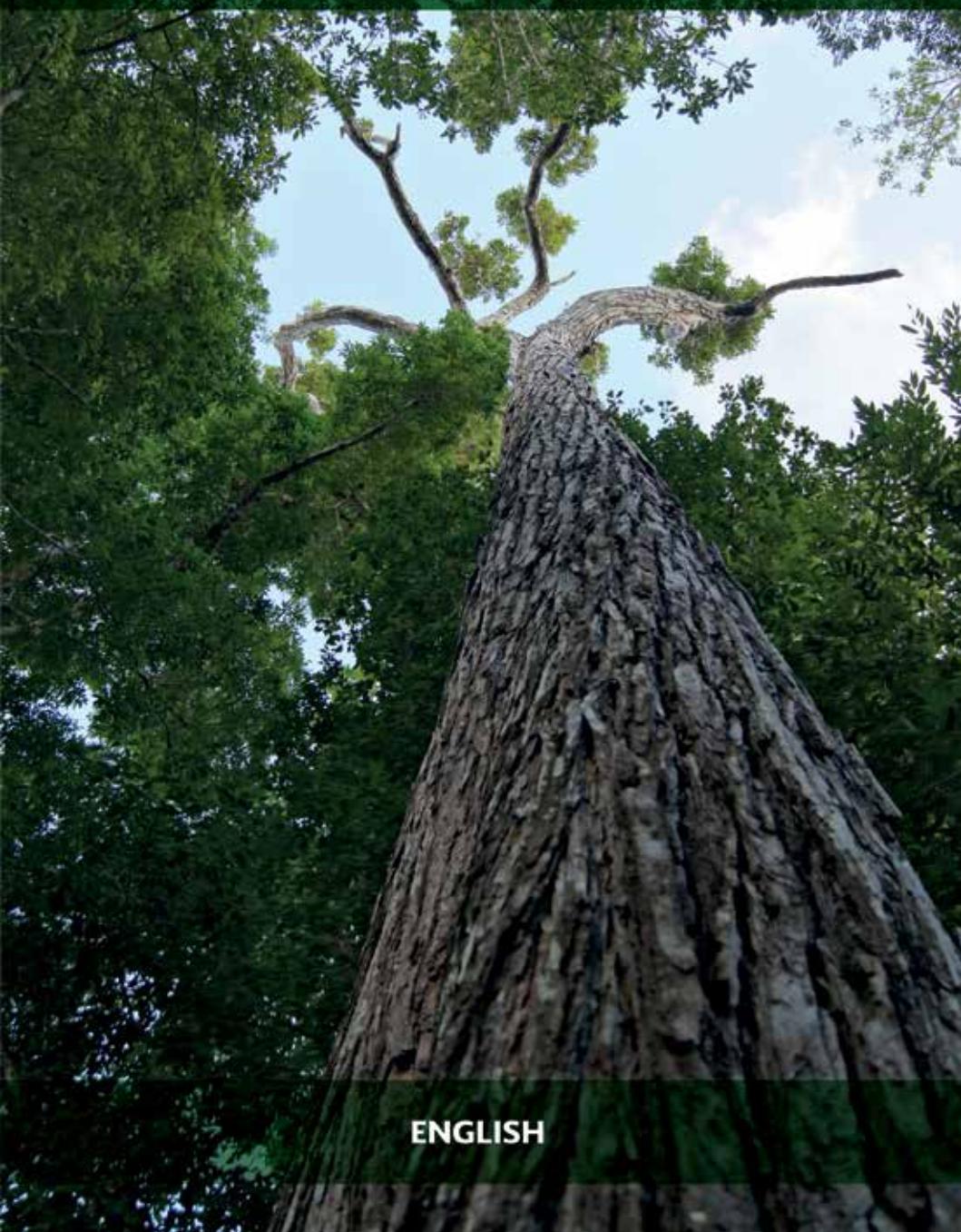
Periférico Poniente 5360; Colonia San Juan de Ocotán; C.P. 45019,  
Zapopan, Jalisco, México

Tel.: +52-33-3777-7000 ext 2306; jesus.rangel@undp.org





SILVICULTURE OF THE MAHOGANY  
FOREST OF QUINTANA ROO, MEXICO  
Criteria and recommendations



ENGLISH



SILVICULTURE OF THE  
MAHOGANY FOREST OF  
QUINTANA ROO, MEXICO:  
**Criteria and recommendations**

## **Authors**

P. Negreros-Castillo  
L. Cámara-Cabrales  
M.S. Devall  
M.A. Fajvan  
M.A. Mendoza Briseño  
C. W. Mize  
A. Navarro-Martínez

© October, 2014

The information contained in this publication may be reproduced, in whole or in part and by any means, for personal purposes or non-commercial public use without charge or extra permission, unless otherwise specified.

In any reproduction of this information you will be asked to:

- Cite the full title of this publication and the authors and state produced with the financial support of the National Forestry Commission (CONAFOR)

Appreciations:

The authors gratefully acknowledge the initiative of the silviculture working group of the North America Forest Commission (NAFC), which includes participants of the United States Forest Service, the Canadian Forest Service and the National Forestry Commission in Mexico, for their collaboration in creating this publication.

## PREFACE

Silviculture is the art, science and practice of controlling the establishment, composition, health, quality and growth of forests to accomplish a set of management objectives. This publication offers an approach to silviculture of the forests of Quintana Roo in which mahogany (*Swietenia macrophylla* King), the commercially most important tree species in Latin America, is found (Whitmore 2003). We designate these forests as *mahogany forests*. Much silvicultural knowledge has been gained by studying and observing which practices have or have not achieved the expected results in practice. This publication functions as a road map of technologically feasible options for the management of mahogany forests. It offers suggestions on how to develop silvicultural regimens for multiple objectives that are compatible with production of multiple forest products with emphasis on wood for industrial uses. It is hoped that by combining theory with context, those responsible for managing mahogany forests can create their own designs as well as validate and apply local knowledge and experience that they gather as they manage the mahogany forests of Quintana Roo.

Currently, a diversity of commercially important tree species is harvested in the forests of Quintana Roo, with mahogany the most emblematic and a lead species for timber utilization. The publication contains ecological and silvicultural information for management of mahogany forests that have the potential to produce timber from a large group of species, including mahogany. The publication does not contain quantitative silvicultural prescriptions, information on harvest regulation, financial evaluation or extraction technology, although specifications for forest regulations are considered.

The most important land issues in Quintana Roo and the Yucatan peninsula are not related to forestry activity. The issues include tourism infrastructure, chicle production, slash and burn, etc. Some of these issues often cause a change of land use that is effectively irreversible. The changes generate wealth and satisfaction for the local people and those who come to the region as investors, developers, technicians, administrators, workers and bureaucrats. This publication will not address these issues and concerns.

In no way is this publication an exhaustive source of silvicultural information on mahogany forests. It is presented as an educational tool that offers a synthesis of the current knowledge and interpretive conceptions available in 2012. Nonetheless, it attempts to be authoritative with informed and defensible judgment of the relevant features of technically possible silvicultural practices, and on the frontier of the biologically and technically feasible management options for the mahogany forests in Quintana Roo, Mexico.

## **Abbreviations**

APC	Canopy cover
BA	Basal area (m <sup>2</sup> /ha)
CONAFOR	National Forestry Commission
DBH	Diameter at breast height (1.30 m from the base)
FMP	Forest management plan or program
GIT	Group of interacting trees (minimal treatment unit)
GSI	Growing stock inventory
Iv	Importance value
MsF	Medium semievergreen forest
PI	Prescriptive inventory
PPFQR	Pilot forestry plan of Quintana Roo
SBSA	slash and burn shifting agriculture
SEMARNAT	Secretariat of Environment and Natural Resources (SEMARNAT)

# CONTENT

Preface	99
<b>Chapter I. Historical synopsis of the mahogany forests of Quintana Roo</b>	<b>104</b>
<b>Chapter II. Ecological characteristics of the mahogany forests</b>	<b>110</b>
2.1 Introduction The mahogany forest	110
2.2 Environmental Description	113
2.3 Structure and composition	115
2.4 Importance value index and dominance	119
<b>Chapter III. Mahogany and commercially and ecologically important associated species</b>	<b>123</b>
3.1 Silvical characteristics of mahogany ( <i>Swietenia macrophylla</i> King)	123
3.1.1 Distribution	123
3.1.2 Reproductive biology of mahogany	124
3.1.3 Seed production and its relation to tree size	125
3.1.4 Seed dispersal	126
3.1.5 Germination	127
3.1.6 Seed predation	127
3.1.7 Ecological associations	128
3.1.8 Pests and diseases	128
3.2 Characteristics of mahogany and associated species	129
<b>Chapter IV. Theoretical principles for a silviculture guide for mahogany forests</b>	<b>139</b>
4.1 Premises	139
4.2 The natural mahogany forests	139
4.3 Basic scenario	139
4.4 Forest administration	141
4.5 Diagnosis	141
4.6 Quality, vigor and vitality of a desirable tree	143

<b>Chapter V. Silviculture practices for the mahogany forest</b>	<b>146</b>
5.1 Introduction	147
5.2 Concurrent prescriptions	148
5.3 Complementary prescriptions:	151
5.4 Implications of the silviculture system on harvest regulation	152
5.5 Logging implications	152
5.6 Monitoring	160
Chapter VI. New research required	161
Chapter VII. Appendices	165
Appendix 1. Glossary of terms used	165
<b>Bibliography</b>	<b>174</b>
Members of the Silviculture Working Group	184
Canada	184
United States of America	185
Mexico	186

## CHAPTER I. HISTORICAL SYNOPSIS OF THE MAHOGANY FORESTS OF QUINTANA ROO

The forest resources of Mexico consist of 144 million hectares of forestland, of which the Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2012) considers 23 million to be commercial timberlands. All the forested lands in Mexico are subject to regulations derived from the Agrarian Law. Practically all of the land with commercial timber resources is privately owned and can take one of three tenure modes: individual, ejidal and communal. The last two are forms of collective ownership. The three types of ownership are communal in the sense that they are not corporate industrial forests, public lands, or openly accessible, which are the most common tenure modes in the rest of the world. In the case of forestry operations, an authorized forest management plan (FMP) is required. Responsibility for decision making in timber management resides with the landowner, though regulations mandate the co-responsibility of a licensed forester who drafts the FMP. The same or other licensed foresters may supervise FMP execution.

The case of land clearing to change the use of the land requires a distinct authorization procedure, which is conditional upon avoiding certain environmental impacts. Authorization for clearing is more dynamic when the intended new use is not forest related, such as a new population center or expansion of a preexisting urban area. In the case of a change of land use from forest to another use, it is irrelevant if wood or other commercially valuable biological materials are extracted or used or if they are considered to be residue of the process of land development.

In the tropical region of Mexico, it is important to keep in mind the different geographic regions and distinct parallel dynamics of the Yucatan Peninsula, Chiapas, the South Sierra Madre, Nayarit, Veracruz, the Isthmus of Tehuantepec and the dry forests dispersed in much of the Mexican territory south of the Tropic of Cancer (for example, those of Morelos, Tamaulipas, the Huastec, etc.) (figure 1). In this work, attention is centered on the Yucatan Peninsula, with occasional mentions of the rest of the Mexican tropics.



Figure 1. Vegetation of Mexico (CONAFOR, 2014).

The vegetation of the Yucatan Peninsula is spatially influenced by the region's geomorphology and climate. Soils developed from calcareous rock along an ecological gradient that extends from the humid and fertile portions of the south to the drier, less fertile and more populated portions in the northeast (Márdero and others 2012). This region has minimal topographic relief with the highest point being 350 meters above sea level in the Sierra of Ticul, at the junction of the states of Campeche, Yucatan and Quintana Roo. The composition, structure, life forms and mechanisms of regeneration of the ecosystems of Quintana Roo reflect the effects of a long history of social and economic development and natural disturbances, as well as the high capacity for resilience of some of those ecosystems (Dickinson and others 2001; Edwards 1986; Gliessman and others 1981; Goode and Allen 2008; Gómez-Pompa and others 1987; Hernández-Xolocotzi 1958; Porter-Bolland and others 2008; Secaira 2000; Toledo and others 2008; Whigham and others 1999).

The major events that have contributed to the present state of the forests of Q. Roo are listed below.”

## **1. The traditional use of the forest by the ancient and current Maya culture.**

The low population density of the ancient Maya culture, concentrated near the coast and in very few locations in the interior of the peninsula, makes it improbable that complete regional effects exist. The sophistication of slash and burn shifting agriculture (SBSA) has created a firm base for many of the recent explanations of the natural Mayan landscape. The traditional land use, mainly SBSA, could very well have increased in modern times, given the expansion of forest roads network, but it is also equally possible that it could have decreased because infrastructure development often permitted migration and lifestyle change of the Mayan peasants, especially since the 1980s with the accelerated growth of the tourist zones of Quintana Roo.

## **2. Henequen haciendas.**

The hacienda system for henequen (*Agave* spp.) plantations occurred in the northern and eastern portions of the peninsula, in particular around Mérida. The cultivation of henequen has declined and the land abandoned or used for other purposes, such as ranching. Presently, henequen haciendas form a sort of a northeastern edge for the forest that has persisted for the most part in this 21<sup>st</sup> century.

## **3. Concessions.**

This is the system of timber harvest in which the federal government awarded large timber usufruct ‘concessions’, at times more than a million hectares, for extraction of valuable species, such as “tint tree” (*Hematoxylum campechana*) and mahogany. For the most part the concessions were awarded to foreign companies, but there were also Mexican companies involved. In either case, the logging companies did not own the land, but purchased stumpage from land owners. Termination of this system of timber extraction left the forest intact because the system focused on the efficient procurement of high value and large dimension commercial trees.

These trees represented a small percentage of the total stems, but because of their large diameter their removal modestly decreased total basal area. Their extraction also created single to multiple-tree canopy gaps. Given the shade intolerant nature of mahogany, it generally was unable to reproduce in these gaps, which were eventually filled with less economically desirable, often shade tolerant species. Despite the absence of evidence about the rate of change in the structure of the Yucatan peninsula forests, such “high-grading” practices typically result in loss of species diversity and decreased timber value (Larson and Oliver 1996). Given the high diversity of the forests, however, the reduction in diversity due to removal of a few large mahogany per hectare should have been small.

#### **4. Chicle harvest.**

The sapodilla tree (*Manilkara zapota*), harvested by the Mayans for pyramid construction, has been used since the end of the decade of the 1880s for extraction of its resin (chicle) in the central and southern portions of the peninsula. The chicle-collecting activity operated because of a complex social organization that was antagonistic to the timber-harvesting and henequen activities, and that had a marked and decisive ethnic cultural component. Chicle extraction and commercial processing continues to be part of the forest products in the present century, concentrated mainly in the state of Quintana Roo.

#### **5. Integrated industrial center in Zoh Laguna, Campeche.**

Zoh Laguna was founded in 1947 as a place to process mahogany, which was abundant in that Mexican region. The firms “Caobas Mexicanas S.A.” and “Impulsora Forestal Peninsular” opened a mahogany processing and particle board manufacturing facility in Zoh Laguna. The village of Zoh Laguna was built to resemble “Colonia Yucatan”, the place where mills of other timber firms were located in the Yucatan state. Zoh Laguna demonstrated the feasibility of systematically harvesting a diverse mix of industrial and lesser known timber species to manufacture high-value-added products.

## **6. Forest industrial unit.**

“Maderas Industriales de Quintana Roo” Inc. (MIQRO), a public utility with a concession of more than 500,000 ha, operated from 1954 to the beginning of the 1980s. It was the most successful example of an integrated tropical forestry business in the Yucatan Peninsula, concentrating its activity in the center and south of the peninsula. At the termination of the concessions (around 1983), MIQRO became a buyer of local and imported logs. The legacy of MIQRO was the creation of a forest work culture, a trade and a guild. MIQRO’s road infrastructure is the backbone of the present road network. Research funded by MIQRO accumulated empirical experience in forest ecology and forest health. This knowledge was used to develop the silviculture of numerous timber species.

## **7. Community enterprises.**

In 1983, the government took over direct control of forestry technical assistance by means of a program called Pilot Forestry Plan of Quintana Roo (PPFQR). Eventually, PPFQR led to the formation of the current system of community silvicultural forest enterprises. In this type of enterprise, forest management is in the hands of ejido members with the joint responsibility of a licensed forester. Forest operations of social enterprises focused on timber harvesting mainly of mahogany, although today other species, such as tzalam (*Lysiloma latisiliquum*), have become as important as mahogany. In 1994 the Canadian government sponsored the introduction of the “model forest” concept to the Yucatan peninsula (RIABM 2008). In Canada, the program successfully involved ethnic groups in forest management activities. In the Yucatan, the program strengthened the managerial skills of the social firms in the peninsula, although it remained in place for only 3 years.

## **8. Forest plantations.**

A few large-scale plantations in Campeche represent an important component of the 100,000 hectares of plantations that exist today in Mexico. The current output of the forest plantations (forests farms) contributes almost 4% of the Mexican harvest of industrial timber (Velázquez and others 2003).

