

UNIVERSIDAD AMAZÓNICA DE PANDO

INSTITUTO TECNOLÓGICO PUERTO RICO

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA



PERSPECTIVAS PARA LA REFORESTACIÓN CON MARA (*Swietenia macrophylla*), DE AREAS DEGRADADAS DEL MUNICIPIO DE PUERTO RICO.

Monografía

Para obtener el Título de Técnico Superior en Sistema de

Producción Agropecuaria

Autor: Univ. Alejandro Tibi Flores

Asesor: Ing. Wilfredo Montaña Teco

PUERTO RICO – PANDO – BOLIVIA

NOVIEMBRE, 2014

HOJA DE APROBACIÓN

Monografía aprobada el 19 de noviembre de 2014

| | Nombres | Firmas |
|-----------------|------------------------------|---------------|
| Postulante: | Alejandro Tibi Flores | _____ |
| Asesor: | Ing. Wilfredo Montaña Teco | _____ |
| Pdte. Tribunal: | Ing. Yaneth Von Dockren S. | _____ |
| Tribunal 1: | Ing. Ariel Hurtado Moisés | _____ |
| Tribunal 2: | Ing. Griceldo Carpio Tancara | _____ |
| Tribunal 3: | Ing. Pedro Gómez Montero | _____ |

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la vida, la salud y amis Padres: Teodocio Tibi y Julia Flores gracias por sus consejos y orientación que fueron cruciales para la formación de mi persona, a mi esposa Darling por ser la solución en los momentos difíciles, por su comprensión y por creer en mí, gracias por ser mi esposa y compañera día a día.

A mi asesor de monografía: Ing. Wilfredo Montaña T., por sus consejos y orientaciones en la presente investigación.

A los miembros del tribunal revisor, por sus sugerencias observaciones y correcciones al proyecto e informe final de la investigación.

A los docentes del programa académico Sistema de Producción Agropecuaria, por su paciencia, su comprensión y sus sabios consejos durante mi formación profesional.

Al Instituto Tecnológico Puerto Rico, a su Directora y personal administrativo, por su apoyo durante mi formación y en la elaboración de la presente investigación monográfica.

A mis compañeros de la universidad: Por los momentos de amistad compartidos, a lo largo de toda la carrera.

DEDICATORIA

A mis Padres Teodocio Tibi y Julia Flores, a mis hijas Nicol y Nathali, a mis hermanas y hermanos por el apoyo moral e incondicional cada día para mi formación profesional.

De manera muy especial a mi esposa Darling Alvez, por su amor y apoyo incondicional en todo momento

A mis compañeros de estudio, por el apoyo durante los años de estudio.

A la Universidad Amazónica de Pando (templo de sabiduría) por acogerme en sus aulas durante estos tres años.

INDICE

| | Pág. |
|---|------|
| HOJA DE APROBACIÓN..... | I |
| AGRADECIMIENTOS..... | II |
| DEDICATORIA..... | III |
| INDICE..... | IV |
| | |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. JUSTIFICACIÓN | 2 |
| III. OBJETIVOS | 3 |
| 3.1. Objetivo General..... | 3 |
| 3.2. Objetivos específicos..... | 3 |
| IV. METODOLOGÍA..... | 4 |
| 4.1. Métodos..... | 4 |
| 4.2. Técnicas | 4 |
| 4.3. Instrumentos..... | 5 |
| V. ANALISIS BIBLIOGRÁFICO | 6 |
| 5.1. Importancia de la <i>Swietenia macrophylla</i> King..... | 6 |
| 5.2. Zona de distribución geográfica natural | 8 |
| 5.3. Características generales de la caoba | 9 |
| 5.4. Regeneración natural..... | 19 |
| VI. APORTE TEÓRICO..... | 26 |
| 6.1. Técnicas a emplear en la reforestación | 26 |
| 6.2. Manejo silvicultural de la especie..... | 29 |
| 6.3. Manejo..... | 34 |
| 6.4. Protección..... | 35 |
| VII. CONCLUSIONES | 36 |
| VIII. RECOMENDACIONES..... | 37 |
| IX. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA..... | 38 |

I. INTRODUCCIÓN

Los bosques naturales en Bolivia constituyen una tradicional fuente de múltiples recursos complementarios a la subsistencia diaria de los pueblos rurales, originarios e indígenas. También son la base de una creciente industria de bienes maderables y no maderables que generan fuentes de trabajo e importantes ingresos al sector privado y al Estado. Gran parte de los bosques bolivianos conforman ecosistemas forestales tropicales que son internacionalmente reconocidos por las funciones y servicios ambientales que cumplen como mitigadores de cambios climáticos, ecoturismo, fuentes de biodiversidad y reguladores de regímenes hídricos.

La diversidad geográfica, étnica, cultural y socioeconómica de Bolivia produce en torno a los bosques un cuadro extraordinariamente complejo y dinámico de formas de acceso. El principio básico de la sostenibilidad de los recursos forestales debe tomar en cuenta, los límites naturales de protección y producción para compatibilizarlos con el desarrollo social y económico deseado (Superintendencia Forestal, 2004).

El departamento de Pando con una extensión territorial de 63.827 km², de los cuales el 94% está cubierto por bosques naturales. El sector forestal es el más importante de la economía departamental, debido a la explotación de madera que ha adquirido importancia en los últimos años, actualmente las tres especies más valiosas son: mara, tumi o roble y cedro colorado (ZONISIG, 1997).

