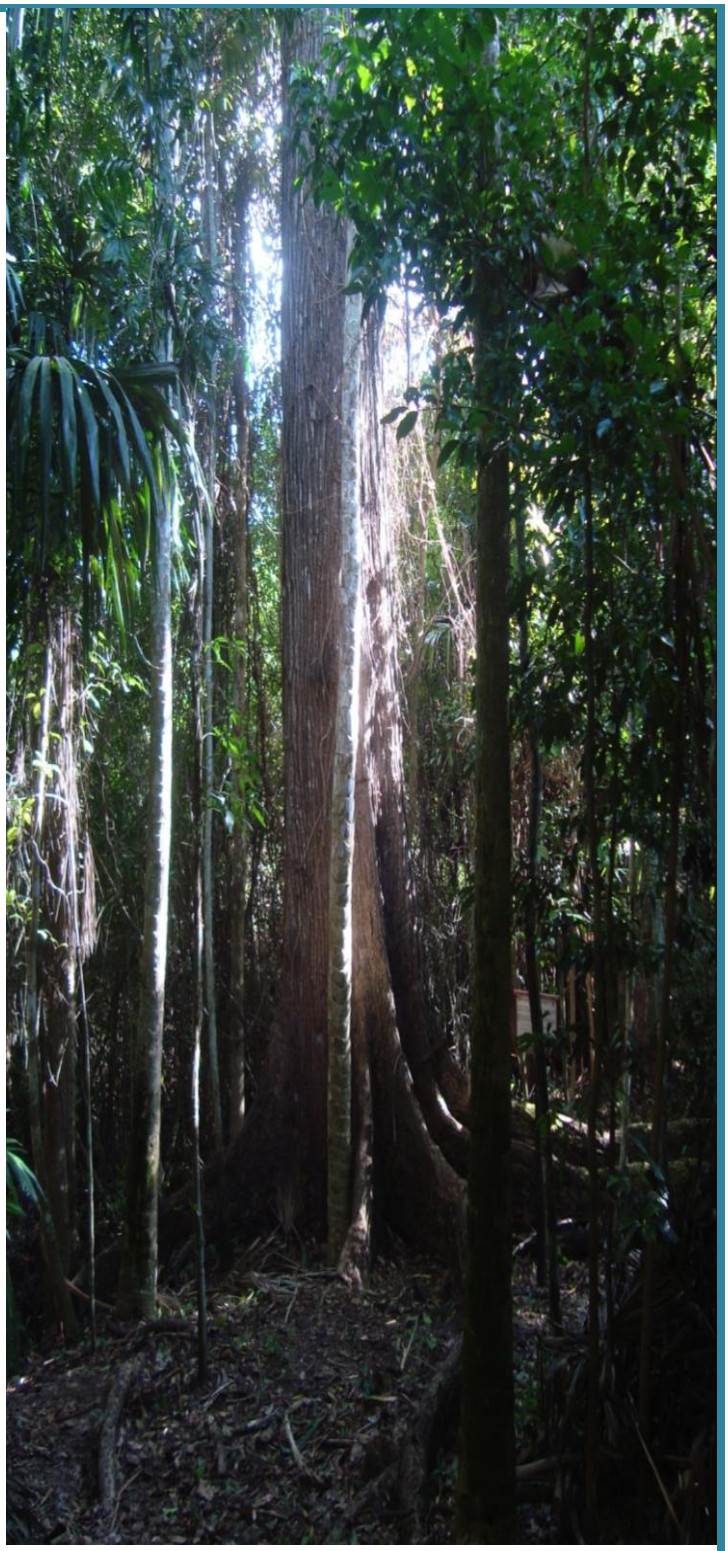
GUÍA PARA LA SILVICULTURA DE LAS SELVAS DE LA CAOBA EN QUINTANA ROO MÉXICO



Autores[1]
P. Negreros-Castillo
L. Cámara-Cabrales
MS. Devall
M.A. Fajvan
M.A. Mendoza Briseño
C. W. Mize
A. Navarro-Martínez

CFAN
Comisión Forestal de América del Norte
CONAFOR
Comisión Nacional Forestal

México
2014

[1] Primer autor: coordinador del proyecto; otros autores en orden alfabético.

PREFACIO

La guía 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). 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. Designamos a estas selvas como ***selvas de la caoba***. La guía contiene información ecológica y silvicultural para el manejo de los rodales de las *selvas de la caoba* para producir madera de un grupo amplio de especies incluyendo la caoba. La guía 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 guía no aborda estos problemas. 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, mucho conocimiento se ha obtenido estudiando y observando cuales prácticas han logrado o no, generar los resultados esperados. La guía funciona como parte de un conjunto completo de opciones tecnológicas factibles para el cultivo de las selvas de la 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 la caoba de Quintana Roo.

La guía está lejos de intentar ser la fuente exhaustiva de información silvicultural sobre las selvas de la 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 la caoba en Quintana Roo, México.

Abreviaciones

AB	Área basal (m^2/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	Plan o 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 2
CAPITULO I. SINOPSIS HISTÓRICA DE LAS SELVAS DE LA CAOBA DE QUINTANA ROO 7
CAPITULO II. CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS DE LAS SELVAS DE LA CAOBA 13
2.1 Introducción a las selvas de la caoba 13
2.2 Descripción ambiental 16
2.3 Estructura y composición 17
2.4 Índice de valor de importancia y dominancia 20
CAPITULO III. LA CAOBA Y LAS ESPECIES ASOCIADAS DE IMPORTANCIA COMERCIAL Y ECOLOGICA 25
3.1 Características bio-ecológicas de la caoba (*Swietenia macrophylla* King) 25
3.1.1 Distribución 25
3.1.2 Biología reproductiva de la caoba 26
3.1.3 Producción de semilla y su relación con el tamaño del árbol 27
3.1.4 Dispersión de la semilla 28
3.1.5 Germinación 28
3.1.6 Depredación de semillas 29
3.1.7 Gremios Ecológicos 29
3.1.8 Plagas y enfermedades 30
3.2 Características de la caoba y especies asociadas 31
CAPITULO IV. PRINCIPIOS TEÓRICOS PARA LA SILVICULTURA DE LAS SELVAS DE LA CAOBA 39
4.1 Premisas 39
4.2 Los bosques naturales de la caoba 39
4.3 Escenario base 39
4.4 Dasocracia 41
4.5 Diagnosis 41
4.6 Calidad, vigor y vitalidad del árbol deseable 43
CAPITULO V. PRÁCTICAS SILVÍCOLAS PARA LAS SELVAS DE LA CAOBA 48

5.1 Introducción 48
5.2 Prescripciones concurrentes 50
5.3 Prescripciones complementarias 53
5.4 Implicaciones de ordenación 53
5.5 Implicaciones para la ingeniería de la extracción 53
5.6 Monitoreo 59
CAPITULO VI. INVESTIGACIÓN NUEVA REQUERIDA 60
CAPITULO VII. ANEXOS 63
Anexo 1. Glosario de términos utilizados en la guía 63

CAPITULO I. SINOPSIS HISTÓRICA DE LAS SELVAS DE LA 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. Prácticamente 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 guía la atención se centra en la península de Yucatán, con menciones ocasionales al resto de los trópicos mexicanos.