## **9. Passive Conservation.**

The creation of two biosphere reserves, Calakmul in 1989 (723 000 ha) and Sian Ka'an in 1987 (528 000 ha) combined biotic elements with Mayan archeological sites. A limited amount of timber harvesting occurs in the buffer zone around the reserve, and loggers must comply with a set of protective measures. Until now, deforestation is not a threat to the reserve in Calakmul, but it is in Sian Ka'an because it located on the border of the most important coastal Mexican tourist destination.

## **10. Tourism development.**

Intense tourism activity exists in the Mayan zone, which includes the Yucatan Peninsula as well as the tri-national zone of Mexico (Chiapas, Tabasco, Campeche, Yucatan, and Quintana Roo), Belize and Guatemala. This activity is located principally along the coasts and around the most well-known archeological sites. Development for tourism is the primary cause of land use changes in the region, and has an impact on forest activities. On one hand, there is the increased demand for poles for "rustic looking" tourist constructions, and on the other hand, there is the loss of a large number of workers, who leave their rural lives to participate in the service sector and in other urban activities. Finally, the phenomenon of tourism development gives a push to local agriculture as a source of fresh produce, which is the only part that undoubtedly results in a retreat of the legal forest frontier in the region. However, because local economies cannot support the entire tourism infrastructure, large quantities of food and other supplies come from outside the region.

## CHAPTER II. ECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE MAHOGANY FORESTS

### 2.1 Introduction The mahogany forest

“The mahogany forests” correspond to a type of vegetation known as “medium semievergreen forest” (MsF) (figure 2) which is the main vegetation of Quintana Roo (74%). Eleven other vegetation communities composed the remaining 26% and include: medium semievergreen forest, high semievergreen forest, medium semideciduous forest, low semievergreen forest, semideciduous forest, deciduous forest, palm forest, mangrove forest, savanna, vegetation of coastal dunes, petén and tular.



Figure 2. Mahogany forests.

The distribution is determined by climate, geology, soil, topography and nearness to the Caribbean Sea (Ek 2011; Flores and others 2010; Miranda 1978; Tetetla-Rangel and others 2012). All the vegetation communities present a complex structure that is manifested in the distribution of species in distinct strata. The wide crowns of the tallest trees intermix, creating a very dense canopy that from the sky gives the illusion of a continuous carpet without gaps.

### Sitios del INFyS con presencia de *Swietenia macrophylla*

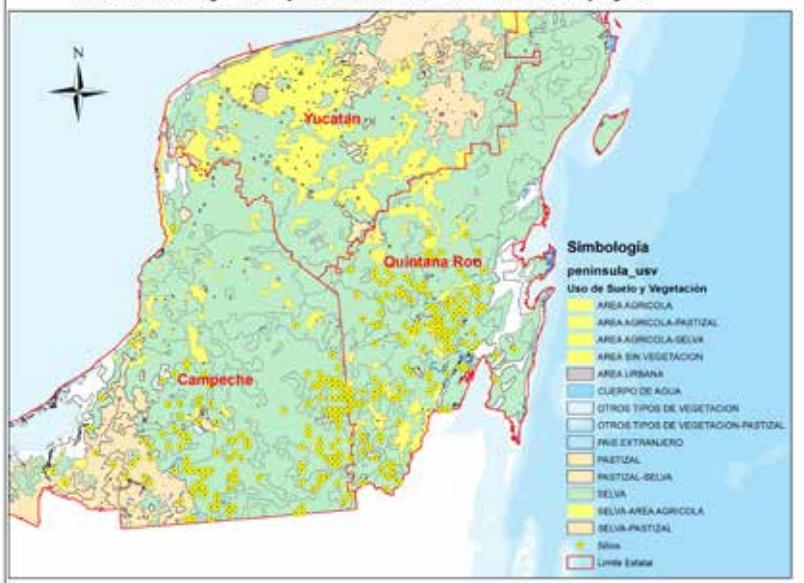


Figure 3. Distribution of mahogany in the Yucatan Peninsula overlaid on vegetation types (CONAFOR, 2014).

Medium semievergreen forest (MsF) (figure 2) is composed of a mixture of around 200 tree species, with heights up to 24m, and high diversity of vegetation and animal life forms. In Quintana Roo, the MSF is characterized by the abundance of two species in the main canopy: *Manilkara zapota* (chicozapote) and *Bursera simarouba* (chaca rojo) (Vester and Navarro-Martínez 2005). In these forests, the natural mahogany populations occur in the central and the southern parts of the state (figure 3) in the Priority Terrestrial Region 149 of Mexico's Priority terrestrial host spots system (Arriaga and others 2000). In this region, mahogany finds the best conditions for development on moderately deep calcareous or alluvial soils (figure 4). In some places, densities of up to 29 individuals/ha larger than 10 cm DBH (diameter at breast height 1.37 m above the ground) can be found (Vester and Navarro-Martínez 2007).

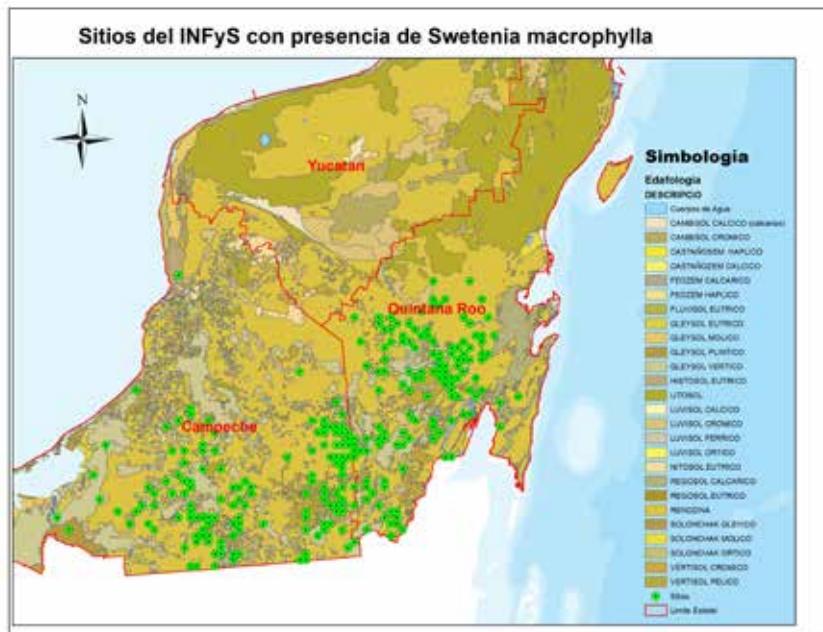


Figure 4. Distribution of mahogany in the Yucatan Peninsula in relation to soil type (CONAFOR 2014).

These high densities have been attributed to the presence of catastrophic disturbances (fire following a hurricane) that created large openings in the canopy with the temporary reduction of undergrowth, exposed mineral soil, and increased solar radiation that favors mahogany regeneration (Gullison and others 1996; Snook 2000). Mahogany also persists in areas where more frequent, small-scale disturbances occur like SBSA in the Yucatan peninsula (Negreros-Castillo and others 2003) or in small gaps ( $400\text{ m}^2$ ), as happens in Pará, Brazil (Grogan 2001; Grogan and others 2003). The mean density of harvestable mahogany ( $\geq 55\text{ cm}$  in DBH) in the forest ejidos of Quintana Roo fluctuates between 0.3 and 1.9 trees per hectare and is similar to results found in other countries (Grogan and others 2002; TRAFFIC-Wwf 2006).

## **2.2 Environmental Description**

The state of Quintana Roo is located in the eastern side of the Yucatan Peninsula, with coordinates of 21°31' and 17°49' north latitude and 86°43' and 89°25' west longitude; it occupies a surface of 5 084 300 ha, of which 4 732 500 ha are considered forested. Geomorphically, Quintana Roo forms part of a slightly fractured, compact mass known as the Yucatan slab, with scarce superficial streams but abundant subterranean rivers and sink holes (Tello and Castellano 2011). The climate is warm subhumid with an annual mean temperature of 26° C. January is the coldest month and the months of May to August are the warmest. The rainy season includes the months of May to October. Annual precipitation varies from 800-1500 mm with an increase from north to south and from west to east and with the greatest rainfall on the east coast (from Playa del Carmen to the Xcalak Peninsula) (Orellana and others 1999). The region also suffers the incidence of annual hurricanes that occur during the months of July-November.

The dry season extends from November to April, during which “nortes” occur, caused by masses of cold air and clouds, accompanied by squalls. Mean annual potential evaporation is 1650 mm with monthly variation from 105 mm in December to 193 mm in May (Herrera 2011). The soils are young, undeveloped and the majority of little depth, argillic and well drained (except in areas near the coast where the drainage is scarce to nonexistent). The four principal soil types in the Yucatan Peninsula are: 1) leptosols (59% in the municipalities of Solidaridad Benito Juarez and the northern part of Felipe Carrillo Puerto; 2) vertisols (10%) in the south of the state, the municipality of Othón P. Blanco, in general in the flat parts, such as the cane zone; 3) phaeozem (9%) in well-drained sites with level to wavy topography and slightly pronounced slopes; and 4) luvisols (7%) cover the central and northeastern portion of the state in the localities of Kantunilkín, Chiquilá, Tihosuco, Santa Rosa, Polyuc and José María Morelos (table 1) (Bautista and Zinck 2010; Bautista and others 2011; Pérez-Villegas 1980; Tello 2011).

Table 1. Description of the principal soil types in Quintana Roo. WRB = Worldwide Reference Base for Soil Resources (Tello 2011).

WRB (2000)	Mayan name	Principal characteristics	Importance (%)	Vegetation type supported	Locality
Leptosol (lithic or rendzoic	Tzék el	Young soils, clayey, with rocky, superficial outcrops, with a high presence of products of carbonates mixed with mineral material, from dark brown to black, very clayey, at times with abundant organic material, well drained and with a depth of <2.5 cm.	59	High and medium semi-evergreen forest	Municipalities of Solidaridad, Benito Juárez and the northern part of Felipe Carrillo Puerto
	Ak'älche	Soils of mixed, heavy clay, colored black, gray or reddish brown, very hard when dry, forming wide, deep cracks.	10		South of the state, Othón P. Blanco and Bacalar
	Pus-lu'um	Relatively young soils, dark, rich in organic material and nutrients. It develops in well-drained areas with topography that varies from level to undulating with slightly pronounced slopes.	9	Medium semi-evergreen forest	In all the state, alone or associated with other groups (leptosols or luvisols)
	K'ankab	Mature soils formed over limestone from the Tertiary, with a superficial horizon characterized by the loss of clay, which is deposited in the lower horizon, colored dark red, at times with the presence of continuous hard rock to <50 cm deep.	7		Central (from Felipe Carrillo Puerto to José María Morelos) and northeast of Quintana Roo
	Chromic luvisols				

## **2.3 Structure and composition**

Based on forest inventories of five ejidos in Quintana Roo, mahogany forests are composed of a diversity of tree species that did not vary much among the five ejidos (table 2). From a total of 200 tree species, 24 are the most abundant ones, based on number of trees and basal area per hectare, as well as the commercially most important (figures. 5 & 6), e.g *Manilkara zapota* (chiczapote), *Bursera simarouba* (chaca rojo), *Metopium brownei* (chechem negro), *Lysiloma latisiliquum* (tzalam), *Pseudobombax ellipticum* (amapola), *Dendropanax arboreus* (sakchaca) and *S. macrophylla* are. The 24 species represent between 65 and 68% of the total biomass in the forest. Mahogany is among these 24 species with a density of 0.7-5.2 individuals per ha for trees  $\geq 30$  cm in DBH, and a density of 1.5-6.1 individuals per ha for trees  $\geq 10 < 30$  cm in DBH. The rest of the species compose 12-15% of the biomass, and a subgroup is becoming important for rustic tourist construction and includes: *Alseis yucatanensis* (jache or papelillo), *Caesalpinia gaumeri* (kitamché), *Vitex gaumeri* (ya'axnik), *Cocoloba spicata* (boob) and *Guettarda combsii* (ta'astab). The increasing demand for rustic tourist construction poles is also increasing the diversity of utilized species. Fifty-four endemic species have been identified in the Yucatan Peninsula, nine of which are found in Quintana Roo, the majority in dry ecosystems, sand dunes and some inland wetland systems.

Mahogany generally forms associations with *Manilkara zapota* (chico zapote) and *Buida buceras* (pukté) in rather shallow soils as well as somewhat deep ones, dark or red and well drained. The total basal area (BA) in the forests of Quintana Roo varies from 16.6 to 33.0 m<sup>2</sup>/ha (table 2). The BA for the 15 most abundant species ranges from 70-77% of the total. The species with the highest basal area are *M. zapota*, *L. latisiliquum*, *B. simaruba*, *P. reticulata*, and *M. brownei* (figure 6). Mahogany has a mean BA of 0.67 m<sup>2</sup>/ha.

The DBH distribution of tree species with a DBH  $\geq 10$  cm is an indicator of the stability and permanence of a species and a vegetation community (Moret and others 2008). It is also an indicator of the habitat functions and resources availability of the ecosystem (Wehenkel and others 2014). The DBH distribution of the mahogany forests in Quintana Roo is in the shape of an inverted J (figure 8), interpreted as typical of balanced natural forests with a great abundance (density)

of small-dimension individuals (presumably young) that decreases as DBH increases (presumably older). Under the single-cohort disturbance model of hurricane followed by fire, this J-shape is representative of multi-species invasion (Larson and Oliver 1996). The resulting diameter distribution reflects species shade tolerances and differential growth rates. Shade tolerant, slower growing trees are more abundant in the smaller diameter classes and rapid growing, shade intolerant species (mahogany) occupy the larger diameter classes and a greater proportion of the basal area.

When the DBH distribution is done by species, however, the shape of the graphs varies greatly. For mahogany the diameter distribution generates two types of distribution curves. The first is Gaussian (Dzula and Xhazil) (figure 9), which in agreement with Synnott (2007), has commonly been interpreted as an indication that the species became established during a short period of time in the past, but now does not have enough small trees to maintain the population of larger trees. A typical species for this type of curve is a pioneer species that colonizes open sites and remains in the mature forest but is unable to regenerate, so no young trees of the species are present. The second type is Irregular as in the forests of the ejidos of Petcacab, Naranjal and Santa Maria (located in the center of the state) in which, there exists nearly the same number of individuals among some of the DBH categories. These irregular structures are more typical of the multiple-cohort model of stand development where numerous, smaller disturbances (partial harvest for large trees) created a mosaic of new age classes with representative species and sizes (Larson and Oliver 1996). In Quintana Roo, however, the small disturbances are created by the continuous harvesting of diverse sizes of trees, and very seldom the large ones; creating instead of a mosaic a continuum

Table 2. The number of individual trees, number of species, density, total basal area and basal area of mahogany, maximum DBH and dominant vegetation type in five forested ejidos in Quintana Roo.

Ejido	N	Total number of species	Trees/ha (Ind $\geq$ 10 cm)	Total BA (m $^2$ /ha)	Mahogany BA (m $^2$ /ha)	DBH Max (cm)	DBH Max mahogany	Dominant Vegetation	Source
Dzulá	12,196	100	250	16.6	0.46	93	80	SMSP	IF, PMF (2007)
Petcacab	22,172	117	380	24.3	0.85	100	94	SMSP	IF, PMF (2011)
Xhazil Sur	12,496	107	67	19.6	0.61	137	137	SMSP	IF, PMF (2011)
Naranjal Poniente	14,439	108	122	33.0	0.64	120	120	SMSP	IF, PMF (2011)
Santa María Poniente	8,999	93	90	28.2	0.81	160	160	SMSP	IF, PMF (2011)

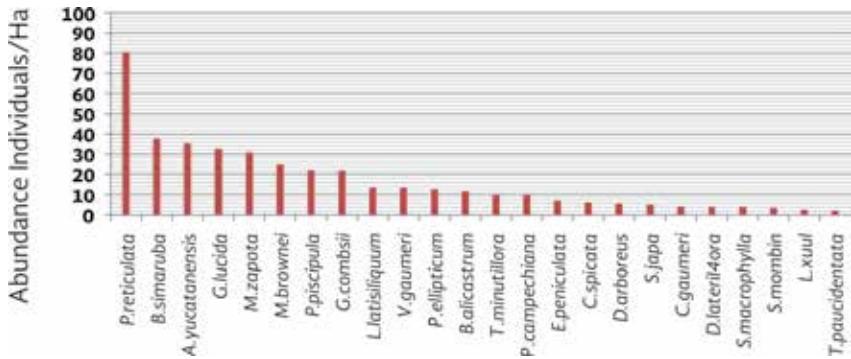


Figure 5. The number of individuals per hectare of the most abundant species in the mahogany forests of Quintana Roo.

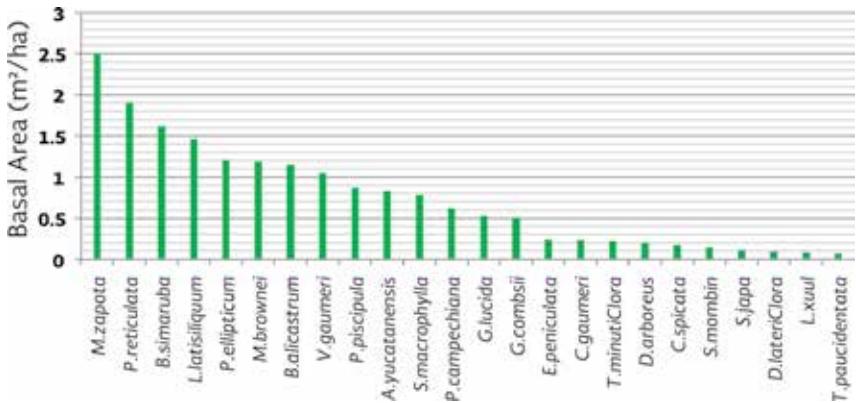


Figure 6. Basal area (m<sup>2</sup>/ha) of the most abundant species in the mahogany forests of Quintana Roo.

## **2.4 Importance value index and dominance**

Importance value index (IVI) indicates the phytosociological importance of a species within a community and is used as an indicator of species dominance. The species with the greatest IVI in the mahogany forests of Quintana Roo are chicozapote (*M. zapota*), chaca rojo (*B. simarouba*) and zapotillo (*P. reticulata*) (table 3). For the majority of the forest communities and for nearly all the species analyzed, the greatest contribution to IVI of each species depends mainly on the abundance (the number of individuals per hectare) and the basal area ( $m^2/ha$ ) (figures 5 and 6). The difference among locations is noticeable (table 3). Figure 7 presents the highest IVI values of 16 species, integrating the data of five ejidos. Note that mahogany occupies the 13<sup>th</sup> place.

Table 3. Species dominance (largest to the smallest) in five ejidos where mahogany forests exist in Quintana Roo.

Dominance	Dzula	Petcacab	X-Hazil	Naranjal	Sta. María
1	<i>Bursera simaruba</i>	<i>M. zapota</i>	<i>M.-zapota</i>	<i>P. reticulata</i>	<i>P. reticulata</i>
2	<i>Manilkara zapota</i>	<i>P. reticulata</i>	<i>B. simaruba</i>	<i>M. zapota</i>	<i>M. zapota</i>
3	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	<i>L. latisiliquum</i>	<i>M. brownii</i>	<i>A. yucatanensis</i>	<i>L. latisiliquum</i>
4	<i>Gymnanthes lucida</i>	<i>P. ellipticum</i>	<i>G. lucida</i>	<i>B. alicastrum</i>	<i>B. simaruba</i>
5	<i>Pouteria reticulata</i>	<i>B. simaruba</i>	<i>P. reticulata</i>	<i>P. campechiana</i>	<i>P. piscipula</i>
6	<i>Swietenia macrophylla</i>	<i>V. gaumeri</i>	<i>L. latisiliquum</i>	<i>P. piscipula</i>	<i>G. combsii</i>
7	<i>Guettarda combsii</i>	<i>M. brownii</i>	<i>P. ellipticum</i>	<i>B. simaruba</i>	<i>M. brownii</i>
8	<i>Piscidia piscipula</i>	<i>A. yucatanensis</i>	<i>B. alicastrum</i>	<i>G. lucida</i>	<i>B. alicastrum</i>
9	<i>Metopium brownii</i>	<i>Brosimum alicastrum</i>	<i>V. gaumeri</i>	<i>Trichilia minutiflora</i>	<i>V. gaumeri</i>
10	<i>Pseudobombax ellipticum</i>	<i>G. combsii</i>	<i>C. gaumeri</i>	<i>Exothea paniculata</i>	<i>P. ellipticum</i>
11	<i>Vitex gaumeri</i>	<i>P. piscipula</i>	<i>C. spicata</i>	<i>S. macrophylla</i>	<i>S. macrophylla</i>
12	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	<i>Sabal japa</i>	<i>S. macrophylla</i>	<i>P. ellipticum</i>	<i>A. yucatanensis</i>
13	<i>Coccoloba spicata</i>	<i>Pouteria campechiana</i>	<i>Lonchocarpus xul</i>	<i>M. brownii</i>	<i>P. campuchiana</i>
14	<i>Dendropanax arboreus</i>	<i>S. macrophylla</i>	<i>A. yucatanensis</i>	<i>V. gaumeri</i>	<i>Spondias mombin</i>
15	<i>Alseis yucatanensis</i>	<i>D. arboreus</i>	<i>Tohuinia paucidentata</i>	<i>Drypetes lateriflora</i>	<i>T. minutiflora</i>

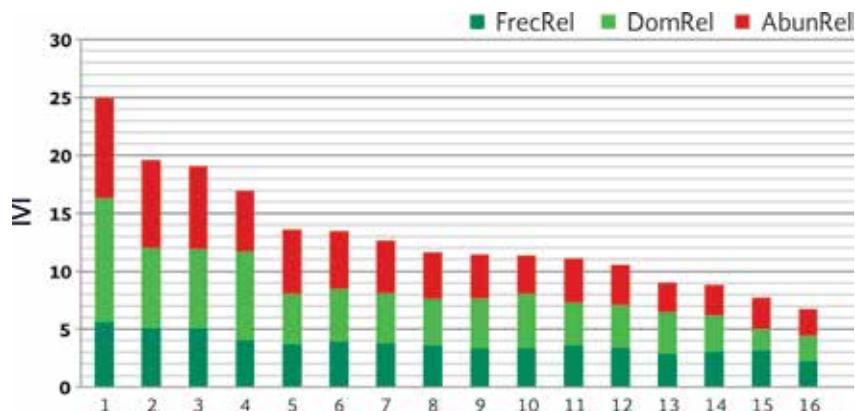


Figure 7. Importance value for the 16 most abundant species in the mahogany forests of Quintana Roo. **1.***Manilkara zapota*, **2.***Pouteria reticulata*, **3.***Bursera simaruba*, **4.***Lysiloma latisiliquum*, **5.***Brosimum alicastrum*, **6.***Gymnanthes lucida*, **7.***Guettarda combsii*, **8.***Metopium brownei*, **9.***Piscidia piscipula*, **10.***Pseudobombax ellipticum*, **11.***Alseis yucatanensis*, **12.***Vitex gaumeri*, **13.***Swietenia macrophylla*, **14.***Caesalpinia gaumeri*, **15.***Coccoloba spicata*, **16.***Dendropanax arboreus*. Frec\_Rel = Relative frequency, Dom\_Rel = relative dominance, Abun\_Rel = relative abundance.

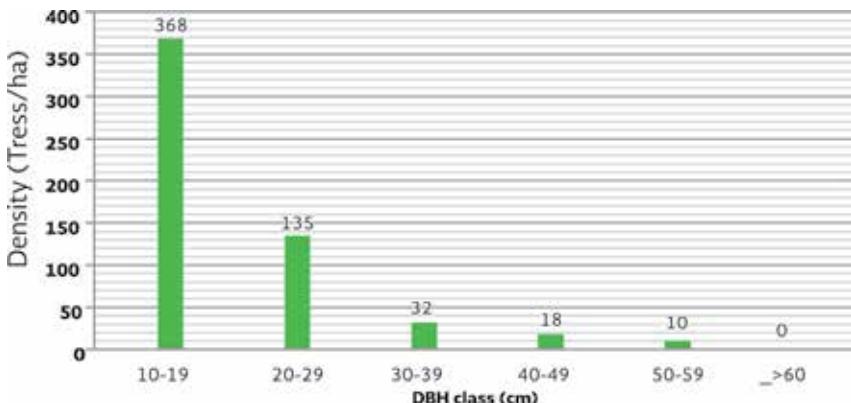


Figure 8. DBH structure of the mahogany forests of Quintana Roo.

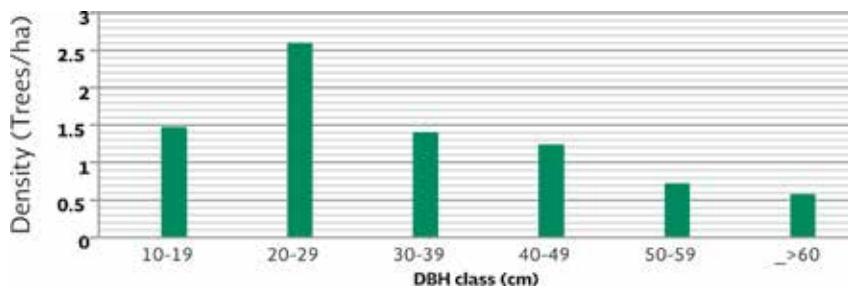


Figure 9. DBH structure of mahogany in the managed forests of six ejidos in Quintana Roo.

## CHAPTER III. MAHOGANY AND COMMERCIALLY AND ECOLOGICALLY IMPORTANT ASSOCIATED SPECIES

### 3.1 Silvical characteristics of mahogany (*Swietenia macrophylla* King)

#### 3.1.1 Distribution

In North and South America and the Caribbean basin, three mahogany species of the Meliaceae family are known: *Swietenia mahogani*, *S. humilis*, and *S. macrophylla*. The first is distributed in the Caribbean area and the second along the Mexican Pacific. The third, big-leaf mahogany or mahogany is a native of Central America and parts of South America (figure 10).



Figure 10. Mahogany tree

Mahogany is distributed in Mexico in forests on the Atlantic coast from the north of Veracruz to the Yucatan Peninsula, principally in Campeche and Quintana Roo (figure 11); it continues in Central America, Columbia, Venezuela, Bolivia, Peru and Brazil (Lamb 1966; Patiño-Valera 1997). It is found in different types of tropical forests, from medium evergreen forest to medium semievergreen forest (Mayhew and Newton 1998). In Chiapas, it forms part of the tropical rain forest where it is evergreen, and in Quintana Roo, it forms part of the medium semievergreen

forest where it loses its leaves during the dry season. Mahogany grows in diverse soil types from soils rich to poor in nutrients with humidity regimens from dry to very humid with an excess of moisture, and in karst soils rich in calcium and magnesium. In general, mahogany develops better in soils low in calcium and magnesium, which is reflected in the adult distribution pattern (Grogan and others 2003). In Quintana Roo, mahogany is reported to occur preferentially on level sites compared to sloped, with wavy relief, on the crest and bottom of slopes and shows a preference for black soils (Negreros-Castillo and Mize 2012).

### **3.1.2 Reproductive biology of mahogany**

Mahogany is a monoecious species with inflorescences in panicles at the base of new leaves (Pennington and Sarukhán 1998; Pennington and others 1981). Its flowers are fragrant, green-yellowish, measure less than one cm in diameter, and they are bisexual. In the male flower, the ovary is rudimentary, and in the female flower the anthers do not contain pollen. Pollination is by insects, such as thrips, bees and moths, and by the wind (Chavelas 2004; Lamb 1966; Styles 1972; Styles and Khosla 1976).

In Quintana Roo, mahogany flowers between April and June, a little before the production of new leaves, which occurs before the beginning of the rainy season (Patiño-Valera 1997). Typically, only one flower of each inflorescence becomes a fruit. The start of flowering is variable; it occurs at early ages and sizes, in some cases at 12 years of age (Lamb 1966). In Bolivia, trees can produce fruit when they have a DBH of 30 cm (Gullison and others 1996), and in Quintana Roo at 23 cm in DBH (Cámara-Cabralles 2005). The fruits mature after 10 or 12 months (Pennington et al 1981). They are dehiscent woody capsules, ovoid to oblong, 12-18 cm long, five-valved (Pennington and Sarukhán 1998) (figure 12), and they mature during the dry season, when the tree is leafless (in Quintana Roo between February and April). The mature capsules open on the tree, and each capsule contains 45-49 developed seed that are 1 cm long with a wing of 6-7 cm (Niembro 1995; Rodríguez-Santiago and others 1994). Seed remain attached to the central column until they fall or are blown off by wind, which disperses them (Parraguirre 1994; Snook and others 2005). In Quintana Roo, seed weigh an average of 0.66 gm (approximately 1 500 seeds per kilo) (Niembro 1995).



Figure 11. Distribution map of mahogany in Mexico (CONAFOR, National Forest and Soils Inventory).

### **3.1.3 Seed production and its relation to tree size**

In Quintana Roo, mahogany is an emergent tree that can reach up to 3.5 m in DBH and a height of 30 m. The commercial height (clear bole) is greater in trees with  $\text{DBH} \geq 75 \text{ cm}$  (height =  $16 \pm 0.3 \text{ m}$ ), than in trees with  $\text{DBH} < 75 \text{ cm}$  (height =  $10 \pm 0.2 \text{ m}$ ). The mean volume of the crown can be up to four times larger and the area of the crown nearly three times as large ( $63 \pm 3 \text{ m}^2$  to  $180 \pm 4 \text{ m}^2$ ) for trees with  $\text{DBH} \geq 75 \text{ cm}$  compared to trees with  $\text{DBH} < 75 \text{ cm}$ . The size of the crown directly affects the quantity of fruit produced annually. For example, fruit production of trees (figure 12) with  $\text{DBH} \geq 75 \text{ cm}$  can be three times greater than that of trees with a DBH of  $< 75 \text{ cm}$ . Each year 80% of the trees with a  $\text{DBH} < 75 \text{ cm}$  produce fruits compared to 90% of the trees with a  $\text{DBH} \geq 75 \text{ cm}$ . As the production of fruit is associated with crown size, pruning a tree to reach fruit is not recommended, because the effect of pruning and the effects of hurricanes can require more than 14 years for the crown volume to recuperate, if it ever does. To increase the availability of seed, large hollow trees, which have little commercial value, should not be harvested. Twenty five percent of trees with a  $\text{DBH} \geq 75 \text{ cm}$  have heart rot and are valuable as sources of germplasm and habitat for certain birds, such as toucans and parrots (Cámarra-Cabral and Snook 2005).



Figure 12. Mahogany fruits

To increase the availability of seed, large hollow trees, which have little commercial value, should not be harvested. Twenty five percent of trees with a DBH  $\geq 75$  cm have heart rot and are valuable as sources of germplasm and habitat for certain birds, such as toucans and parrots (Cámarra-Cabrales and Snook 2005).

### **3.1.4 Seed dispersal**

For the majority of tropical forest tree species, seed are dispersed by bats; however, for mahogany the medium is wind. The predominant direction of the wind in Quintana Roo is from the east and southeast, and the velocity varies by the time of the year. Seed dispersal patterns are strongly affected by the direction of the predominant wind and the size of the trees (a combination of height and crown size) (Cámarra-Cabrales and Kelty 2009). A tree 30 m in height and located in a zone free of neighboring trees can disperse 80% of its seed up to 60 m toward the west (Rodríguez-Santiago and others 1994). Within the forest, trees with DBH  $\geq 75$  cm can disperse their seed a distance of 30 m, while those with a DBH of  $\leq 75$  cm disperse seed a distance of 22 m (Cámarra-Cabrales and Kelty 2009).

### **3.1.5 Germination**

The seeds that come from large and small trees germinate in 10 to 40 days (figure 13), and seed are not viable after one growing season so there are no mahogany seed in a forest's seed bank (Lamb 1996; Morris 1998; Morris and others 2000; Snook 1993, 1996). In Quintana Roo, seed are dispersed between the months of February and March, remaining in the forest soil for a number of months until the rains begin in June. The initial survival of new mahogany germinants is related to the percentage of seed that is consumed in approximately 50 days after germination (Filho and Duarte 1998). After that time, survival depends on the photosynthetic ability of a young plant, which is affected by the availability of light, water, nutrients and neighboring vegetation competition.



Figure 13. Mahogany new germinants.

### **3.1.6 Seed predation**

In Quintana Roo, 5% of dispersed seeds are consumed by predators in a period of 5-25 days after dispersal (Cámarra-Cabral and Kelty 2009), and the percentage rises to 20% during a period of five months (Negreros-Castillo and others 2003). In Pará, Brazil, the loss can be up to 40% during several months. The intensity of predation seems to be independent of the distance from the mother tree (Grogan and Galvão 2006; Norghauer and others 2006). Mahogany seed consumers include parrots and toucans that consume the nearly green seed on the tree, and on the ground, ants, rodents, insect larvae and fungi have been identified as predators (Gutiérrez-Granados and others 2011).