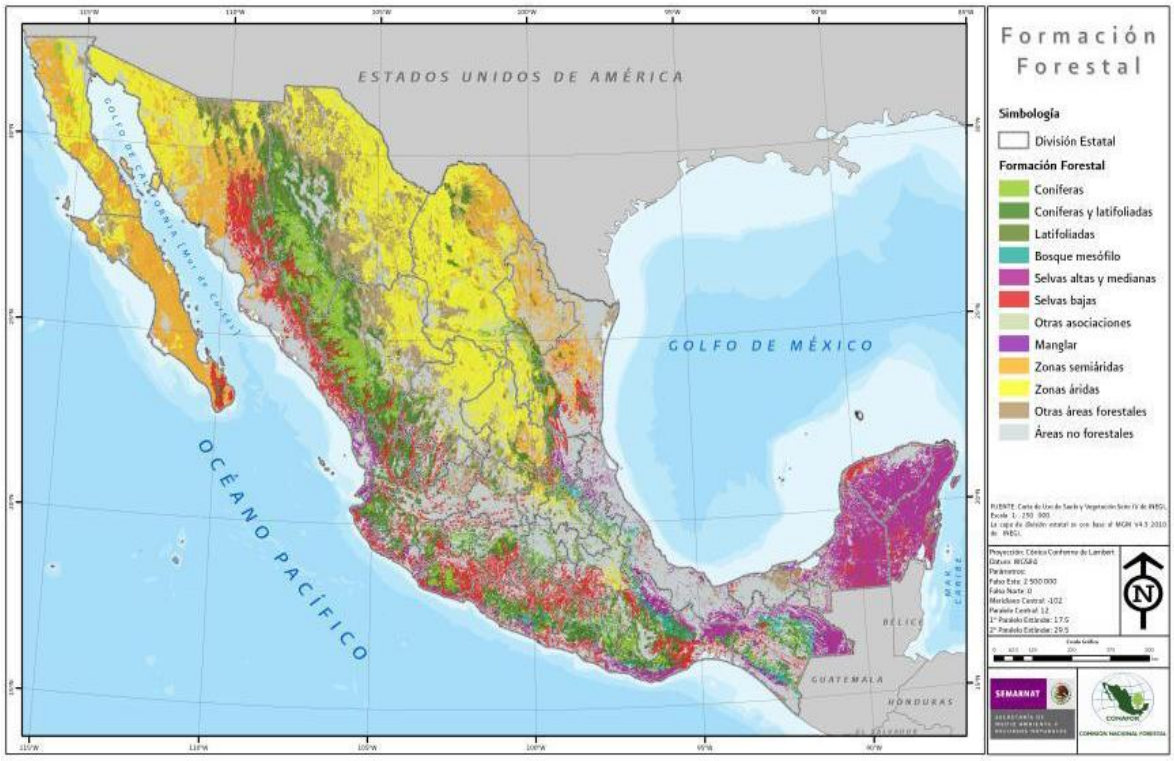


Figura 1. Vegetación de México. Fuente: CONAFOR 2012.

La vegetación de la península de Yucatán espacialmente 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 y disturbios naturales; así como de 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 influenciado los ecosistemas de Quintana Roo son los siguientes:

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 de henequén. 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. Actualmente, las haciendas forman como una frontera forestal en el noreste 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 sólo especies valiosas como el palo tinte (*Hematoxillum campechana*) 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 sombra. 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.

4. Cosecha de chicle. El árbol de chico zapote (*Manilkara zapota*), aprovechado en la antigüedad por los mayas para la construcción de pirámides, en las zonas centro y sur de la península 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. La extracción de chicle y su procesamiento comercial 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. En Zoh Laguna 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 SA de CV (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. El legado de MIQRO fue la creación de una cultura, comercio y gremio forestal. La infraestructura caminera de MIQRO es la columna vertebral del sistema actual de caminos. La investigación inadvertida financiada por MIQRO permitió acumular experiencia empírica sobre la ecología, sanidad del bosque. Este conocimiento se usó para desarrollar un mejor entendimiento de la silvicultura y patrones de desarrollo de múltiples especies maderables.

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. In 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 dos reservas de la biósfera, 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 la zona 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 costera 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 y 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. Sin embargo, porque la economía local está imposibilitada para soportar toda la infraestructura turística, grandes cantidades de alimentos y otros suministros provienen de fuera de la región.

CAPITULO II. CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS DE LAS SELVAS DE LA CAOBA

2.1 Introducción a las selvas de la caoba

Las selvas de la 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 la 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). 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^2) como sucede en Pará, Brasil (Grogan 2001, Grogan and others 2003). La densidad promedio de caoba de tamaño mínimo aprovechable (DN $\geq$ 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).