### **3.1.7 Ecological associations**

A wide discussion exists about which ecological association mahogany should be placed in (Swaine and Whitmore 1988). It has been classified as moderately shade tolerant (Ramos and Grace 1990), as a long-lived pioneer (Whitmore 1991, 1996), as a light-demanding climax species (Whitmore 1998), as not a pioneer (Gerhardt 1996), as not a light-demanding pioneer (Brown and others 2003) and as an intolerant species that requires severe disturbance and large clearings to regenerate (Negreros-Castillo and others 2003, 2005, 2006; Snook 1993, 1996), as intermediate to shade intolerant with plasticity and acclimatization (Cámarra-Cabralles 2005) and as a gambler that germinates in the underbrush and responds to clearings (Vester and Navarro-Martínez 2007). The variation is due to the plasticity of the species to adapt to certain light conditions during its life, the diverse type of soils, moisture regimes and competition levels (table 4). In Brazil, mahogany is classified as a late secondary that responds to periodic releases and to intermediate size clearings. After 8 years of growth, 2% survival is reported in the undergrowth and at 6.8 years 43% survival on average in clearings of 314 m<sup>2</sup> (Grogan and others 2003, 2005). These studies indicate that mahogany, in its juvenile state from new germinant to young seedling, is a species of intermediate to intolerant associations with plasticity and acclimatization. But the key to survival for mahogany is multiple releases, because if after germination, a new germinant remains under a closed canopy, it can die in three years or less. If multiple releases are done (providing increasing light), a fertile and humid environment permits the young seedlings, older seedlings, saplings, and poles to respond rapidly and compete favorably. In severe disturbances that open a young mahogany to full solar radiation, mortality due to water limitation can be high. In natural settings, seed germinate as long as rain falls and secondary vegetation is established in 2-3 months, which modifies the microenvironment, favoring mahogany and species ecologically associated.

### **3.1.8 Pests and diseases**

*Hypsipyla grandella* is an apical bud borer of meliaceae, both in natural conditions and in plantations. In the latter case, it can cause an important decrease in growth in addition to lessening the quality of the wood. The moth deposits eggs on the apical bud. When the larvae hatch, they feed on the bud, open a gallery several cm long in the pith of the stem, and pupate in site. The adults perforate the stem to exit and

fly away to complete their life cycle. When stems and buds are thin, the stem dies. Hormones accumulate in branches of the immediate inferior internode, and they modify their orientation to grow upward. If one bud is a little higher than the others, it will accumulate more hormone and other resources that permit the branch to become dominant, and the rest return to their tendency of horizontal expansion. If several buds are more or less at the same height, as is common, however, the tree will tend to bifurcate into many stems as branches compete for leadership. The death of the leader and the struggle for its replacement deforms the architecture of the stem and can result in reduced timber yield and less vigor to compete with neighbors for crown space (Macías-Sámano 2001).

### **3.2 Characteristics of mahogany and associated species**

Because of its commercial importance, mahogany is the emblematic species of the Mayan forest. At the same time, because of its plasticity, it shares ecological characteristics with other commercially important species. This section provides available information, although incomplete, about mahogany and other tree species of ecological and commercial importance that are associated with mahogany. First, Table 4 summarizes the ecological characteristics of mahogany in Quintana Roo, and Tables 5 and 6 compare various ecological indicators, such as shade tolerance, reproduction and regeneration, growth, etc., of mahogany with associated species, in particular those of commercial importance.

Table 4. Principal ecological characteristics of mahogany in Quintana Roo.

Characteristic	Description	Source
Habitat		
Physical environment	In the undulating and level relief of Quintana Roo, mahogany prefers level sites in low or high areas and black soils. It is found in diverse soils from rich in nutrients to poor with humidity regimens from dry, well drained soils to very humid soils with excess humidity, in karst soils rich in calcium and magnesium.	1,2

Characteristic	Description	Source
Dynamic		
Sociology	Assuming that seed are available, the type of disturbance that favors natural regeneration of mahogany is one that creates large canopy openings with sufficient light in the undergrowth and reduces competition to a minimum, such as hurricanes followed by fires, fires and slash and burn. Regeneration is also present in small gaps resulting from small disturbances, such as timber harvest, opening of roads, skid trails and landings. It appears with less success in open patches, either caused by the death of neighboring trees or small natural disturbances.	5, 6, 7, 8, 3, 4
Shade tolerance	<p>Shade tolerance of new germinants and young seedlings is intermediate to intolerant for periods not longer than two years. They require multiple releases.</p> <p>Young seedlings and poles are intermediate to intolerant. Intermediate with conditions of humidity, nutrients and low competition. They also require multiple releases.</p> <p>Intolerant is its most natural and favorable condition in sites that provide disturbances that create conditions of total opening and low competition. In its best state of growth, it is an emergent tree whose crown overtops the general forest canopy.</p> <p>Mature tree, intolerant.</p>	<p>9, 10,</p> <p>9, 10, 2, 3, 4</p> <p>5, 6, 7, 11</p>

Beginning of reproduction – regeneration

Characteristic	Description	Source
Mode of reproduction by seed		
Production of fruit and seeds	Best producing trees $\geq 75$ cm in DBH with well-developed crowns, dominant in the canopy. Produce from 3 to 4 times more than trees of smaller DBH (61 fruits per year). Annually variability is moderate. Up to 30% of trees $\leq 75$ cm in DBH do not produce each year; trees $< 50$ cm produce on average 15 fruits per year, which will contain 675 seed.	12, 13
Sexual maturity	Begins when trees reach 20 cm in DBH if the crowns are not damaged and they receive light.	10, 13
Size of maximum seed production	The best producers are trees $\geq 75$ cm in DBH with well-developed crowns.	10, 12, 13
Frequency of good seed years	Irregular annual production, trees $\geq 75$ cm in DBH have few years with zero production.	10, 12, 13
Dispersal and time of seed production	Wind dispersal up to 30-60 m from seed trees, but it can reach 80 m. Trees $\geq 75$ cm in DBH have dispersal areas of 0.47 ha and smaller ones have areas of 0.37 ha. Seed dispersal in March-April.	14, 15
Duration of seed viability	5 months; seeds contain a large amount of lipids.	16, 17
Diseases and seed predators	In the trees, parrots and toucans; on the ground ants, various insect larvae, rodents, as well as diverse fungi.	10, 15, 16
Germination	Germination with fresh seeds is more than 90% and occurs in environments with sufficient humidity, with or without shade, preferably with buried seeds.	8, 10, 15, 16, 17

Characteristic	Description	Source
Development and growth of new germinants and young seedlings		
Water requirements	Humid substrate for germination. Greater survival in black soils and in red soils, greater mortality with lack of humidity.	8, 16, 17
Light requirements	Intermediate to intolerant species, more intermediate in the new germinant and young seedling stage, intolerant in the older seedling and pole stage.	2, 4, 10, 6, 7, 8, 11
Growth	New germinants and young seedlings growth moderate, growing in gaps (of 314 m <sup>2</sup> , 115 cm tall at 3.5 years, gaps of 0.5 ha, 5 m tall in 3 years). Growing in 50% light at nine months of age, 75–95 cm tall, 40% survival at 7 years in favorable conditions of nutrition and humidity.	2, 10
Response to release	New germinants: very good; young seedlings: very good	
Sensitivity to competition for light and soil resources	New germinant is highly sensitive to competition for light and humidity. Young seedling is highly sensitive to competition for light and humidity.	5, 11, 19
Principal harmful agent	<i>Hypsipyla grandella</i> , the larva of the moth, attacks the new germinants, young seedlings and older seedlings, causing deformation and reduction in growth.	4, 20
Mortality	New germinants and young seedlings have high mortality in closed canopy environment, with competition from other species and vines after the first year.	2, 7, 8, 10

Characteristic	Description	Source
Growth of trees		
Site index	No information	
Rotation	In Quintana Roo there are no elements to define rotation	
Typical natural longevity DBH growth	1.0 - 0.38 cm yr <sup>-1</sup>	4, 18
Stress factors, tolerance and resistance		
Tolerance to wind	Mature trees: high tolerance due to buttresses.	
Tolerance to hurricanes	Intermediate and mature trees: very little tolerance, great loss of branches from the canopy in emergent trees.	
Tolerance to drought	Very low in new germinants growing in red soil, moderate in new germinants growing in black soil.	
Tolerance to floods and high water table	Good tolerance, withstands periodic floods, but growth is reduced.	
Other stress factors	No information.	

Note: Reference numbers appear at the end of the correspondent citation in the bibliography

Table 5. Shade tolerance, reproduction, establishment and growth of mahogany and associated species.

Species	Shade tolerance: new germinants, young seedlings & poles	Method of reproduction	Seed years	Preferred seed bed	Reference
<i>Mahogany (<i>Swietenia macrophylla</i> King)</i>	New germinants and young seedlings, intermediate to intolerant. Older seedlings, poles, more intolerant	Seeds, advance regeneration	Apparently without periodicity, information scarce. Irregular annual production	Mineral soil	3, 4, 5, 6, 7, 8, 10.
<i>Chechem negro (<i>Metopium brownei</i> (Jacq.) Urban)</i>	New germinants and young seedlings, intolerant, gamblers	Seeds, advance regeneration	No information available	Mineral soil	19, 3, 4
<i>Amapola (<i>Pseudobombax ellipticum</i> (Kunth) Dugand)</i>	New germinants and young seedlings, gamblers (intolerant)	Seeds, advanced regeneration, sprouts	No information available	Mineral soil	3, 4
<i>Chaca roja (<i>Bursera simarouba</i> L. Sarg.)</i>	Extreme gamblers (very intolerant)	Seeds	No information available	Mineral soil	3, 4
<i>Tzalam (<i>Lysiloma latifolium</i> (L.) Benth.)</i>	New germinants and young seedlings, intolerant	Seeds, advance regeneration	No information available	Mineral soil	19, 4

Species	Shade tolerance: new germinants, young seedlings & poles	Method of reproduction	Seed years	Preferred seed bed	Reference
Jabin ( <i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg.)	New germinants and young seedlings, very intolerant	Seeds	No information available	Mineral soil	19, 4
Sakchaca ( <i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. & Planch.)	New germinants and young seedlings, moderately intolerant, gamblers (intolerant)	Seeds, advance regeneration, sprouts	No information available	Mineral soil	19, 3, 4
Guano ( <i>Sabal yapa</i> C. Wright ex H.H. Bartlett)	New germinants and young seedlings, tolerant	Seeds, great seed production, advanced regeneration	No information available	Indistinct	19
Zapote ( <i>Manilkara zapota</i> (L.) P. Royen)	New germinants and young seedlings, tolerant (fighters)	Seeds, advanced regeneration	No information available	Indistinct	19, 10, 4
Boob ( <i>Coccoloba spicata</i> Lundell)	New germinants and young seedlings, moderately tolerant to tolerant	Seeds, advance regeneration, sprouts	No information available	Indistinct	19

Species	Shade tolerance: new germinants, young seedlings & poles	Method of reproduction	Seed years	Preferred seed bed	Reference
Ta'astab ( <i>Guettarda combii</i> Urb.)	New germinants and young seedlings, moderately intolerant	Seeds	No information available	Indistinct	19
Granadillo ( <i>Platymiscium yucatanum</i> Standl.)	New germinants and young seedlings, fighters (intermediate or moderately intolerant)	Seeds	No information available	Indistinct	4, 19
Siricote ( <i>Cordia dodecandra</i> A. D. C.)	New germinants and young seedlings, intermediate to intolerant, fighters (intolerant)	Seeds, advanced regeneration	No information available	Indistinct	10, 4, 3

Note: Reference numbers appear at the end of the corresponding citation in the bibliography

Table 6. Shade tolerance, reproduction, regeneration and growth of mahogany and associated species

Species Common name Scientific name	Development and growth of new germinants and young seedlings			
	Growth	Response to opening of the canopy	Sensitivity to competition	Mortality
Mahogany <i>Swietenia macrophylla</i> King	New germinants and young seedlings, moderate. Older seedlings, poles	Very good	New germinants: very high Young seedlings: high	New germinants: very high the first year with competition and drought. Young seedlings: high with shade, without sufficient soil moisture and with high competition
Chechem negro <i>Metopium brownei</i> (Jacq.) Urban	New germinants and young seedlings, moderate. For individuals ≥ 10 cm, 0.23 cm/yr	Very good	Moderate	No information available
Amapola <i>Pseudobombax ellipticum</i> (Kunth) Dugand	New germinants and young seedlings, moderate or rapid	Very good	No information available	No information available
Chacar rojo <i>Bursera simaruba</i> L. Sarg.	moderate or rapid	No information available	No information available	No information available
Tzalam <i>Lysiloma latisiliquum</i> (L.) Benth.	New germinants and young seedlings, moderate or rapid	Very good	No information available	No information available
Jabin <i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg.	New germinants and young seedlings, moderate or rapid	Very good	No information available	No information available

Species	Common name Scientific name	Development and growth of new germinants and young seedlings			
		Growth	Response to opening of the canopy	Sensitivity to competition	Mortality
<i>Sakchaca</i>	New germinants and young seedlings, moderate or rapid	Very good	No information available	No information available	No information available
<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. & Planch.					
<i>Guano</i>	New germinants and young seedlings, slow	No information available	No information available	No information available	No information available
<i>Sabal yapa</i> C. Wright ex H.H. Bartlett					
<i>Zapote</i>	New germinants and young seedlings, slow	Very good	Low	Low mortality	
<i>Manilkara zapota</i> (L.) P. Royen					
<i>Boob</i> ( <i>Coccoloba spicata</i> Lundell)	New germinants and young seedlings, moderate	No information available	No information available	No information available	No information available
<i>Tá astab</i>	No information available	Very good	No information available	No information available	No information available
<i>Guettarda combsii</i> Urb.					
<i>Granadillo</i>	No information available	No information available	No information available	No information available	No information available
<i>Platymiscium yucatanum</i> Standl)					
<i>Siricote</i>	New germinants and young seedlings, moderate; Older seedlings, poles and pole timber, moderate	Very good	Moderate		New germinants; moderate the first year; young seedling; moderate
<i>Cordia dodecandra</i> A. DC.					

Note: Reference numbers appear at the end of the corresponding citation in the bibliography

# CHAPTER IV. THEORETICAL PRINCIPLES FOR A SILVICULTURE GUIDE FOR MAHOGANY FORESTS

## 4.1 Premises

The forest producer (individual, community or business) is assumed to have legal tenure of the land and is responsible for decision making. The expected management policy is to grow and sell trees for timber and produce other products from the land, subject to current regulatory constraints about resource stewardship and values of public interest.

## 4.2 The natural mahogany forests

The mahogany forests of Quintana Roo are extensive, and within them there are patches in which abundant quantities of mahogany are found in nearly all its life stages. Inventories indicate that regeneration is very limited or nonexistent, but there is a lack of studies to scientifically determine the proper proportion and balance of all the stages. Considering the last 4 000 years of history of the Yucatan peninsula, it is difficult to know if the forests are natural or Mayan gardens. For now, the accepted conclusion is that there is no true natural forest, only vegetation resulting from 4 000 years of Mayan culture (Vogt and others 1964). In the case of mahogany, as a guiding species in a mixed forest, a reasonable management policy is to strive to sustain a flow of seedlings of all species that will be systematically growing, which will maintain the natural species mix, perhaps enriched with the favorite species. Should a species become scarce, there will be the option of enrichment planting or even tree farming as a means to secure its continuous presence.

## 4.3 Basic scenario

Assume there is a forest estate occupying at least 10 000 ha. Let there be recognized property rights for all ownership types (private, ejido, community).

Assume the owners objective is the long-term management of the forest estate to produce commercially useful logs of diverse species and features (size, defects, quality, etc.).

Also assume that appropriate harvest technology is available that will allow the producer to do the felling, bucking and yarding of the logs and

the construction of permanent roads, skid trails, and landings. Logging will use mainly, but not exclusively, skidders and chainsaws.

Forest owners may either hire logging contractors or carry out all or part of the process, from the harvest to the delivery of the product at the landing area.

The landing should be the point of sale and of administrative control of product movement.

The management objective will be the realization of potential opportunities that are feasible, given the current biological and regulatory scenario. The objective will strive to maximize the owners' assets without exceeding their risk tolerance. For practical purposes and for performance assessment, the objective translates to the optimization of the current value of the sum of the net revenues over an unlimited future horizon (principle of M. Faustmann, 1849). This objective will be implemented by means of the FMP.

The silvicultural objective will be to strive for full-occupation of the soil with a natural mix of tree species, but with an increasing number of preferred species (for now the 24 in Table 3) over time. Special attention will be placed on increasing the presence of mahogany until the biologically viable full-occupation is reached, without putting at risk the presence of other species. In the majority of the mahogany sites, this implies aiming for a target of 80% of the BA being from the 24 priority species, with mahogany being not less than 5% of the basal area. This translates to 10 juvenile or mature trees mahogany >10 cm DBH per hectare in juvenile and mature stands or 100 well established saplings in young stands.

The central silvicultural principle is that each target-tree in the forest succeeds in occupying a space in which it receives direct solar light. This principle, albeit not the only one, is sufficient to steer the dynamics of the forest stand and its reaction to silvicultural treatments. As a consequence, the most important functions of the silviculturist will be regeneration, ingrowth, mortality, growth and yield.

## **4.4 Forest administration**

Harvest regulation is a process that generates a cutting plan assigning silvicultural treatments to govern the dynamics of successive forest blocks in order to complete cycles of X years (for now, X = 20). The practice employed in Quintana Roo of dividing the total forest area into 20 sections is maintained, and each section is the annual cutting area (stand). The minimum treatment unit will be the 'group of interacting trees' (GIT) in which individual trees interact with each other, causing mutual interference in crown expansion. The annual cutting area will be composed of a mosaic of distinct GITs. When practical, any given treatment will be applied over large, contiguous areas. The administrative control can be individualized by GIT or larger territorial units can be used where probability functions make it unnecessary to maintain separate records by GIT. The recommendation, nevertheless, is to control each GIT, whenever possible, even locating each one on maps to facilitate the application of the proposed system and to acquire sufficient experience (Curiel and Mendoza 2007).

## **4.5 Diagnosis**

The process of silvicultural planning is initiated with a diagnostic, applying a prescription inventory (Pi) and a growing stock inventory (Gsi). Technical details (sampling, instruments, protocols, etc.) of Gsi are well-known and flexible; hence they will not be discussed here. Pi gathers information to feed the quantitative control and prediction algorithms dealing with growth, mortality, natality, ingrowth, health and yield (content of commercial products). Pi and Gsi are done on a sample of the annual harvest area. Both inventories have similar sample sizes and could potentially be conducted simultaneously. For practical and control reasons, Pi could be applied in parcels of 900m<sup>2</sup> that for efficiency would be 30x30 m. GIT within Pi plots are identified, and one by one 100% of individuals (from young seedlings up) is assessed and graded as high or low quality and its stage of development are recorded (Section 4.6). Each GIT in the inventory is associated with a site description. Site features usually occur over large areas, so the site description may be shared by several Pi plots. Site indicators that describe the microtopography and elevation of the land in relation to probability of flooding, the extent that might be under water in the rainy season, or what portion of the year the area might be flooded. When describing the type of soil, especially physical qualities, such as color, rockiness, drainage, homogeneity, depth of woody layer, leaf

litter, humus, and organic layer should be included. It is advisable to use the Mayan soil classification, which considers most of the mentioned attributes. The site description is accompanied by observations on fire, erosion, stumps, signs of logging damage, and blow down, as well as the presence of indicator species (plants, animals, lesser organisms). Sufficient sample plots per annual cutting area should be measured, in order to have reliable and unbiased statistics.

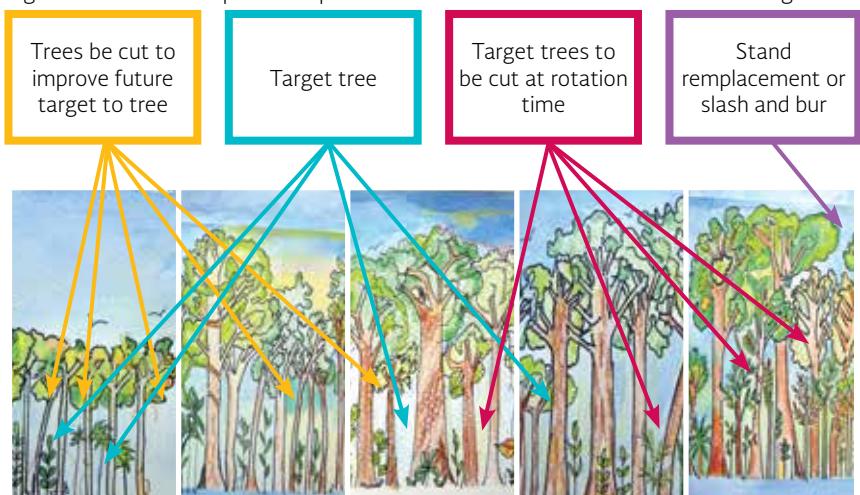
Simulation Silvicultural models should generate recommendations that will help forest inventory staff prescribe treatments in the field at the time of measurement. Most prescriptions will include targets about the percentages of area coverage by diverse forest types and successional stages (structures) (figure 14). Additional quantitative and discrete supporting information from silvicultural models will be used in the field to help design prescriptions. Supporting information will include site quality, natural and desired disturbance regimens, and silvicultural system recommended, along with multiple scenario forecasts for regeneration, growth, ingrowth, mortality, health and yield. The level of statistical power should be more than enough to indicate clear choices between alternative feasible silvicultural treatments (figure 15).

The PI procedure will be repeated during the process of marking, except it will not be sampling, but census. Marking rules will be followed as tightly as needed to evenly distribute the treatments over the cutting area without exceeding allowable cut targets. The trees of rare or endangered species will be maintained regardless of quality. In short, PI will provide estimation of the current percentages of the different development stages and a prioritized list of the possible and necessary different silvicultural treatments. This type of diagnostic requires a visit to each GIT in a given cutting area. PI must be conducted by an experienced regional silviculturist capable of determining priorities among feasible treatments.



Figure 14. Idealized depiction of successional stages that may appear during a PI (percentages of the total area of sampling plots in a cutting area).

Figure 15. Idealized depiction of prescribed treatments identified while conducting a PI.



## **4.6 Quality, vigor and vitality of a desirable tree**

Achieving full-occupation of the land implies that the site is 100% occupied by high quality trees of preferred species (table 3) at any stage of development or the evidence that in due time a tree like that will occupy the entire growing space. In the rest of this work, we identify these trees as “target-trees”. The quality of a tree is defined by the combination of its vitality (dominance) and quality ranking (high or low). Most high-quality individuals have been high status in previous developmental stages. A dominated or intermediate individual is unlikely to respond to release, so it may be incapable of returning to the codominant and dominant classes even though it may be allowed to live a long time and it could progressively improve its prospects. The time needed to pass from one stage to another will be variable, and for decision making purposes is irrelevant.

The stages of development of each tree can be grouped into the following categories:

- 1. New germinant:** recently germinated, without true leaves or crown.
- 2. Young seedling:** shoot without distinguishable crown but with branches and anatomical development that show, it has survived more than one dry season.
- 3. Sapling:** juvenile with a well distinguishable crown, without indications of possible dominance.
- 4. Older seedling:** nonreproductive juvenile, without products, capable of reaching the canopy level, old enough to display indications of dominance.
- 5. Pole:** beginning productiveness, few products of low quality and size. Flowering begins at this stage in most species.
- 6. Sawtimber:** high reproductive strength, high viability of seeds and propagules, and high quality of products.
- 7. Overmature tree:** indications of senility and decrepitude, less reproductive strength and low viability of seeds and propagules, products prone to deterioration, damage and defects. Abundant epiphytes and other indications of bole rot.

Tree vitality is reflected in dominance levels, as follows:

- a. **Wolf tree, open-grown tree:** unimpeded crown expansion, wide space available, light reaching the tree during whole day; crown generally branched, leafy, and with less height than it would have at the same age if it were directly competing with other trees.
- b. **Dominant:** the size of the crown is average for an individual that until now has developed without limitation in crown expansion during its life; symmetrical crown of circular projection; strong apical dominance.
- c. **Codominant:** the size of the crown is similar to dominants, but the three dimensional symmetry of the crown will be somewhat affected by neighbors; maintains apical dominance.
- d. **Intermediate:** crown size considerably smaller than dominant and codominant; limited branch development, such that the major part of the crown does not have space to expand; the total height of the tree permits it to be in the higher canopy or at least to receive direct light on the top during the major part of the day.
- e. **Overtopped:** shorter than neighbors that interact with it; it will be shaded nearly all day; its crown will be three dimensionally asymmetric.
- f. **Suppressed:** so overtapped that it begins to bend and could die in a short time. This is the tree of the lowest quality possible.

### Evaluation of the quality of the forest development stage

1. **Regeneration.** Trees established, having reached at least the sapling stage, but with DBH less than the minimum for the inventory.
2. **Juvenile.** Trees with DBHs larger than the minimum measurable size, not reproductive, with trunks formed only of sapwood or with less than half the volume in heartwood. Rarely epiphytes, crown lesions or defects. The bark is generally smooth or with few defined plates, and for some species anatomical defense structures, such as spines, are present. This type of forest can have any age, dimensions or dominance. Occasionally, there are

opportunities for extracting commercial products, such as chips, firewood and special products. If it is not feasible to log and sell products from marked trees, they must be felled anyway, and the cost will be carried as an investment until the final harvest.

**3. Mature.** Forest with trees containing at least half of their volume in heartwood and DBHs above the minimum for the inventory. Physiologically suitable for reproduction, and with clear expressions of abundant fertility in the flowering and fruiting season. The bark is rougher than in juveniles, and its defensive structures have been lost. Rarely, it will have epiphytes or some other indication of stagnation or moisture accumulation in its branches. Mature trees are the ones with most commercial value, and volume removal is concentrated on them. Cutting other companion trees that are not mature or that have already passed this stage is possible and desirable if the silvicultural prescription specifies it, but it is not necessary to extract or try to sell this low value material.

**4. Overmature.** Trees are decrepit, at times bent over, some branches with little foliage or dead, with signs of bole rot and the presence of epiphytes and cavities with wildlife, as well as indications of termites. Reproductively, a senile tree is hardly active, but due to the size of its crown, it contributes regularly to the soil seed bank, although many of its seed and fruits are not viable. Given enough time, the quantity of seeds produced by these trees is usually sufficient to reoccupy a site. The senile forest is not suitable for harvest, but it is suitable as a source of seed and propagules, as well as for shade and full-occupation of a site. Although the indicators of decrepitude accumulate with age, they can be expressed in all species at any age, size and level of dominance.

# CHAPTER V. SILVICULTURE PRACTICES FOR THE MAHOGANY FOREST

## 5.1 Introduction

This chapter contains the recommended silviculture systems applicable for the management of the mixed and uneven-aged forests of Quintana Roo in which mahogany develops (mahogany forests). In general, the silviculture terms and definitions used in this work correspond to what is known in Mexico, but the silviculture of mahogany forests requires nontraditional strategies. Therefore, where known terms have little application, new terms and concepts will be used. The silviculture parameters and specifications for road technology, machinery and logistics of timber harvesting of the forest proposed are those currently available in the Yucatan Peninsula. The predominant institutional and legal environment, the market factors (money, workers, machinery, infrastructure, data, and technology) and the products of round timber currently in use are also present.

The silviculture system proposed in this work seeks to reshape the disturbance regime that occurs spontaneously in the mahogany forest to one that favors regeneration, health and growth of commercially important species, including mahogany. Silviculture disturbances include timber harvesting, production of charcoal (when applicable), creation of regeneration conditions (gaps), and supplemental treatments (site prep, slash disposal, weeding, and postharvest tending). The applied system will be used to create stands with high-quality trees, mixed species, and an even-aged structure in which mahogany is a leading species.

Two silviculture systems are proposed to create this type of forest:

- 1. Stand replacement.** This implies removal of all the trees and understory vegetation in one operation. The treatment is intended to efficiently harvest all available products, while opening space to develop a new even-aged stand, containing the species mix characteristic of the region with a preponderance of desired species. This may be necessary when the  $P_i$  indicates a deficient stocking of target trees.

**a.** Prescription for the stand replacement system.

The marking crew will consider the prescription and data from PI as a first approximation for treating the annual cutting area. The actual treatment may depart from the prescription recommended by the PI and GSI, because the sample used to develop the prescription do not include situations found while marking the entire cutting area.

**2. Slash and burn (SBSA).** Slash and burn is an ancestral silviculture system that has shown to be the most reliable technique for the establishment of mahogany and companion species (table 3). The practice of this silviculture system varies across the Yucatan Peninsula. It is a sound silvicultural system whether it is conducted with a long cycle (25 years) that systematically moves through the forest attending the cropping plots as well as the fallow forested areas or with a short cycle (7-12 years), intensively tending only the areas with corn (2-6 ha annually). The key feature is that the cropping fields are surrounded by forest at all times, and corn fields will always return to natural tree cover and will remain forested for very long periods.

**a.** Prescription for the slash and burn system.

In slash and burn, after agreement with the producer about the appropriate sites that have potential for corn cultivation, the felling blocks are chosen and the order in which they will be cultivated is decided. The size of each corn field will be the traditional one for each region, generally 0.5 to 6 contiguous hectares. Farming will establish polycrops, while tolerating naturally established mahogany, as well as those that are seeded or planted. Within the fallow grounds, annually the producer will pick fields that can be entered to extract firewood, poles and other products. Besides collecting products, the farmer will release target trees when needed. Through time, forest composition and density of target trees will improve up to the time when the area will be cleared for cornfields once again, although there is the possibility of maintaining constant forest cover and managing trees on an uneven-aged basis.

## **5.2 Concurrent prescriptions**

Each GIT should have only one of the five concurrent prescriptions and one of two complementary prescriptions. The concurrent prescriptions are mutually exclusive and refer to the feasible actions for the following cycle. One or several of the complementary prescriptions can be applied to each of the concurrent prescriptions.

### **Concurrent prescriptions:**

- 1. Nothing.** The site is forested and has ideal site conditions, that is, the site has full-occupation with target trees. To continue with the natural development, without alteration by silvicultural treatments, is appropriate. Also, a null prescription is in order for sites in which the individuals to be removed were killed during recent natural disturbances, so there is no need to correct anything, not even in isolated groups not affected by the disturbances. Finally, a null prescription can be an administrative recommendation to maintain the desired distribution of desired successional stages.
- 2. Intermediate cut.** These treatments control species composition and/or stand density when doing so releases target trees. The intermediate cut also reduces competition to quantitative targets and eliminates vines and other plants aggressively competing with target trees. The essential rule of this treatment is that the space freed by cutting individuals should be promptly reoccupied by preexisting trees. No opening should be so large that trees can successfully regenerate, though it is entirely possible that the opening intentionally frees and permits development of trees that were previously established in the inferior strata. The rule about the intensity of cutting will be maintaining full-occupation by target trees (high quality). If the initial conditions do not permit reaching full-occupation immediately, the objective of partial occupation for a reasonable time is accepted, subject to an outcome of eventually achieving full-occupation (100%). The minimum occupied space will be that corresponding to the typical crown size of a sawtimber-sized tree ( $\sim 150 \text{ m}^2$ ). If the ground is occupied by a sawtimber-sized tree, it is fully occupied, but if it is occupied by trees of younger stages, full-occupation is expected if there are enough high quality trees that one of them will reach sawtimber size without losing its quality.

**3. Final cut and regeneration.** Harvest of commercial trees of any species, carried out in such a way that it is anticipated that the spaces freed will be occupied by regeneration of a mix of species characteristic of the forest type for the site. Apart from cutting the trees in the GTI, additional trees will be cut to create a large enough opening for successful regeneration. Complementary labors after logging and for several years afterwards will be applied when needed. These complementary efforts include mechanical or fire preparation of a seedbed, slash control, and prevention of invasion by undesirable herbs and vines. The size of the opening recommended to favor establishment of the 24 priority species and mahogany is no less than 0.5 ha and no more than 6 ha, with 2 ha as a general recommendation. The choice will depend on the criteria of the professional with experience in the region and on market opportunities to sell the diverse products that will come from the complete removal of the canopy.

The possibility of planting a complementary number of desirable species or even direct seeding should be contemplated as an option. When seeding, the use of seed coated with nutritional and protective covers is advised. At sites with currently occupied by mahogany or in potential mahogany sites (dark soil, good moisture, no flooding, with or without exposed rock, good drainage, slightly above the mean soil elevation), planting should preferably include mahogany (see Table 7 for more details about mahogany). The recommended planting density is one tree of any priority species each 50 m<sup>2</sup> (200 plants/ha). Trees should not be planted in a systematic manner, rather by taking advantage of favorable microsites. Not less than 10% ( $n = 20$ ) of the planted trees are recommended to be mahogany, considering that planted trees will complement the composition of the retained trees, plus the natural ones established after treatment.

For planting, soil is prepared by digging a wide, deep hole in which one 4-5 month old seedling will be planted. Seedlings should be grown from local seed in nurseries where the regimen includes a finishing, hardening phase that fosters lignification (a minimum of 4 mm in diameter at the base). Seedling should have a stem height of 30 to 40 cm, a main root of no more than 25 cm, an abundant mass of rootlets, no indication of coiling, and with

healthy branches, each one at least 15-25 cm long. The harvest of the cutting area can be complete or occasional legacy trees can be left, but the opening should not be more than 25% occupied. The area should be evaluated annually, 2-3 months before the rainy season to detect additional work necessary regarding what% of full-occupation is being successfully accomplished.

Leaving some parent (seed) trees of desirable species (table 3) is an alternate option. Leaving seed trees does not mean leaving the most prolific or largest trees. The trees that are left should be distributed so as to provide an even seed rain over the entire cutting area. If seed trees are not homogeneously dispersed or if they fail to establish regeneration, regeneration can be complemented with planting to assure full occupation in a reasonably short time. The specifications for complementary treatments and the criteria for marking are essentially the same as in the treatment of stand replacement that is described above.