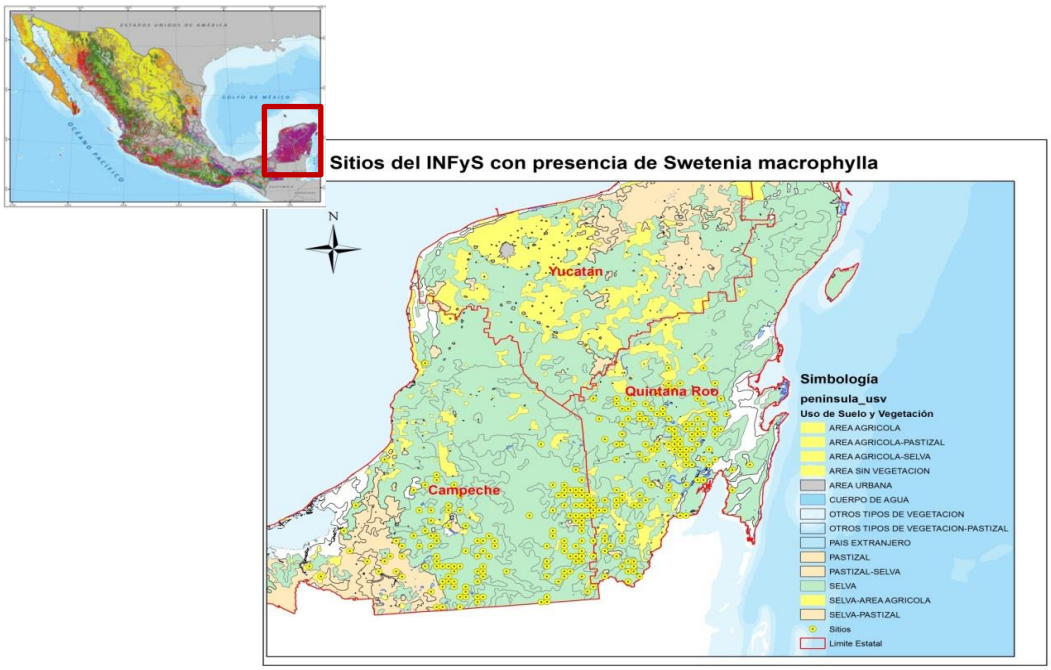


Figura 3. Distribución de *Swietenia macrophylla* en la península de Yucatán de acuerdo con el tipo de vegetación predominante en la región (CONAFOR 2012).

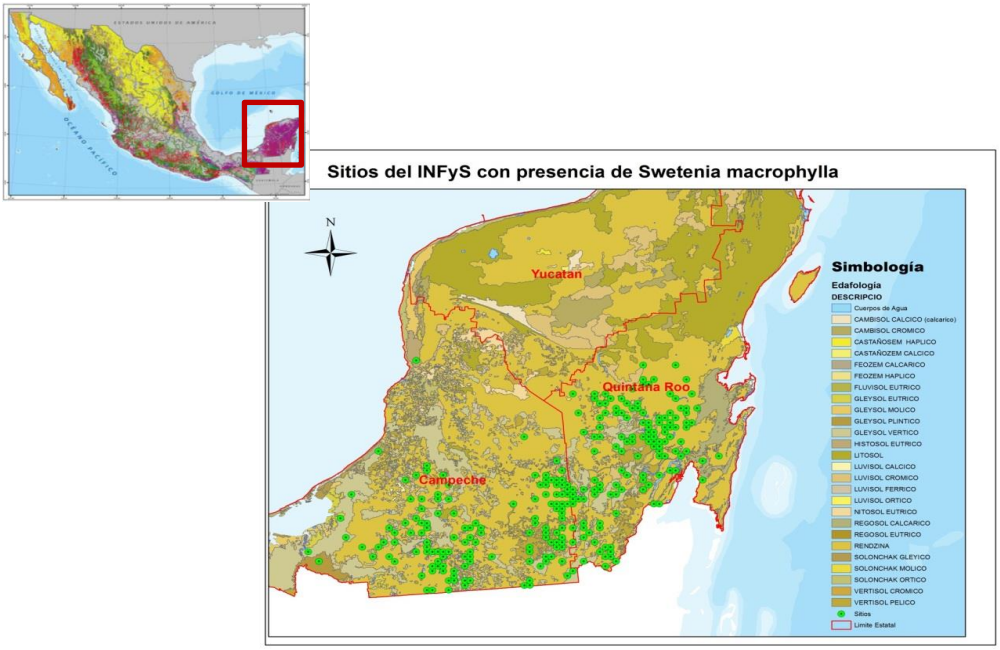


Figura 4. Distribución de *Swietenia macrophylla* en la Península de Yucatán en relación con el tipo de suelo. (CONAFOR 2012).

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 800-1500 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 1650 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, principlamente 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).

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 (lítico o réndzico)	tzek'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 subperennifolia	Municipios de Solidaridad, Benito Juárez y la parte norte de Felipe Carrillo Puerto
Vertisol	ak'alche	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
Phaezom	pus-lu'um	Suelos relativamente jóvenes, oscuros, ricos en materia orgánica y nutrimentos. 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

2.3 Estructura y composición

Los inventarios forestales de cinco ejidos de Quintana Roo revelan que la composición arbórea de las *selvas de la 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* (chicozapote), *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. La caoba se encuentra entre estas 24 especies, con una densidad de 0.7 a 5.2 ind/ha para árboles con DN ≥ 30 cm y densidad de 1.5 a 6.1 ind/ha para árboles DN ≥10 < 30 cm. El resto de las especies representan una abundancia de 12 a 15 %, entre las que resaltan por su

demanda para palizada: *Alsiesis 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 *Buida buceras* (pukté), en suelos tanto someros como algo profundos, oscuros o rojos y bien drenados. El área basal (AB) total en las selvas de Quintan Roo varía entre 16.6 y 33.0 m^2/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^2/ha.

La estructura diamétrica de los árboles DN ≥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, brinzales 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.

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^2/ha)	AB Caoba (m^2/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)

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. zapata*), 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.

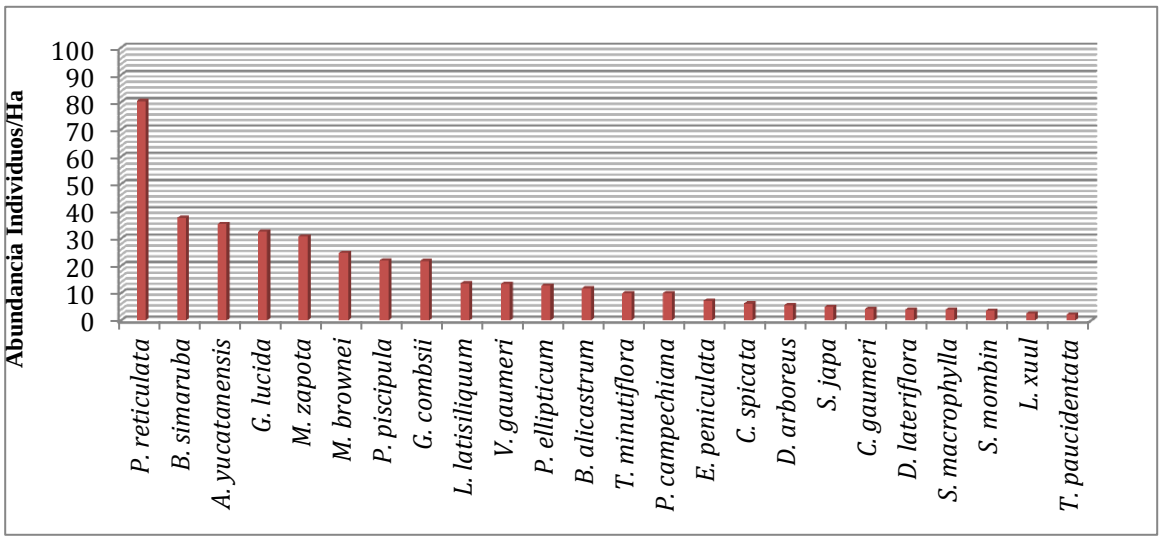


Figura 5. Número de individuos por hectárea para las especies más abundantes en las selvas de caoba en Quintana Roo.

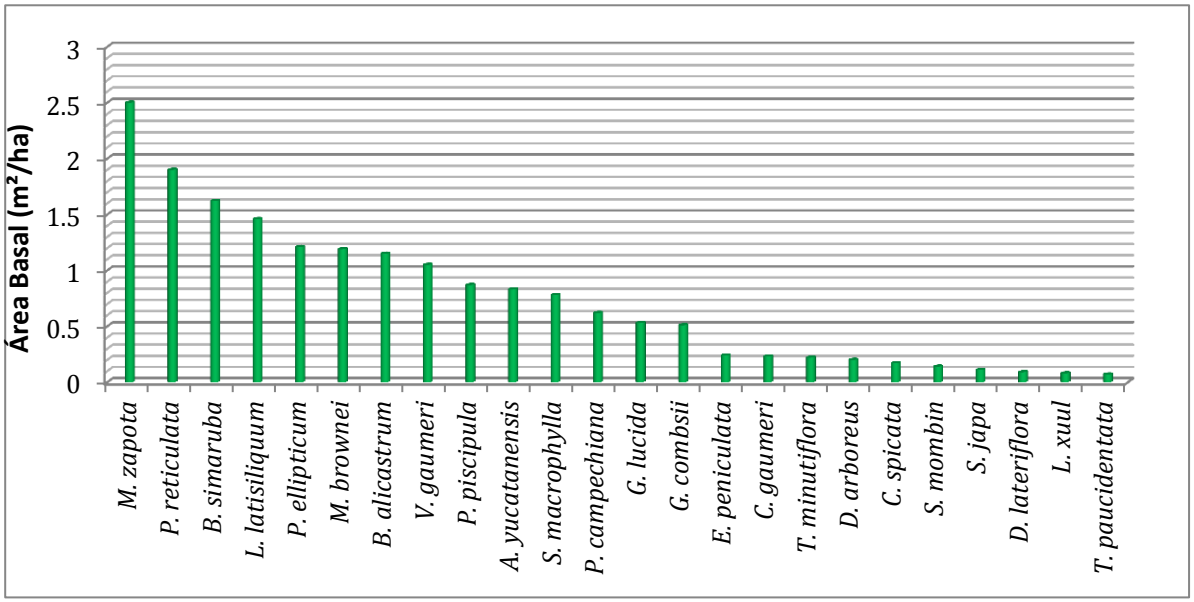


Figura 6. Área basal para las especies más abundantes en las selvas de caoba en Quintana Roo.

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

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

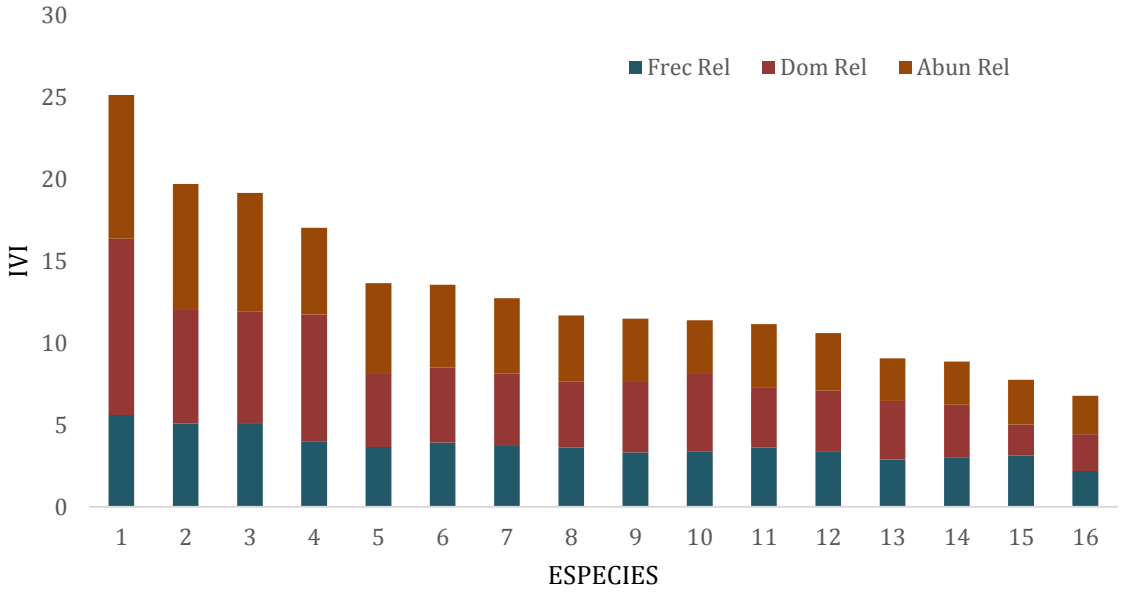


Figura 7. Índice de Valor de Importancia para las 16 especies más abundantes en selvas de caoba en Quintana Roo. *1.Manilkara zapota, 2.Pouteria reticulata,3. Bursera simaruba, 4.Lysiloma latisiliquum, 5.Brosimum alicastrum, 6.Gymnanthes lucida, 7.Guettarda combsii, 8.Metopium brownei, 9.Piscidia piscipula, 10.Pseudobombax ellipticum, 11.Alaseis 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.