The objective of the regeneration cut and follow-up treatments is to accomplish full-occupation of the site with a mix of species. Around 80% of the occupation should be by the 24 priority species (mahogany >5%), equivalent to the density of the mature stage of 100 to 200 trees per hectare which will have a basal area of 20 to 35 m<sup>2</sup>/ha and >200 m<sup>3</sup>/ha standing volume. The time to reach these conditions will depend on the site mixture of species, the natural disturbance regimen, and the intensity of management. Presently, this length of time cannot be established. More experience is needed for reliable estimation.

**4. Forest protection.** These are labors to prevent or remediate the incidences or exposure to risks, especially meteorological risks, such as hurricanes, fires and blowdowns, as well as effects of extraordinary flooding. This also refers to the recuperation and return to production of extensively burned areas (>20 ha).

**5. Special regimen.** This refers to sites where mixed farming occurs with windbreaks or trees tolerated within the parcel, backyard gardens, agroforestry plantings, commercial plantations and other uses of the land that maintain portions of commercial forest without being part of the managed forest.

### **5.3 Complementary prescriptions:**

**1. Nothing.** This policy is the one to follow when the prescribed treatment will cause sufficient and adequate site modification.

**2. Risk control.**

**2a.** Reduction of fire risk through prescribed burns.

**2b.** Reduction of health risks by eliminating unhealthy and susceptible trees when conditions of exposure to a health risk factor has been detected.

### **5.4 Implications of the silviculture system on harvest regulation**

Regulation of the cut can follow any method as long as it allows each GIT (or group of GITs) a separate treatment. By default, it is understood that the method of regulation will be that of inventory control, which monitors, assesses and manages the probability distribution of GITs by successional stage and content of target trees. Areas to be cut are assigned to zones that most urgently need harvesting. Silvicultural priority is a ranking that derives from PI field recommendations and quantitative simulation forecasts of likely outcomes about what could happen to each site if not treated in the upcoming cycle. Silvicultural priorities must be weighted by spatial criteria that involve biological concerns (fragmentation, for instance) and convenience in the logistics of the timber procurement operations. The existing road network should be taken advantage of to define an entry sequence that complies with biologic and operational restrictions, while maintaining the rhythm of extraction of commercial logs above 7m<sup>3</sup>/ha per entry.

### **5.5 Logging implications**

#### **Silviculture treatments require the following measures:**

- Careful directional felling, trying to minimize harm to the residual trees. Do not fell a tree if there is evident risk of harming any target trees or trees marked to leave (seed trees or valuable trees).
- Bucking at felling point.
- Skid trails traced and cleared in advance. Trails should be no more than 15 m from the felling point, unless lateral skidding mechanisms are available (animals or crawlers are fine, but no rubber tired skidders).

- Residue disposal will use any method that leaves at least two standing dead trees per hectare (if they exist) of > 40 cm DBH.
- On finishing with a cutting area, prepare permanent roads and skid trails to withstand rainy seasons with minimum maintenance.
- Do not remove large woody material (>40 cm in DBH) if it is rotten, standing or down and the fuel load is less than 200 tons/ha. Add large-size logging residue to complete the desired coarse woody debris load (at least to maintain 80 tons/ha).
- Comply with mandatory rules and regulations regarding environmental impacts, stewardship of biodiversity, and attention to fragile sites and protected species.

### **Other desirable optional measures:**

- Maintain the natural mix of species of the forest type, preferentially with target trees. Retain the very large individuals of every species, whether or not they are of high quality but with a desired density of one large tree per species every 10 ha.
- Control fires and other natural disasters only when the prediction algorithms indicate a high possibility of extensive harm to systems or risk to humans. The control of fire in forested sites will depend on the actual fire recurrence, the preferred type of GITs and the predicted effect of a specific wildfire event.
- Salvage after a natural disaster of great magnitude, such as a hurricane and catastrophic fire. From the silvicultural point of view, the site should be evaluated according to regular silvicultural policies to define the necessary actions.

Table 7. Synthesis and sequence of cultivation labors for the silviculture system of stand replacement or SBSA.

Stage	Treatment	Brief Description
Year 1		
Selection of treatment site		Identification of site with preferred characteristics for mahogany: dark soil, good moisture, no flooding, with or without exposed rock, good drainage, slightly above the mean soil elevation
Harvest	Harvest individuals of all trees, woody plants, and understory	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Harvest commercial mahogany</li> <li>• Harvest mature trees of other species</li> <li>• Harvest all trees in the pole size category</li> <li>• Production of charcoal with the remaining trees</li> </ul>
Site preparation	Controlled burn	Burn in the favorable season (May)
Regeneration	Natural regeneration  Assisted regeneration	<p>The labors described above must be carried out before the month of March. That is to say, before the seed trees drop their seed, a process that occurs on average between the beginning of February and the end of March.</p> <p>If the work is carried out after the end of March, it will be necessary to depend on direct seeding and to place seed directly in the soil. Five buried seeds or a seedling every 50 m<sup>2</sup> is recommended. (Fig. 16 and 17)</p>

Stage	Treatment	Brief Description
Year 2	<p>Selection of mahogany new germinants</p> <p>Regeneration</p> <p>Elimination of shade</p>	<p>In the case of assisted regeneration with direct seed in the month of May (rains begin in June), select two new germinants at each sowing site.</p> <p>In May, eliminate shade over the mahoganies. At this stage, secondary vegetation is small. In general, it is only necessary to cut the branches of trees that are producing shade over mahoganies. Be sure that the trimmings are placed around the plant to form a mulch layer that will retain moisture. This is particularly important at sites with red soil.</p> <p>In the case of assisted regeneration with direct seed in the month of May (rains begin in June), select two new germinants at each sowing site.</p>

Stage	Treatment	Brief Description
Year 3 Establishment of new germinants	Selection of mahogany seedlings and elimination of shade	In the case of assisted regeneration, in May leave only one new germinant at each sowing point.  In the case of natural regeneration, eliminate shade as described in the preceding stage.
Year 5 Growth	Elimination of competition	In May, eliminate competition from each tree. This can require eliminating single branches that generate shade above each mahogany. At times, it will be necessary to eliminate complete neighboring trees when their architecture and size impede free growth of the mahogany or any other target tree.
Composition	Selection of species	Leave a circle of brush and residues a meter wide around the mahogany. The straightness of the trunk characteristic of mahogany makes it especially attractive to deer for scraping their antlers, and woody residue can offer good protection.  In the month of May, verify complete occupation in each 100 m <sup>2</sup> . Assure that a tree of a species with commercial value exists, preferentially mahogany.  Liberate target trees from competition as described for mahogany.

Stage	Treatment	Brief Description
Year 10-15- 20	<p>Development of the unit of intervention</p> <p>Thinning</p>	<p>Monitor whether the selected mahogany, as well as other species, are growing without competition. Eliminate competition to the target trees where necessary. Every three years would be acceptable.</p> <p>It is hoped that in the 20<sup>th</sup> year the mahoganies and other species selected have reached the overstory and no further intervention is necessary.</p>

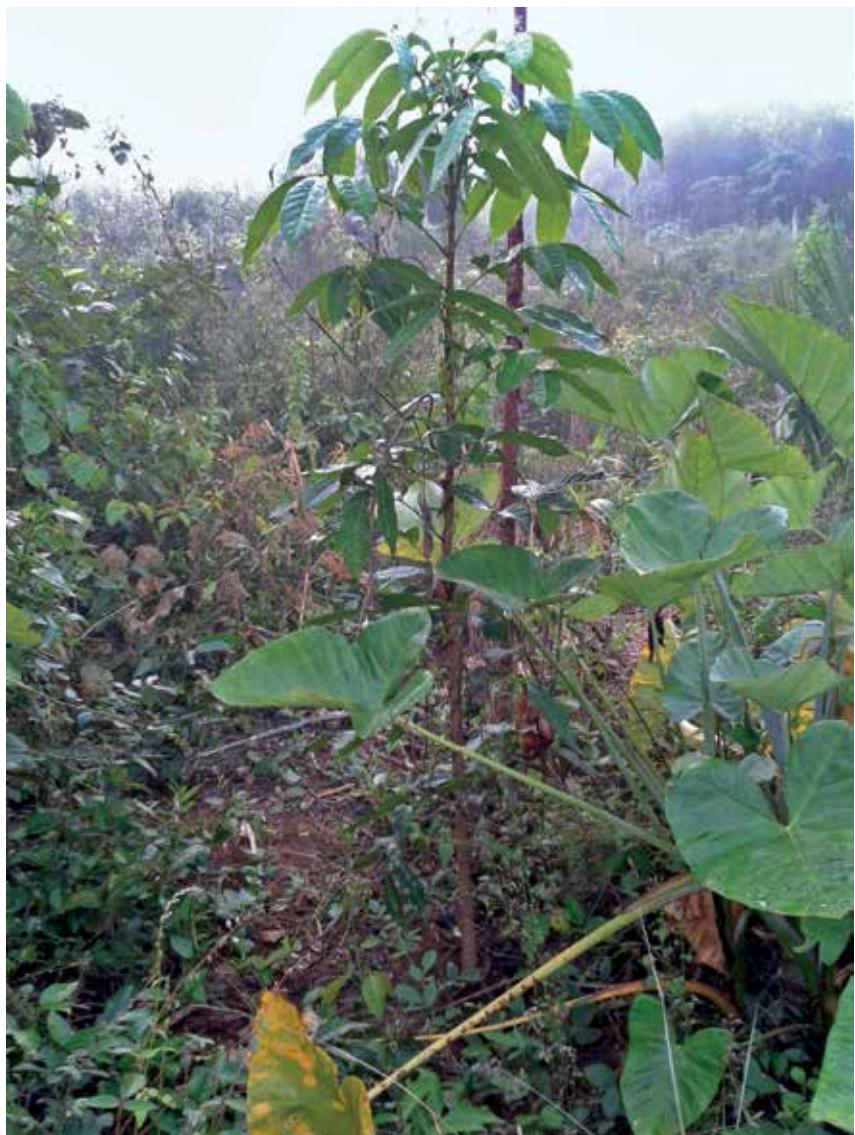


Figure 16. One-year-old mahogany, established after slash and burn. Secondary succession is noticeable (Quintana Roo).



Figure 17. Three-year-old mahogany, established after slash and burn. Secondary succession is noticeable (Quintana Roo).

## **5.6 Monitoring**

In due time, permanent experimental control plots should be established and examined regularly. The network of experimental sites is required to produce data to build models of growth, mortality, ingrowth, regeneration, composition, variability, risks and yield. Whenever possible, plots should be placed in each cutting area, remeasured and assessed three times a year for 5 years, then once each 5 years until the end of the rotation or until the maximum longevity of the local species (in the case of control plots). Plots complement timber surveys to gather a complete set of responses to treatment and natural variability. A decision support system that can be used in the future to refine decisions about cycle length, residual stocking for full-occupation, silvicultural treatment parameters, and forest health strategies can be developed from information gathered by the permanent plots.

## CHAPTER VI. NEW RESEARCH REQUIRED

The proposal, as presented, implies knowledge about commercial species (including mahogany, Table 8) and noncommercial species of the mahogany forest.

The relationship of the DBH, age and height of trees to crown length and radius and branch architecture should be known for the commercially important species. Also, the quantity of flowers, fruits and propagules that each species will produce as a function of tree characteristics, such as age, is needed. Available product distribution models need improvements and greater geographic coverage. Because the best bucking pattern is a problem with multiple solutions, forest planning decisions may use one of the most commonly used ones, like the rule of maximum value mix.

The three dimensional crown expansion dynamics of a tree of a species with respect to other trees of the same or other species in relation to the size of both is a process that needs to be quantified. The effect of this phenomenon on the vigor of an individual and its capacity to survive another year is also important to know.

The minimum size of a canopy opening in which a new germinant on the forest floor can develop successfully to its mature size is a key feature that needs local calibration, as well as the size of the canopy opening large enough to exhibit adverse conditions for the establishment of regeneration. This information is complemented with knowing the size of openings that favor or make it possible for colonization by aggressively competitive species or parasites of the commercial or desirable species. Perhaps light that enters the opening is sufficient to permit the appearance of undesirable vegetation, or perhaps there is some other requirement (fire, drought, microtopography, soil type, etc.).

The relation of microtopography, soils and the organic layer needs to be known. The connection between site features and the actual and potential presence of each commercial or desirable species is a topic that is not well understood. Information about how successional pathways are linked to topographic pattern would be useful.

Functions representing natality, mortality, incorporation, and growth and yield of mixed crops of all forest species in the Yucatan Peninsula are needed. These functions should respond to variation in geography, site, environment, and above all to labor of cultivation and natural disasters. In addition, the aggregate performance of these models should fulfill the requirements for analysis, especially to have decreasing yields at the scale and with respect to each factor of production, including the time and value of money. It does not matter for the moment if the models are theoretical, fitted to empirical data, or supported by biological, silvicultural or economic functions as long as they are statistically valid at a level of reliability that they can distinguish among the most common silvicultural decisions to be made.

Functions representing performance of equipment and manpower when applied for timber logging and for environmental engineering are also needed. These functions are required to facilitate assignment decisions about equipment to carry out silvicultural treatments.

Table 8. State of silvicultural and ecological knowledge of mahogany in Quintana Roo.

Area of Knowledge	Availability of the information in Quintana Roo
Silvics of mahogany	Moderate
Natural regimen of disturbances	Yes
Probability of size, fecundity, health and vigor of the trees expected in the stand, according to the forest inventory and management plan	Moderate
Production function or silvicultural simulation model	No
Ecological dynamics of the forest type	Moderate
Genetics	Limited
Influence of silviculture of mahogany on the fauna and vice versa	Limited
Social and cultural values linked to the mahogany forests	Moderate
Showcases	Limited

<i>Area of knowledge</i>	<i>Availability of the information in Quintana Roo</i>
Existence and availability of equipment and workers with the skill to execute the treatment with dexterity	Moderate
Market demand for products and subproducts expected from the silvicultural labor	Moderate
Number of stands and size of the smallest compatible with the minimum harvest: 7 m <sup>3</sup> /ha/intervention, 4000 m <sup>3</sup> annual removal, 500 ha minimum surface area of cut	Moderate
Financing	Moderate
Legality of the treatment parameters and term of the permits	Yes

# CHAPTER VII. APPENDICES

## Appendix 1. Glossary of terms used

**Affected area.** The set of noncontiguous cutting areas assigned to harvest in the same year.

**Annual plan.** Minimum period of planning and of administrative recording and mapping. Usually not 12 months but one dry season that can be part of one or two calendar years.

**Complementary tasks.** All the tasks and individual activities that constitute a silvicultural treatment are grouped under this term. These activities include: the method of felling, bucking, skidding, and loading; design of roads; season of work; preventive control of site damage or damages to residual trees and understory vegetation (or its opposite level of removal and prescribed disturbance as a treatment goal); control and disposal of the residue; inventory of firewood, leaf litter and standing combustibles; site preparation (chemical, mechanical, with fire); preventive control or remediation of erosion; sowing design and cultivation of associated cultivars (if there are any, i.e.) corn, squash, beans, bananas, citrus, etc.); determination of policies about legacies (bushes, wetlands, coarse woody debris in the soil, live and standing dead tree layer that remain within the treated area and that should be considered as something that should remain on the site without being damaged or moved); and control of weeds, especially grasses and vines, including aggressive invasive species. Other activities that could be prescribed for the stand and could be executed in the course of the work of actual treatment are also included.

**Cutting area.** The cutting area is made up of various groups of interacting trees (GITS).

**Cutting cycle.** Lapse between successive interventions, usually a fixed quantity for each cultivation regime. Some treatments might be needed outside the return schedule.

**Forest Management.** Administration of the activities on forested lands with the purpose of seeking certain objectives and preferences that have been hierarchically defined by someone with authority to do so. In the Mexican case, the responsibility is legally shared by the owner of the forest and a licensed professional forester. The role of the forester is to prepare and oversee execution of an officially sanctioned management program. For practical purposes, the landowner is the chief executive officer, and the forester is the manager of a forest business.

**Forest.** Although a legal definition exists for purposes of national and international statistical reporting, for the purposes of silviculture the forest is the land whose intended use is forestry and its content of soils, species, structures and processes is compatible with the intended forestry use. The latter concept is usually associated with a large time scale (>2 000 years) and surface (>10 000 ha).

**Full-occupation.** The condition when the site is 100% occupied by target trees of desirable species at any stage of development of the forest.

**Group of interacting trees (GIT).** Minimum treatment unit composed of trees with mutual interactions (i.e. mutual interference in crown expansion). In the GIT trees originated from the same disturbance in time and space and have grown together in similar environmental conditions. A GIT can be considered an ecological subdivision of what is traditionally the stand. A GIT can be a wolf tree, a small group of trees, up to a large group of trees that might cover several hectares. The GIT will be identified based on the experience and expertise of the silviculturist in charge of the forest inventory.