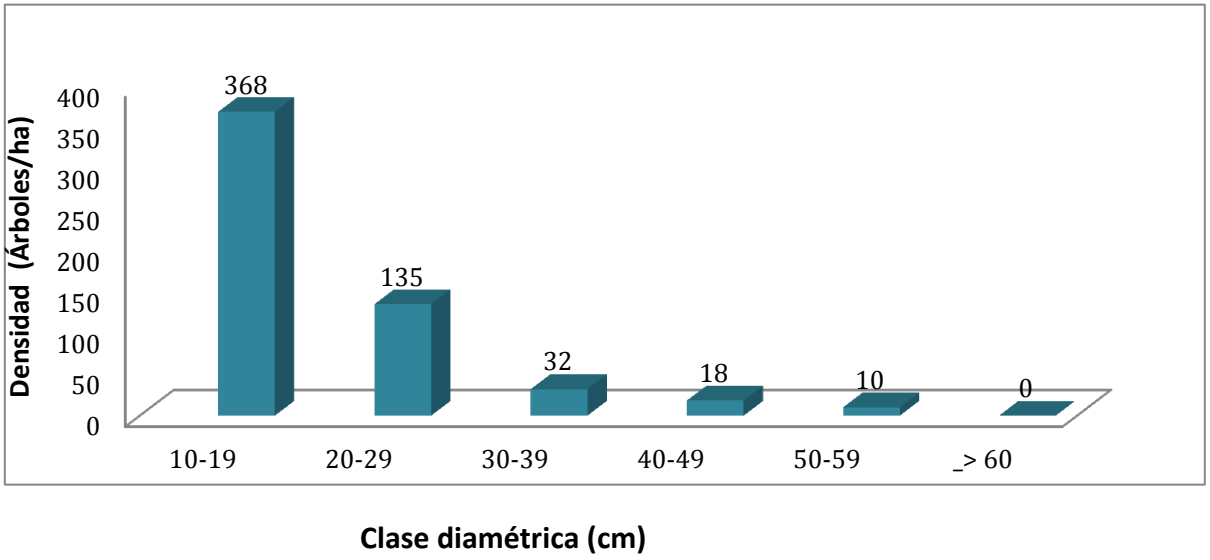


Figura 8. Estructura DN de las selvas de caoba en Quintana Roo

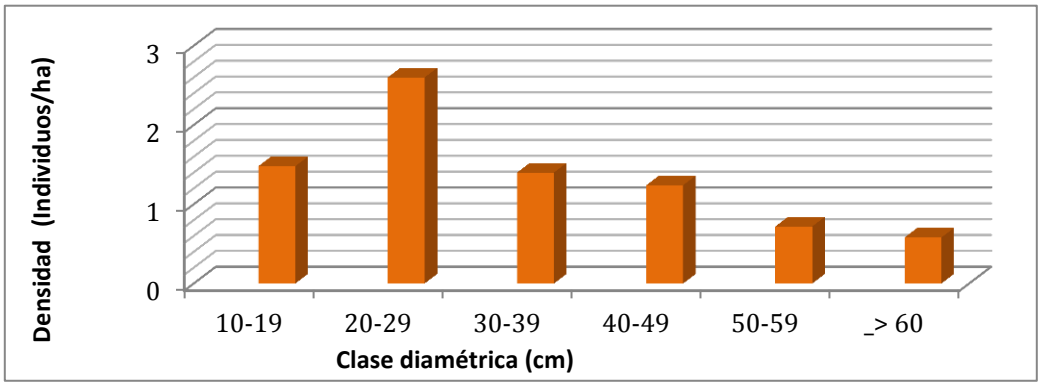


Figura 9. Estructura diamétrica de caoba en las selvas manejadas de ejidos forestales de Quintana Roo. (Datos de cinco ejidos)

Capítulo III. **LA CAOBA Y LAS ESPECIES ASOCIADAS DE IMPORTANCIA COMERCIAL Y ECOLOGICA**

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). 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 Quintan 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

Figura 10. Árbol de caoba

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 masculina, el ovario es rudimentario, y en la flor femenina, las anteras no contienen polen. La polinización es a través de insectos como thysanopteros, 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 diámetro (Gullison and others 1996), y en Quintana Roo desde 23 cm de DN (Cámara-Cabrales 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).

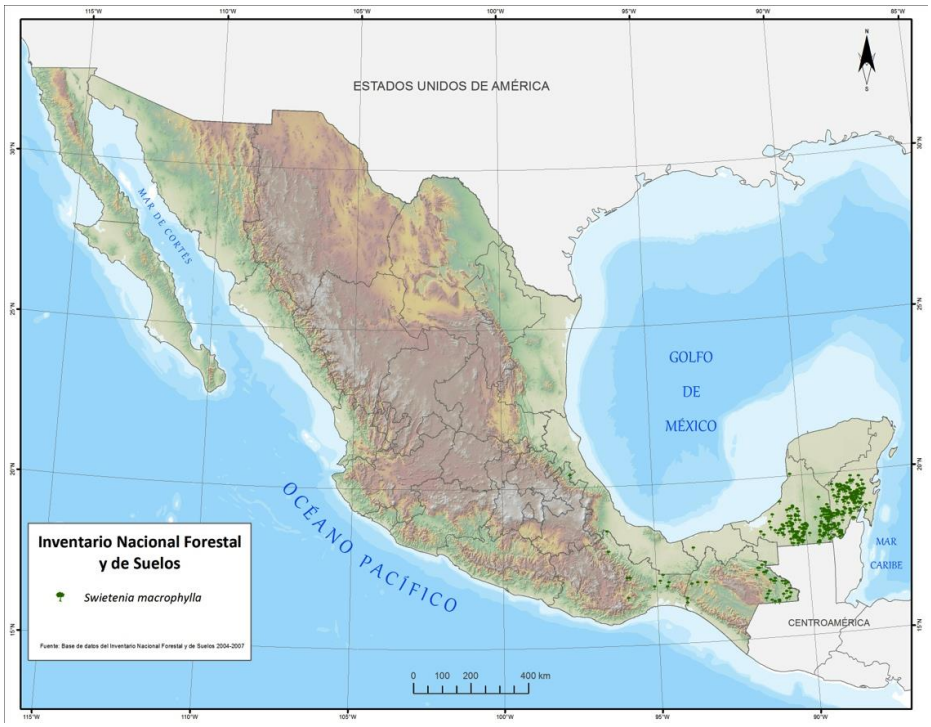


Figura 11. Mapa distribución de la caoba en México, fuente Conafor, Inventario Nacional Forestal y de Suelos.

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 ≥75 cm (16 ± 0,3 m), que en árboles con DN <75 cm (10 ± 0,2 m). El volumen de la copa puede ser cuatro veces y el área de la copa (APC) casi tres veces mayor (de 63 ± 3 m^2 a 180 ± 4 m^2) en árboles con DN ≥75cm 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 ≥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%

Figura 12. Frutos de caoba

de los árboles con DN ≥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, sin es que sucede. Para incrementar la disponibilidad de semilla los árboles huecos, que tienen poco valor comercial, deben retenerse. Veinticinco porciento de los árboles con DN ≥75 cm resultan sámagos y son valiosos como fuentes de germoplasma y hábitat para ciertas aves como tucanes y pericos (Cámara-Cabrales 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 sur este, 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-Cabrales 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 DN ≥75 cm pueden lograr que sus semillas se dispersen a una distancia de 30 m, en tanto que los que tienen un DN ≤ 75cm las semillas se dispersan a una distancia de 22 m (Cámara-Cabrales 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

Figura 13. Germinación de las semillas de caoba

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 y 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, nutrimentos del sitio y la competencia de vegetación vecina.

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-Cabrales 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 longeva (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 regenerase (Negreros-Castillo and others 2003, 2005, 2006; Snook 1993, 1996), intermedia a intolerante a la sombra con plasticidad y aclimatación (Cámara-Cabrales 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 m² en promedio (Grogan and others 2003, 2005). Estos trabajos parecen confirmar que la caoba en su estado juvenil de plántula a brinzal es 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, brinzales, 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 se establece 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 especies 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 nutrimentos hasta pobres con regímenes de humedad de secos, suelos bien drenados a muy húmedos con exceso de humedad, en suelos kársticos ricos en calcio y magnesio.	1,2
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	5, 6, 7, 8,

	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.	3, 4
Tolerancia a la sombra	Tolerancia a la sombra de plántulas y brinzales, intermedio a intolerante, por periodos no mayores de 2 años, requiere de múltiples liberaciones.	9, 10,
	Monte bravo y latizales, intermedia a intolerante. Intermedia con condiciones de humedad, nutrimentos y baja competencia, requiere de múltiples liberaciones.	9, 10, 2, 3, 4
	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 sobre pasa el dosel general de la selva.	5, 6, 7, 11
	Árbol maduro, intolerante	
<u>Iniciación de reproducción – regeneración</u>		
Modo de reproducción	Semilla	
Producción de fruto y semillas	Mejores productores árboles de ≥ 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 ≤ 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
	Inicia en árboles de 20 cm DN si las copas no están dañadas y reciben luz.	10, 13
Madurez sexual	Los mejores productores son árboles de ≥ 75 cm DN, con copas bien desarrolladas	
Tamaño de máxima producción de semillas		10, 12, 13
Frecuencia de buenos años semilleros	Producción anual irregular, arboles ≥ 75 cm DN con menos años con cero producción.	10, 12, 13
Dispersión y época de	Dispersión por el viento, a 30-60 m de los árboles semilleros, pero puede alcanzar 80 m. Árboles ≥ 75 cm DN con áreas de dispersión de 0.47 ha y menores con áreas de 0.37 ha.	14, 15

producción de semillas	Semillas dispersión de marzo- abril	
Duración de viabilidad de semillas	5 meses, semilla con gran cantidad de lípidos.	
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	16, 17
Germinación	La germinación con semillas fresca es de más de un 95% y se presenta en ambientes con suficiente humedad con o sin sombra de preferencia con semillas enterradas.	10, 15, 16 8, 10, 15, 16, 17
<u>Desarrollo y crecimiento de plántulas y brinzales</u>		
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 brinzal más intermedia; en estado de monte bravo y latizal intolerante.	2, 4, 10, 6, 7, 8, 11
Crecimiento	Plántula y brinzal crecimiento moderado, creciendo en claros (de 314 m² 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 Brinzal muy buena	
Sensibilidad a la competencia por luz y a los recursos del suelo	Plántula alta sensibilidad a la competencia por luz y humedad Brinzal alta sensibilidad a la competencia por luz y humedad	
Principal agente dañino	*Hypsipyla grandella*, la larva de la palomilla ataca las plántulas, brinzales y monte bravo causando deformación y reducción del crecimiento.	
Mortalidad	Plántula y brinzales con alta mortalidad en ambientes cerrados del dosel, con competencia de otras especies y de bejucos después del primer año.	
<u>Crecimiento de árboles</u>		

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^{-1},	4, 18
Factores estresantes tolerancia y resistencia		
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 sequia	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 Información inexistente	
Otros factores estresantes		

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	DINAMICA	REGENERACION			
	Tolerancia a la sombra plántulas y brinzales Y latizales	Método de reproducción	Años semilleros	Cama de siembra preferida	Referencias
Caoba (*Swieteniamacrophylla* King)	Plántulas y brinzales, Intermedia a intolerante. Monte bravo, latizal, más intolerante	Semillas Regeneración avanzada	Aparentemente sin periodicidad, Información escasa Producción anual irregular	Suelo mineral	3, 4, 5, 6, 7, 8, 10.
Chechem negro (*Metopiumbrowei* (Jacq.) Urban*)*	Plántulas y brinzales, intolerante, apostador	Semillas Regeneración avanzada	Información inexistente	Suelo mineral	19, 3, 4
Amapola (*Pseudobombaxellipticum* (Kunth) Dugand*)*	Plántulas y brinzales, apostador (intolerante)	Semillas Regeneración avanzada Retoños	Información inexistente	Suelo mineral	3, 4
Chaca rojo *(Bursera simaruba* L. Sarg.*)*	Apostador extremo (muy intolerante).	Semillas, Retoño	Información inexistente	Suelo mineral	3, 4
Tzalam*(Lysilomala tisiliquum* (L.) Benth.*)*	Plántulas y brinzales, intolerante	Semillas Regeneración avanzada	Información inexistente	Suelo mineral	19, 4
Jabin (*Piscidiapiscipula* (L.) Sarg.)	Plántulas y brinzales, muy intolerante	Semillas	Información inexistente	Suelo mineral	19, 4
Sakchaca (*Dendropanaxarboreus* (L.) Decne. &Planch.)	Plántulas y brinzales, moderadamente intolerante; apostador (intolerante)	Semillas Regeneración avanzada Retoños	Información inexistente	Suelo mineral	19, 3, 4
Guano (*Sabal yapa* C. Wright ex H.H. Bartlett)	Plántulas y brinzales, Tolerante	Semillas, gran producción de semillas Regeneración avanzada	Información inexistente	Indistinto	19
Zapote (*Manilkarazapota* (L.) P. Royen*)*	Plántulas y brinzales, Tolerante (luchador).	Semillas Regeneración avanzada	Información inexistente	Indistinto	19, 10, 4
Boob *(Coccolobaspicuta* Lundell)	Plántulas y brinzales, moderadamente tolerante a tolerante	Semillas Regeneración avanzada Retoños	Información inexistente	Indistinto	19
Ta´astab (*Guettardacombsii* Urb.)	Plántulas y brinzales, moderadamente intolerante	Semillas	Información inexistente	Indistinto	19
Granadillo	Plántulas y brinzales,	Semillas	Información	Indistinto	4, 19