**Irregular forest system.** Stands containing multiple groups of interacting trees involving at least three canopies (cohorts) (Smith and others 1997). As small stands are necessarily even-aged, irregular stands should be medium to large in size. Among the largest, it is most likely that at any given moment there will be multiple groups of different ages and development stage. The extreme case of fully regulated selection forests is a theoretical case hardly plausible, but mathematically viable, because there can appear small canopy openings, but ones sufficiently large that each one can support one and only one seedling that can endure up to maturity. If the stand and the complete forest were formed

of these small contemporary stands of only one tree, that would be the most irregular selection forest imaginable.

In the GIT trees originated from the same disturbance in time and space and have grown together in similar environmental conditions. A GIT can be considered an ecological subdivision of what is traditionally the stand. A GIT can be a wolf tree, a small group of trees, up to a large group of trees that might cover several hectares. The GIT will be identified based on the experience and expertise of the silviculturist in charge of the forest inventory.”

**Land planning.** The part of forestry that is concerned with the spatially explicit features of management decisions. Decisions may lead to a certain scheme of territorial organization of management operations.

**Mahogany site.** Sites with abundant mahogany (>5% of live trees or their equivalent in precommercial forest), as well as potential mahogany sites: dark soils, good humidity, not wetlands, with or without exposed rocks, good drainage, and slightly above the average elevation of the soil.

**Management method.** The model of control of inventories (stock) of products in the forest that complies with the general guides proposed by the forester to the businessman (forest owner) as regards legality, production, productivity, profitability, variability of the productive dynamics, risk, amount of investment, intensity of management and flexibility of strategic decisions. The elemental decision is the evaluation of the probable sale price of the forest and the forest business in case of actual liquidation or in case of being at the point of looking back over the fulfillment and the conditions in which the work has been carried out.

**Management program.** Given that there can be and surely are differences between the standing inventories (the amount, distribution, prospect of future stand by stand) and the inventory goal, the management program establishes the need for a calendar of silvicultural interventions, as well as a sequence of geographically defined intervention priorities. The management program, no doubt, implies investment and disinvestment plans, financial performance and financial risk management, but these later elements are rarely

a priority or a concern to the owner. At the most, the management plan will introduce policies about output flow in volume or value and sometimes costs controls. In a legal sense, the management program is an alternate option of land use. Other frequent options in Mexico include conservation programs, restoration programs, plantation programs (the well-known tree farm), and set-aside easements. In this legal sense, the forest management program is a combination of distinct, at times independent programs: one for harvest, another for forest protection, another for aforestation, another for multiple uses and one more for designated private reserves.

**Management series.** The largest territorial divisions are the series. They are created to manage independently dispersed geographical regions, each one of a sufficiently large amount ( $>1\ 000$  ha) to sustain its own planning scheme. Each series may have its own road network and other infrastructure necessary to maintain decisions independent from the rest of the property. In multi-farm groups, a series is composed of a complete ownership. If there is only one woodlot, series are used to represent distinct forest types, each using a given silvicultural system or regime.

**Method of development.** The origin of germplasm used to renew the tree layer of a stand in natural form. The classic options are high forest (by seed), low forest, and coppice (by vegetative reproduction).

**Product distribution.** Estimated theoretical frequency of the potential yield in certain wood products (species, dimensions, defects, quality) if each tree marked for felling in a stand or all trees in the stand are harvested at a given moment. As bucking rules cause an intractable mathematical problem, there is not a unique best distribution of products, so for the purpose of making decisions, a certain group of desired products is chosen, nearly always maximizing higher-priced products.

**Regular forest system.** Silvicultural system that creates stands in which most of the time the trees are in the same development stage and approximately the same age. Because of physical necessity, at some point in time the terrain will not be forested. At another point in time and unless the regrowth comes from a plantation or sowing, there will be adult trees in the overstory and regeneration in the understory.

The smallest stands necessarily are a single cohort. The very large stands and the forest itself necessarily are multiple cohorts, with very few exceptions (e.g. tundra can have only one entire forest of the same age).

**Regulation of the cut.** As cutting trees is a daily activity in silviculture, the planning process is known as harvest regulation. Monitoring and assessment data from actual operations and sometimes also mathematical simulation forecasts serve as input to analytic schemes for devising alternative courses of action that are handed over to decision makers and stakeholders, so they can make informed choices.

**Rotation.** Indicator of maturity to recommend a moment for final harvest of a forested stand if the stand were cultivated since its establishment. In concrete terms, the rotation is the estimated time between establishment and the time of harvest. In some classic texts, it is said that rotation only is pertinent for even-aged stands, but because a natural forest commonly has wide biological variability, stands will have to be especially small so that they can comply with the rule that they be single age and pure. Therefore, for reasons of scale of the harvest, the result will be extraction of as many ages and species in each stand as there are. The importance of the rotation is that it is used to choose the pace at which a silvicultural regime proceeds, and this rhythm is the basis to assess performance of the forest business. Therefore, it is not necessary that there be unchangeable and finite definitions for the age at which each tree is harvested, but it is absolutely mandatory that there be a decision about the administrative parameter that the rotation implies. A rotation defined in a punctual way is as useful as a probabilistic rotation, given the ends for which a number is chosen for such a parameter.

**Saplings.** Successful regeneration.

**Silvicultural regime.** Concrete list of scenarios through which the structure of a stand will pass sequentially, together with the list of factors that drive or identify the transitions from one stage to another. The most obvious factors of change are the silvicultural treatments. The regimen considers site quality, simultaneously with the intensity of management (productivity), and probabilistically the environment created by natural variability, circumstantial events and risks of disasters.

The silvicultural regime defines a calendar of planned interventions and monitoring activities to detect random situations that call for a certain treatment or response (i.e. prescribed fire, direct seeding).

**Silvicultural system.** Theoretical concept concerning the dynamics of forested stands. A silvicultural system implies a general abstract strategy to guide stands to a desired state or purpose. The classic silvicultural systems are denoted according to the harvest method used, and traditionally for their study and application they have been divided into regular systems (even-aged, single cohort) and irregular systems (uneven aged, multcohorts) (Smith and others 1997).

**Silvicultural treatment.** Any series of concurrent actions in a forest scene (stand) that drive its future condition towards a course distinct from the current trend. The treatment may achieve one of several alternative purposes: to halt current dynamics, persisting under the actual structure without major alterations; to change to one of several feasible scenarios; to change drastically to another scenario of another distinct sequence; to respond in a preventive form; or to react to a chronic or incidental spontaneous or accidental disturbance. Sometimes the desired dynamics could be a spontaneous natural effect, because it could be that the target condition is the actual one, and therefore there would be null treatments. For the purpose of regulation of the cut, null treatments are as real as any other action in which the tree layer is removed or the site is modified. Any treatment, including the null treatment, is an investment of capital that is entered in the forest account books. The amount of this investment is the value of actual expenditures during the treatment minus the value of the products extracted and sold as a result of the labor. All treatments, without exception, are investments because the harvest as such is only conceived of as the liquidation of the forest by completely removing all its products and changing the use of the soil irreversibly. This is due to the fact that the most important cost of an individual treatment, including the null treatments, is the cost of retaining the residual standing inventory plus the net future growth for an infinite period of time, with the stock measured in products (not the tree biomass). A correction to the cost of treatment that must be considered includes the effects of interaction (indirect costs) in time and space with respect to the rest of the forest and the business environment.

**Silviculture.** Silviculture is the art, science and practice of controlling the establishment, composition, health, quality and growth of forest stands to accomplish a set of management objectives. The management objectives are attained through the spontaneous dynamics of the forest stand and its probabilistic environment of perturbations. The fundamentals of silviculture permit a wide range of possible scenarios in the forest, diverse sequences of time and space requirements to attain them and multiple control activities that can be applied to define a particular sequence of results distinct from those that would occur under natural conditions. Feasible sequences are a series of scenarios that occur, last, and finally give way to new subsequent scenarios due to the accumulated effect of time elapsed (as for example, the aging of trees) in response to factors and natural stimuli (the disturbance regimen) and to concrete actions of management (cultural practices).

**Stand.** An arbitrary portion of forest, defined for administrative purposes, that is sufficiently large to contain a prescription for silvicultural treatment. Every stand needs a unique characterization on maps and data, such that performance can be assessed. The smallest stand will not be less than the area occupied by a large tree, nor less than the area needed by a logging rig to operate. For practical purposes, consider the minimum stand as the area logged daily by a jammer and its peripheral equipment (chainsaws) or the terrain that a skidder and its associated felling and bucking equipment could successfully harvest in one day. For statistical purposes, the stand does not need to have homogeneous biological conditions or land features, nor does it need to have only one type of biological scenario or stand structure, because there are statistical designs that efficiently and effectively provide the quantitative, qualitative and historical estimates needed to model the future options and its possible performance and risks, in spite of the variability contained in the stand. Nevertheless, it is a tradition and a help to facilitate the statistical estimations that the stands contain only one scenario with minimum internal variability and clear physiognomic and parametric delimitation with respect to the structure of the neighboring stands.

**Stewardship.** Search for the target forest. Actions and policies that create new wealth, maintain low levels of exposure to risks, and maintain continuous growth, stability and liquidity that pay for other productive initiatives and to attend to emergencies. Concerning the performance of any individual activity and group of activities or policies, it should be considered that: no action is recommended if it does not justify postponing or canceling the decision to liquidate the enterprise or to leave the forestry business. This means that the partial contribution of an isolated decision must add value to the forest beyond the value added by other contributions and other factors. This evaluation also permits one to consider the effects of the business environment, legal and institutional milieu, and the vicissitudes due to environmental variability and natural disasters.

**Stratum.** A group of discontinuous stands that have similar structures. Given that powerful computing capacity is widely available today, it is possible to individually manage any quantity of stands. It is also simple to track down and assess distinct stand structure dynamics under various intervention schedules, including those in which the treatment or natural occurrences modify only part of the stand. Today, strata are not only redundant, but an unnecessary source of statistical error because of discarded information, although in the tropics worldwide there are many cases that still use this type of forest division.

**Target tree.** A high quality tree of any of the main commercial tree species.

**Timber-producing forest.** Forest that contains sufficient commercial trees and the biological capacity to respond to silvicultural cultivation in order to sustain a lasting stream of wood extraction without exceeding the legal, technical, logistic and financial parameters that the forest enterprise and the economic environment have established. In terms of the mahogany forest, the smallest timber-producing forest must sustain an extraction of more than 7 m<sup>3</sup> per hectare per intervention of commercial-dimension timber in logs of any commercial species for at least 100 years. Harvesting will be done in cutting cycles of not more than 20 years (or its proportional equivalent, if the cycle is longer) with annual harvest (or its proportional equivalent if intervention is not annual). That is to say, the forest must produce a net yield of >35 m<sup>3</sup> per hectare per rotation (presently 100 years). A 10 000 ha forest

like this can sustain an annual harvest of 3 500 m<sup>3</sup> of logs equivalent to 4 000 m<sup>3</sup> in standing volume when managed with the technologies available today and partially described in this work.

**Treatment method.** Set of silvicultural treatments that comprises a complete cycle of production - from establishment to final harvest. It usually is known by the name of the final treatment. The classic treatments and methods are clearcut, seed tree, shelterwood, and selection.

## BIBLIOGRAPHY

Argüelles, S. L. A. 1991. Plan de manejo forestal para el bosque tropical de la empresa ejidal Noh Bec. México, Texcoco: Universidad Autónoma de Chapingo División de Ciencias Forestales. 125 p. Tesis Ingeniero agrónomo especialidad en bosques. (18)

Arriaga, L.; Espinoza, J. M.; Aguilar, C.; Martínez, E.; Gómez, L.; Loa, E. 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

Bautista, F.; Zinck, J. A. 2010. Construction of an Yucatec Maya soil classification and comparison with the WRB framework. Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine. 6:7. DOI:10.1186/1746-4269-6-7.

Bautista, F.; Palacio, G.; Páez-Bistraín, R.; Carmona-Jiménez, M. E.; Delgado-Carranza, C.; Cantarell, W.; Tello, H. 2011. Geografía de suelos regional: península de Yucatán. Geografía de Suelos de México. Facultad de Ciencias, UNAM, México. Capítulo 16.

Brown, N.; Jennings, S.; Clements, T. 2003. The ecology, silviculture and biogeography of mahogany (*Swietenia macrophylla*): a critical review of the evidence. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics. 61 (1/2): 37-49.

Cámara-Cabralles, L. C. 2005. Seed production, seed dispersal, and seedling ecology of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in Quintana Roo, Mexico. Amherst, MA, USA: University of Massachusetts, Amherst. University Microfilms International, Ann Arbor, MI, USA. 257 p. Ph.D. dissertation. (10)

Cámara-Cabralles, L.; Kelty, M. J. 2009. Seed dispersal of big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) and its role in natural forest management in the Yucatán peninsula, Mexico. Journal of Tropical Forest Science. 21 (3): 234-245. (14)

Cámara-Cabralles, L.; Snook, L. K. 2005. Producción de semillas de caoba en México. Patrones de variación e implicaciones para la sustentabilidad. Recursos naturales y ambiente. 44: 60-67. (13)

Chavelas, H. M. 2004. Biología Floral de *Swietenia macrophylla* King (Meliaceae). México: Universidad Nacional Autónoma de México. 132 p. Tesis de licenciatura.

Curiel, G. M.; Mendoza, M. A. 2007. Método de ordenación plan Costa de Jalisco. En: talleres regionales aspectos técnicos del manejo forestal sustentable [Video]. Secretaría de medio ambiente y recursos naturales: Morelia, Michoacán.

Dickinson, M. B.; Hermann, S. M.; Whigham, D. F. 2001. Low rates of background canopy-gap disturbance in a seasonally dry forest in the Yucatan Peninsula with a history of fires and hurricanes. Journal of Tropical Ecology. 17: 895-902.

Edwards, C. R. 1986. The human impact on the forest in Quintana Roo, Mexico. J. For. Hist. 30: 120-127.

Ek, D. A. 2011. Vegetación. In: Pozo, C.; Armijo, C. N.; Calmé, S., eds. Riqueza biológica de Quintana Roo: un análisis para su conservación. México: MECOSUR/CONABIO/GOB. EDO. DE QUINTANA ROO/PPD: 62-77.

Filho, L. J. P.; Duarte, R. J. 1998. Seed reserves partition and light compensation point of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) seedlings growth under low photosynthetic active radiation. Brazilian Archives of Biology and Technology. 41 (2): 207-211.

Flores, J. S.; Durán, G. R.; Ortiz, D. J. J. 2010. Comunidades vegetales terrestres. In: García, R. D.; González, M. E. M. 2010. Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán. Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán: 125-129.

Gerhardt, K. 1996. Germination and development of sown mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in secondary tropical dry forest habitats in Costa Rica. Journal of Tropical Ecology. 12 (2): 275-289.

Gliessman, S. R.; Garcia, R. E.; Amador, M. A. 1981. The ecological basis for the application of traditional agricultural technology in the management of tropical agro-ecosystems. agro-Ecosystems. 7: 173-185.

Gómez-Pompa, A.; Flores, J. S.; Sousa, V. 1987. The "Pet Kot": a man made tropical forest of the Maya. *Interciencia*. 12: 10-15.

Goode, L. K.; Allen, M. F. 2008. The impacts of Hurricane Wilma on the epiphytes of El Edén Ecological Reserve, Quintana Roo, Mexico. *The journal of the Torrey Botanical Society*. 135 (3): 377-387.

Grogan, J. 2001. Bigleaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) in southeast Pará, Brazil: a life history study with management guidelines for sustainable production from natural forests. Ph.D. thesis, Yale University, New Haven. 421 p.

Grogan, J.; Galvão, J. 2006. Factors limiting post-logging seedling regeneration by big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) in southeastern Amazonia, Brazil, and implications for sustainable management. *Biotropica*. 38: 219–228.

Grogan, J.; Ashton, M. S.; Galvão, J. 2003. Big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) seedling survival and growth across a topographic gradient in southeast Para', Brazil. *Forest Ecology and Management*. 186: 311–326. (2)

Grogan, J.; Barreto, P.; Veríssimo, A. 2002. Mahogany in the Brazilian Amazon: ecology and perspectives on management. 44 p.

Grogan, J.; Landis, R. M.; Ashton, M. S.; Galvao, J. 2005. Growth response by big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) advance regeneration to overhead canopy release in southeast Pará, Brazil. *Forest Ecology and Management*. 204: 399-412.

Gullison, R. E.; Panfil, S. N.; Strouse, J. J.; Hubbell, S. P. 1996. Ecology and management of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in the Chimanés forest, Beni Bolivia. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 122 (1): 9-34. (12)

Gutiérrez-Granados, G.; Juárez, V.; Alcalá, R. E. 2011. Natural and human disturbances affect natural regeneration of (*Swietenia macrophylla*): implications for rainforest management. *Forest Ecology and Management*. 262 (2): 161-169.

Hernández-Xolocotzi, E. 1958. La agricultura. In: Beltrán, E., ed. Los recursos naturales del sureste y su aprovechamiento. México, D. F: IMRNR: 1-57. Capítulo 1.