(*Platymisciumyucatanum*Standl)	luchador (intermedio o moderadamente intolerante)		inexistente		
Siricote*(Cordiadodecandra* A. DC.*)*	Plántulas y brinzales, intermedia a intolerante. Apostador (intolerante)	Semillas Regeneración avanzada Forma banco de semillas	Información inexistente	Indistinto	10, 4, 3

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

Cuadro 6.Tolerancia a la sombra, reproducción y regeneración y crecimiento de la caoba y especies asociadas.

Especies Nombre común nombre científico	Desarrollo y crecimiento de Plántulas y Brinzales			
	Crecimiento	**Respuesta a la abertura del dosel**	**Sensibilidad a la competencia**	**Mortalidad**
Caoba ***Swieteniamacrophylla* King**	Plántulas y brinzales: moderado. Monte bravo, latizal	Muy buena Muy buena.	Plántula muy alta Brinzal alta	Plántula: muy alta el primer año con competencia y secas. Brinzal: alta con sombra, sin suficiente humedad del suelo y con alta competencia.
Chechem negro ***Metopiumbrownei* (Jacq.) Urban**	Plántulas y brinzales, moderado. Para individuos de ≥10 cm 0.23 cm año.	Muy buena.	Moderada	Información inexistente
Amapola ***Pseudobombaxellipticum* (Kunth) Dugand**	Plántulas y brinzales, moderado o rápido	Muy buena	Información inexistente	Información inexistente
Chaca rojo ***Bursera simaruba* L. Sarg.**	Plántulas y brinzales, moderado o rápido	Información inexistente	Información inexistente	Información inexistente
Tzalam ***Lysilomalatisiliquum* (L.) Benth.**	Plántulas y brinzales, moderado o rápido	Muy buena	Información inexistente	Información inexistente
Jabin ***Piscidiapiscipula* (L.) Sarg.**	Plántulas y brinzales, moderado o rápido	Muy buena	Información inexistente	Información inexistente
Sakchaca ***Dendropanaxarboreus* (L.) Decne. &Planch.**	Plántulas y brinzales, moderado o rápido	Muy buena	Información inexistente	Información inexistente
Guano ***Sabal yapa* C. Wright ex H.H. Bartlett**	Plántulas y brinzales, lento	no existe información	Información inexistente	Información inexistente
Zapote ***Manilkarazapota* (L.) P. Royen**	Plántulas y brinzales, lento	Muy buena	Baja	Baja mortalidad
Boob ***(Coccolobaspicuta*Lundell**	Plántulas y brinzales, moderado	Información inexistente	Información inexistente	Información inexistente
Ta´astab	Información	Muy buena	Información	Información

***Guettardacombsii* Urb.**	inexistente		inexistente	inexistente
Granadillo ***Platymisciumyucatanum*Standl)**	Información inexistente	Información inexistente	Información inexistente	Información inexistente
Siricote ***Cordiadodecandra* A. DC.**	Plántulas y brinzales: moderado. Monte bravo, latizal y postes: moderado	Muy buena	Moderada	Plántula: moderada el primer año. Brinzal: moderada

CAPITULO IV. PRINCIPIOS TEÓRICOS PARA LA SILVICULTURA DE LAS SELVAS DE LA 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 la 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 que la historia de los últimos 4 mil, 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 10000 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.).

Exista 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). 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 (rodal). 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 GAIs. 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 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 ye 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 m² de forma tendiente a cuadrado (30x30m). Dentro de las parcelas del IP se identifican los GAI y en cada uno por uno el 100% de individuos (de estado de brinzal 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) (Fig. 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 estadística deberá ser suficiente para que claramente permita diferenciar entre prescribir uno u otro tratamiento silvicultural (Fig. 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.

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 realise un silvicultor regional experimentado que pueda determinar prioridades entre los tratamientos silvícolas factibles.

4.6 Calidad, vigor y vitalidad del árbol deseable

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 guía silvícola 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.

SELVA

renuevo	madura sin árboles comerciales	madura con pocos árboles comerciales	juvenil con alta ocupación de árboles comerciales	madura con alta ocupación de árboles comerciales
20%	10%	30%	20%	20%