Herrera, S. J. C. 2011. Clima. In: Pozo, C.; Armijo, C. N.; Calmé, S., eds. Riqueza biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación. México: ECOSUR/CONABIO/GOB. EDO. DE QUINTANA ROO/PPD: 50-56.

Lamb, B. F. 1966. Mahogany of tropical America: its ecology and management. The University of Michigan press, Ann Arbor. 220 p.

Macario, M. P. A.; García, M. E.; Aguirre, R. J. R.; Hernandez- Xolocotzi, E. 1995. Regeneración natural de especies arbóreas en una selva mediana subperennifolia perturbada por extracción forestal. Acta Botánica Mexicana. 32: 11-23. (3)

Macías-Sámano, J. E. 2001. Interacciones químicas entre Hypsipyla grandella y sus plantas hospedantes. Manejo Integrado de Plagas. 60: 15-21.

Márdero, S.; Nickl, E.; Schmook, B.; Schneider, L.; Rogan, J.; Christman, Z.; Lawrence, D. 2012. Sequías en el sur de la península de Yucatán: análisis de la variabilidad anual y estacional de la precipitación. Investigaciones geográficas. 78: 19-33.

Mayhew, J. E.; Newton, A. C. 1998. The silviculture of mahogany. Wallingford, England: CABI Publishing. 240 p. (20).

Miranda, F. 1978. Vegetación de la península yucateca: rasgos fisiográficos, la vegetación. Colegio de Postgraduados.

Moret, A. Y.; Valera, L.; Mora, A.; Garay, V.; Jerez, M.; Plocksac, M.; Ramírez, N.; Hernández, D. 2008. Estructura horizontal y vertical de *Pachyra quinata* (Lacq.) W. S. Alverson, (Bombacaceae) en el bosque universitario “El Caimital”, Barinas, Venezuela. Ecotrópicos. 21 (2): 62-74.

Morris, M. H. 1998. Mahogany (*Swietenia macrophylla* King) germination studies in Quintana Roo, Mexico. Ann Arbor, USA. The University of Michigan. 48 p. M.S. thesis. (16)

Morris, M. H.; Negreros-Castillo, P.; Mize, C. 2000. Sowing date, shade and irrigation affect big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla* King). Forest Ecology and Management. 132 (2): 173-181. (17)

Negreros-Castillo, P.; Mize, C. 2006. Stand and species growth of a tropical forest in Quintana Roo, Mexico. Journal of Sustainable Forestry. 23: 83-96.

Negreros-Castillo, P.; Mize C. 2012. Soil-site preferences for mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in the Yucatan Peninsula. New Forests. 44: 85-99. (1)

Negreros-Castillo, P.; Snook, L. K.; Mize, C. 2003. Regenerating mahogany (*Swietenia macrophylla*) from seed in Quintana Roo, Mexico: the effect of sowing method and clearing treatment. Forest Ecology & Management. 183: 351-362. (8)

Negreros-Castillo, P.; Snook, L. K.; Mize, C. 2005. Regeneración de caoba a partir de siembra directa en aperturas creadas en un bosque natural en México. Recursos naturales y ambiente. 44: 84-90. (7)

Niembro, A. 1995. Producción de semilla de caoba *Swietenia macrophylla* King bajo condiciones naturales en Campeche, México. En: memoria avance en la producción de semillas forestales en América Latina. CATIE: 249-263.

Norhgauer, J. M.; Malcolm, J.R.; Zimmerman, B. L.; Felfili, J. M. 2006. An experimental test of density- and distant dependent recruitment of mahogany (*Swietenia macrophylla*) in southeastern Amazonia. Oecologia. 148: 437-446.

Orellana, L. R.; Balam, K. M.; Bañuelos, R. I.; García, E.; González-Iturbe, A. J. A.; Herrera, C. F.; Vidal, L. J. 1999. Evaluación climática. In: Universidad Autónoma de Yucatán. Atlas de Procesos Territoriales de la Península de Yucatán: 163-182.

Parraguirre Lezama, C. 1994. Germinación de las semillas de trece especies forestales comerciales de Quintana Roo. In: Snook, L. K.; Barrera de Jorgenson A., eds. Madera, chicle, caza y milpa. Contribuciones al manejo integral de las selvas de Quintana Roo, México. PROAFAT, INIFAP, USAID, Wwf-US: 67-80.

Patiño-Valera, F. 1997. Recursos genéticos de *Swietenia* y Cedrela en los Neotrópicos: propuestas para acciones coordinadas. Roma, Italia: FAO. 58 p.

Pennington, T. D.; Sarukhán, J. 1998. Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. México: 2º Edición. UNAM, Fondo de Cultura Económica. 521 p.

Pennington, T. D.; Styles, B. T.; Taylor, D. A. H. 1981. "Meliaceae." Flora neotropica monograph No. 28. New York: The New York Botanical Garden: 388-405.

Pérez-Villegas, G. 1980. El clima y los incendios forestales en Quintana Roo. México: Centro de investigaciones de Quintana Roo y Universidad Nacional Autónoma de México: 65-80.

Porter-Bolland, L.; Sánchez González, M. C.; Ellis, E. A. 2008. La conformación del paisaje y el aprovechamiento de los recursos naturales por las comunidades mayas de La Montaña, Hopelchén, Campeche. Investigaciones geográficas. (66): 65-80.

Ramos, J.; Grace, J. 1990. The effect of shade on the gas exchange of seedlings of four tropical trees from Mexico. Functional Ecology. 4: 667-677. (9)

Rodríguez-Santiago, B. J.; Chavelas-Polito; García-Cuevas, X. 1994. Dispersión de semillas y establecimiento de caoba (*Swietenia macrophylla* King) después de un tratamiento mecánico del sitio. En: Snook, L. K.; Barrera de Jorgenson A., eds. Madera, chicle, caza y milpa: contribuciones al manejo integral de las selvas de Quintana Roo, México. México: PROAFAT, INIFAP, USAID, Wwf-US: 81-90. (15)

Secaira, E. 2000. La conservación de la naturaleza, el pueblo y movimiento Maya, y la espiritualidad en Guatemala: implicaciones para conservacionistas. PROARCA/CAPAS.

Smith, D. M.; Larson, B. C.; Kelty, M. J.; Ashton, P. M. S. 1997. The practice of silviculture: applied forest ecology 9th edition. Wiley, J.; Sons. New York, NY.

Snook, L. K. 1993. Stand dynamics of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) and associated species after fire and hurricane in the tropical forests of the Yucatan Peninsula Mexico. New Haven, CT, USA: Yale University, Yale School of Forestry and Environmental Studies. University Microfilms International, Ann Arbor, MI, USA. 254 p. Ph.D. dissertation. (5)

Snook, L. K. 1996. Catastrophic disturbance, logging and the ecology of mahogany (*Swietenia macrophylla* King): grounds for listing a major tropical timber species in CITES. Botanical Journal of the Linnean Society. 122: 35-46. (6)

Snook, L. K. 2000. Regeneration and growth of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in the forests of Quintana Roo, Mexico. Ciencia Forestal en México. 25 (87): 59-76.

Snook, L. K.; Negreros-Castillo, P. 2004. Regenerating mahogany (*Swietenia macrophylla* King) on clearings in Mexico's Maya forest: the effect of clearing method and cleaning on seedling survival and growth. Forest Ecology and Management. 189: 143-160. (11)

Snook, L. K.; Cámara-Cabralles, L.; Kelty, M. J. 2005. Six years of fruit production by mahogany trees (*Swietenia macrophylla* King): patterns of variation and implications for sustainability. Forest Ecology and Management. 206 (1): 221-235.

Sorensen, N. S. 2006. Regeneration and growth of seven canopy tree species in the Mayan forest of Quintana Roo, Mexico: the role of competition and microhabitat conditions. Oregon State University. 278 p. Ph.D. dissertation. (19)

Styles, B.T.; Khosla, P.K. 1976. Cytology and reproductive biology of Meliaceae. In: Burley, J., Styles, B.T. (eds.). Tropical trees: variation, breeding and conservation. Linnean Society Symposium Series 2, 61-68.

Styles, B. T. 1972. The flower biology of Meliaceae and its bearing on tree breeding. *Silvae Genetica*. 21 (5): 175-182.

Swaine, M. D.; Whitmore, T. C. 1988. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. *Vegetatio* 75: 81-86.

Synnott, T. J. 2007. Diagnóstico de los sistemas de silvicultura de caoba en los corredores de la Península de Yucatán. Coordinación de Corredores y Recursos Biológicos. Corredor Biológico Mesoamericano-México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Saltillo, Coahuila, México. 22 p.

Tello, T. H. A. 2011. Suelos. In: Pozo, C.; Armijo, C. N.; Calmé S., eds. Riqueza biológica de Quintana Roo: un análisis para su conservación. México: Ecosur/CONABIO/GOB. EDO. DE QUINTANA ROO/PPD: 57-61.

Tello, T. H. A.; Castellano, M. E. O. 2011. Características geográficas. In: Pozo, C.; Armijo, C. N.; Calmé S., eds. Riqueza biológica de Quintana Roo: un análisis para su conservación. México: Ecosur/CONABIO/GOB. EDO. DE QUINTANA ROO/PPD: 24-33.

Tetetla-Rangel, E.; Durán, G. R.; Hernández-Stefanoni, J. L.; Dupuy, J. M. 2012. Distribución espacial de la riqueza de especies leñosas raras de la Península de Yucatán y su relación con las áreas naturales protegidas. *Tropical Conservation Science* 5 (3): 320-339.

Toledo, V. M.; Barrera-Bassols, N.; García-Frapolli, E.; Alarcón-Chaires, P. 2008. Uso múltiple y biodiversidad entre los mayas yucatecos (México). *Interciencia*. 33(5): 345-352.

TRAFFIC-Wwf. 2006. Análisis de los avances realizados para la implementación de los compromisos derivados de la inclusión de la caoba en el Apéndice II de CITES y la efectividad del Grupo de trabajo de la Caoba como mecanismo de apoyo al proceso CITES a nivel regional, subregional y global. Informe de Trabajo. Lima, Perú.

Velázquez, M. A.; Fierros, G. A. M.; Aldrete, A.; Guerrero, A.; Fernández, C. S.; De Los Santos, P. H. M.; Llanderal, O. T.; González, G. M. de J.; López, U. J.; Ramírez, H. C. 2003. Situación actual y perspectivas de las plantaciones forestales comerciales en México. Comisión Nacional Forestal. Zapopan, Jalisco. México. 448 p.

Vester, H. F. M.; Navarro-Martínez, M. A. 2005. Ecological issues in community tropical forest management in Quintana Roo, Mexico. In: Bray, D. B.; Merino-Pérez, L.; Barry, D., eds. *The community forests of Mexico: managing for sustainable landscapes*. University of Texas Press, Austin, Tx: 183-213.

Vester, H. F. M.; Navarro-Martínez, M. A. 2007. Fichas ecológicas: árboles maderables de Quintana Roo. México: Ecosur, Conabio, Gob de Quintana Roo, CoQCYT. 139 p. (4)

Vogt, E. Z.; Ruz, A.; Lhuillier, A. R. 1964. Desarrollo cultural de los mayas. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Filosofía y Letras. Seminario de Cultura Maya.

Wehenkel, K.; Corral-Rivas, J. J.; Gadow, K. V. 2014. Quantifying differences between ecosystem with particular references to selection forests in Durango, Mexico. *Forest Ecology and Management*. 316: 117-124.

Whigham, D. F.; Lynch, J. F.; Dickinson, M. B. 1999. Dinámica y ecología de los bosques naturales y manejados en Quintana Roo, México. In: Primack, R. B.; Bray, D.; Galletti, H. A.; Ponciano, I., eds. *La selva Maya: conservación y desarrollo*. México: Siglo XXI: 312-328.

Whitmore, T. C. 1991. Tropical forest dynamics and its implications for management. In: Gómez-Pompa, A.; Whitmore, T. C. F.; Hadley, M. Rain forest regeneration and management. UNESCO and the Parthenon publishing group. *Man and the Biosphere Series*. 6: 67-90.

Whitmore, T. C. 1996. A review of some aspects of tropical rain forest seedling ecology with suggestions for further enquiry. In: Swaine, M. D., ed. *The ecology of tropical forest tree seedlings*. UNESCO and the Parthenon Publishing Group. *Man and the Biosphere Series*. 17: 3-39.

Whitmore, T. C. 1998. An introduction to tropical rain forest. Oxford, Clarendon Press. 226 p.

Whitmore, T. C. 2003. Mahogany tree of the future. In: Lugo, A. E.; Figueroa-Colón, J. C.; Alayón, M., eds. *Big-Leaf Mahogany: genetics, ecology and management*. Springer-Verlag, New York: 1-5.

## **Members of the Silviculture Working Group**

### **Canada**

#### **Joseph Anawati**

Natural Resources Canada; Canadian Forest Service  
580 Booth Street , 8th Floor , Room. A6-1; Ottawa, ON Canadá K1A  
OE4  
Tel.: +613-947-8996 Fax : +613-992-5390;  
[Joseph.Anawati@NRCan-RNCan.gc.ca](mailto:Joseph.Anawati@NRCan-RNCan.gc.ca)

#### **Jean-Martin Lussier**

Acting Regional Coordinator, CWFC Canadian Wood Fibre Centre  
1055 Du P.E.P.S. Street, P.O. Box 10380. Québec, Quebec, G1V 4C7.  
Tel.: (418) 648-7148; [Jean-Martin.Lussier@NRCan-RNCan.gc.ca](mailto:Jean-Martin.Lussier@NRCan-RNCan.gc.ca)

#### **Roger Whitehead**

Natural Resources Canada, Canadian Forest Service  
506 Burnside Road West , Room. 393, Victoria, BC Canadá V8Z 1M5  
Tel.: +250-298-2541; [Roger.Whitehead@NRCan-RNCan.gc.ca](mailto:Roger.Whitehead@NRCan-RNCan.gc.ca)

## **United States of America**

### **Mary Ann Fajvan**

Northern Research Station, USDA Forest Service  
180 Canfield St., Morgantown, WV 26505-3180  
tel.: +304-285-1575; mfajvan@fs.fed.us

### **Margaret Devall**

USDA Forest Service  
Center for Bottomland Hardwoods Research  
PO Box 227, Stoneville, MS 38776, Estados Unidos; mdevall@fs.fed.us

### **Aaron Weiskittel**

University of Maine, School of Forest Resources  
229 Nutting Hall Orono, ME 04469-5793, Estados Unidos  
Tel.: +207-581-2857 Fax: +207-581-2875

### **Marilyn Buford (observer)**

USDA Forest Service  
1400 Independence Avenue, SW  
Washington DC. 20250-1115, Estados Unidos  
Tel.: +703-605-5176 Fax: +703-605-5133; mbuford@fs.fed.us

### **FAO, NAFC, BoA Rick Scott**

North American Forest Commission, Working Group Liaison;  
RScott8338@aol.com

## **Mexico**

### **Germánico Galicia García**

(Presidente del Grupo de trabajo 2014-2016)

Comisión Nacional Forestal

Periférico Poniente No. 5360, Col. San Juan de Ocotán, Zapopan,  
Jalisco C.P. 45019, México

Tel.: +01-33-3777-7000 ext. 2300; ggalicia@conafor.gob.mx

### **José Javier Corral Rivas**

(Coordinador del grupo de trabajo 2014-2016)

Director del Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera de la  
Universidad Juárez del Estado de Durango; jcorral@ujed.mx

### **Martin Mendoza Briseño**

Colegio de Postgraduados

A.P. 421, 91700 Veracruz, Ver., México; mmendoza@colpos.mx

### **Patricia Negreros-Castillo**

Instituto de Investigaciones Forestales, (INIFOR); Universidad  
Veracruzana

Dirección: Parque El Haya S/N; Col. Benito Juárez, Xalapa, Veracruz,  
México

Tel.: +52-22-8818-8907, 22-8842-1700 Ex. 13967;  
patri\_nc@yahoo.com

### **Alejandro Velázquez Martínez**

Silvicultura y Ecosistemas Forestales, Colegio de Postgraduados  
Campus Montecillo

Km. 36.5 Carretera México-Texcoco; Montecillo Edo. de México,  
C.P. 56230 México

Tel.: +52-595-952-0200 Ext. 1470; alejvela@colpos.mx

### **José Jesús Rangel Piñón**

Comisión Nacional Forestal

Periférico Poniente 5360; Colonia San Juan de Ocotán; C.P. 45019,  
Zapopan, Jalisco, México

Tel.: +52-33-3777-7000 ext 2306; jesus.rangel@undp.org

## Notes

## Notes



# SEMARNAT

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE  
Y RECURSOS NATURALES

EJEMPLAR GRATUITO  
PROHIBIDA SU VENTA  
[www.conafor.gob.mx](http://www.conafor.gob.mx)  
01800 73 70 000



Food and Agriculture  
Organization of the  
United Nations