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

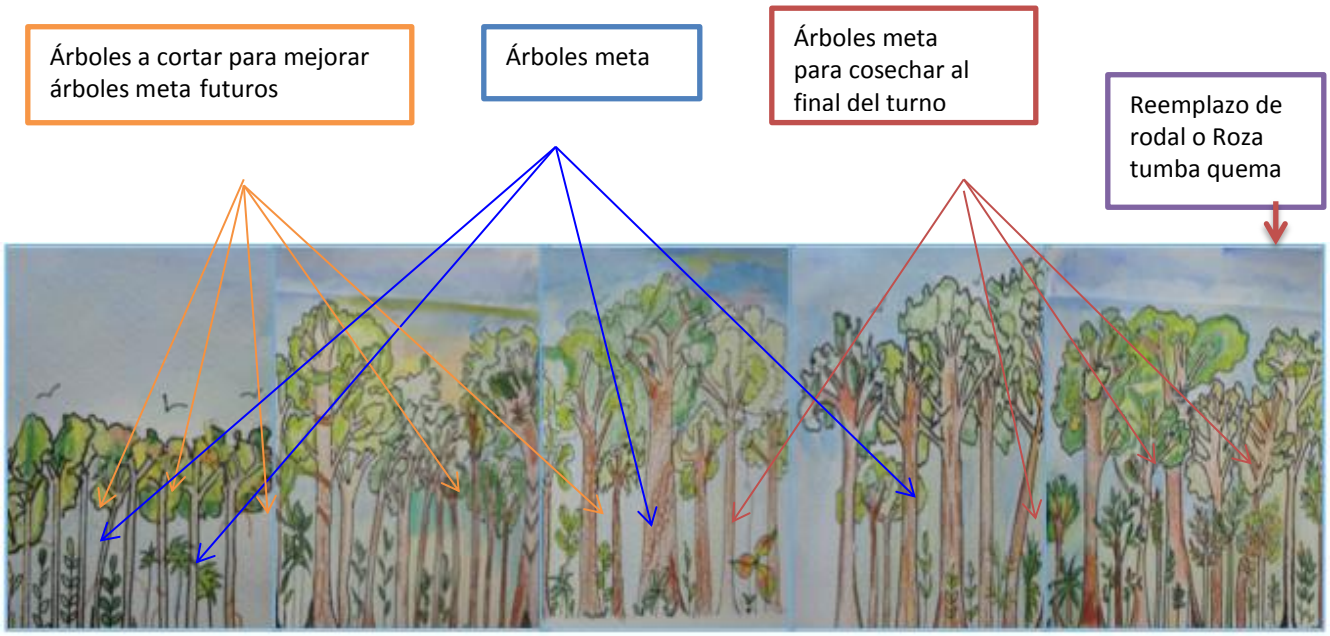


Fig.15 Ejemplo ilustrativo idealizado de prescripción de tratamientos identificados durante el IP.

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

i) Plántula: recién germinado, no hay hojas verdaderas ni copa

ii) Brinzal: renuevo sin copa diferenciada pero con ramas y desarrollo anatómico que evidencía haber sobrevivido más de una temporada seca

iii) Vardascal: juvenil con copa bien diferenciada, sin señales posibles de dominancia

iv) Monte bravo: juvenil no reproductivo, sin productos, capaz de alcanzar cierre de copas y presencia de indicios de dominancia

v) Latizal: inicia fecundidad, pocos productos de baja calidad y tamaño

vi) Fustal: alta fecundidad, viabilidad alta de semillas y propágulos, alta calidad de productos

vii) 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 expresan 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. Copa simétrica 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

e) Dominado: menor altura que los vecinos que interactúan con él, estará sombreado casi todo el día, su copa será de geometría asimétrica tridimensional

f) 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

0. 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.

1. 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.

2. 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.

3. Senil. Arbolado decrépito, 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.

CAPITULO V. PRÁCTICAS SILVÍCOLAS PARA LAS SELVAS DE LA 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 la caoba). En lo general los términos y definiciones silvícolas utilizados en esta guía corresponden a lo que se conoce en México. Sin embargo la silvicultura de selvas de la 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 guía 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 guía 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 sito, 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:

i) 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 prescripciones no incluye situaciones encontradas durante el marqueo de toda el área de corta.

ii) 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 periodos 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. 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 no hayan sido afectados por los disturbios. 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 podrán tener metas parciales de ocupación menor por un tiempo razonable, pero sujeto a una secuela de conversión para lograr en algún momento 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^2), 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^2 (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 marqueo 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^2/ha, >200 m^3/ha volumen en pie. El tiempo para lograr estos resultados dependerá de la calidad de estación, la mezcla de especies, 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^3 /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.

Las labores también sugieren las siguientes 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		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
Cosecha	Cosecha de todas las especies comerciales, excepto los árboles seleccionados y especies raras	• Cosecha de caoba comercial • Cosecha de árboles maderables de otras especies • Cosecha de todos los árboles dentro de la categoría de palizada • Elaboración de carbón con los árboles restantes
Preparación de sitio	Quema controlada	Derribo de la vegetación restante y quema controlada (RTQ) de la misma con protección de los árboles semilleros.
Regeneración	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 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^2 (Figuras 16 y 17)
	Año 2	
	Liberación de bejucos	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.
	Selección de plántulas de caoba	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.
	Eliminación de sombra	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.
Año 3		
Establecimiento de plántulas	Selección de caobas y eliminación de sombra	En caso de regeneración asistida en el mes de mayo dejar una sola plántula en cada punto de siembra. En caso de regeneración natural eliminación de sombra como se describe en la etapa anterior.
Año 5		
Crecimiento	Eliminación de competencia	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. Dejar un círculo de vegetación de un metro máximo, alrededor de la caoba. La rectitud del fuste característico de la caoba la hace especialmente atractiva para el tallado de la cornamenta delos venados, esta acción puede resultar en una buena protección.
Composición	Selección de especies	En el mes de mayo verificar ocupación completa, en cada 100m^2 debe asegurarse de que existe un especie de valor comercial de preferencia caoba. 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.
	Año 10 -15- 20	
Desarrollo de la unidad de intervención	Eliminación de competencia y control de densidad	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.
	Aclareo	Evaluar si la eliminación de la competencia resultó en la densidad óptima o si es necesario un aclareo. La densidad óptima se determina en base al vigor de los árboles seleccionados en el año 5 y 10
		Se espera que en el año 20 las caobas y especies seleccionadas pertenezcan a la categoría de dominantes y ninguna intervención es ya necesaria.

Figura 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 cas 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, mantener inventarios de ocupación-plena, parámetros de tratamientos silvícolas, y estrategias ha ser diseñadas para la salud del bosque.

CAPITULO VI. INVESTIGACION 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 competidoras 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
Sílvica 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 la caoba	Moderada
Ejemplos a seguir de tipo experimental, demostrativo o de tipo operativo comercial	Limitada
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^3/ha/intervención, 4000 m^3 remoción anual, 500 ha superficie mínima de área de corta	Moderada
Financiamiento	Moderada
Legalidad de los parámetros del tratamiento y vigencia de los permisos	Si

CAPITULO VII. ANEXOS

Anexo I. Glosario de términos utilizados en la guía

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 guía, 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 (>2000 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 epidométrica 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 3500 m^3 de trocería, equivalente aproximadamente a 4000 m^3 en rollo total árbol, tomados de alrededor de 10000 ha maderables productivas que estén sujetas a cultivo con las tecnologías hoy disponibles y descritas parcialmente en esta guía.

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 es 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 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 arbolado. En otra parte de la secuencia, y a menos que el renuevo provenga de plantación o siembra, habrá momentáneamente árboles adultos y renuevo 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 (rodal), 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 arbolado 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 guía corresponde al área de corta.

Vardazcales. Regeneración lograda

BIBLIOGRAFIA

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

Cámara-Cabrales, 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-Cabrales, 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 ecological 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 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 Chimanes 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.

Larson, B. C.; Oliver, C. D. 1996. Forest stand dynamics. John Wiley & Sons. New York. 467 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.

Norghauer, 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. 15 agosto 2014.

Rodríguez-Santiago, B. J.; Chavelas-Polito; Garcia-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-Cabrales, 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 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. 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. 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. 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.

FINAL DEL DOCUMENTO