La *Swieteniamacrophylla* King, es una especie muy requerida en el mercado. Debido a su valor comercial bien establecido y a su habilidad para adaptarse a una variedad de condiciones de sitio, la mara ha sido plantada de manera extensa a nivel mundial, tanto dentro como fuera de su distribución natural. En plantaciones cerradas o en plantaciones a campo abierto, en áreas deforestadas y en tierras agrícolas abandonadas y en plantaciones de enriquecimiento o en hileras bajo un dosel forestal degradado (MDS, 2004).

II. JUSTIFICACIÓN

La vocación y capacidad de uso del suelo en el departamento Pando se encuentran amenazadas. Es imperativo destacar la problemática de la conservación del bosque amazónico y preservación de los recursos naturales y biodiversidad que se encuentran amenazadas ocasionado por la ampliación de espacios para la producción ganadera y agricultura, los incendios forestales y saqueo de recursos naturales principalmente maderables, van en contraposición a las restricciones, disposiciones establecidas por el Plan del Uso del Suelo.

En cuanto a la deforestación, el problema más frecuente es que los desmontes se realizan en unidades clasificadas como de aptitud forestal.

En la actualidad no existe una estimación nacional del grado de deforestación, sin embargo, en el Departamento de Pando entre los años 2005 y 2010 se estimó que la deforestación llegó a 52.000 hectáreas, lo que significa un promedio anual de 7.400 has anuales.

Un reciente estudio realizado mediante análisis de imágenes satelitales comprobó que en el año 2005 en el departamento se desmontaron 29.420 ha. La mayor cantidad de áreas desmontadas se destinaron a la producción ganadera, próxima a los centros poblados y carreteras.

También es de esperar que las áreas de chaqueo en tierras forestales irán en aumento, debido a la dotación de tierras comunales en suelos forestales. Estas comunidades necesariamente requerirán realizar la conversión de una proporción de su territorio a pasturas y cultivos para efectos de autoconsumo y comercialización. El Plan Departamental de Desarrollo Territorial de Pando 2011–2015, señala que la explotación de los recursos forestales sin cumplimiento de la normativa causó una degradación del bosque primario, por lo que surge la necesidad de reforestar las áreas deforestadas con especies nativas y contribuir a la dinámica del ciclo hidrológico, por lo que propone como estrategia: el apoyo a la implementación de planes de forestación y/o reforestación de especies nativas.

III. OBJETIVOS

Objetivo general:

- Analizar las perspectivas para la reforestación con mara (*Swieteniamacrophylla* King.), de áreas degradadas del municipio de Puerto Rico.

Objetivos específicos:

- Analizar la bibliografía relativa a la especie a emplear (*Swieteniamacrophylla* King.) en la reforestación. .
- Detallar las técnicas de reforestación y las actividades que implica la reforestación de bosques.
- Proponer técnicas a emplear en la reforestación, en función a las características de la región.

IV. METODOLOGÍA

4.1. Métodos

Para la elaboración de la monografía se empleó el enfoque de investigación cualitativa, cuyas características se describen a continuación:

La investigación cualitativa es aquella donde se estudia la calidad de las actividades, relaciones, asuntos, medios, materiales o instrumentos en una determinada situación o problema. La misma procura lograr una descripción holística, esto es, que intenta analizar exhaustivamente, con sumo detalle, un asunto o actividad en particular.

Las técnicas empleadas son dos: a) el estudio de caso y b) la investigación documental.

4.2. Estudio de Caso:

Consiste en el estudio de escenarios, fenómenos y comportamientos de hechos reales que denotan problemas aún desconocidos en el plano teórico.

Tipos de Estudio de Casos: Según los objetivos: Existen tres categorías o tipos principales de estudios de caso: explicativos, descriptivos y de metodología combinada. Aunque en la vida real a menudo se superponen estas categorías:

- 1) Explicativos. El propósito de los estudios de caso explicativos, tal como su nombre lo indica, es explicar las relaciones entre los componentes de un programa.
 - a. Implementación del Programa. Este estudio de caso investiga las operaciones, a menudo en varios terrenos, y con frecuencia, de manera normativa.
 - b. Efectos del Programa. Este estudio de caso examina las causas y habitualmente involucra evaluaciones de tipo multi-terreno y multi-método.
- 2) Descriptivos. Estos estudios son más focalizados que los casos explicativos.
 - a. Ilustrativo. Este tipo de estudio de caso es de carácter descriptivo y tiene el propósito de añadir realismo y ejemplos de fondo al resto de la información acerca de un programa, proyecto, o política.

Estos estudios de caso describen primordialmente lo que está sucediendo y por qué, con la finalidad de mostrar el perfil de una situación. Este tipo de estudios son especialmente útiles para ayudar a interpretar otros datos que pueden estar disponibles, tales como encuestas.

- b. Exploratorio. Este es también un estudio de caso descriptivo pero apunta, antes que a ilustrar, a generar hipótesis para investigaciones posteriores.

4.3. Investigación Documental

La investigación documental es un procedimiento científico, un proceso sistemático de indagación, recolección, organización, análisis e interpretación de información o datos en torno a un determinado tema. Al igual que otros tipos de investigación, éste es conducente a la construcción de conocimientos.

La investigación documental tiene la particularidad de utilizar como una fuente primaria de insumos, más no la única y exclusiva, el documento escrito en sus diferentes formas: documentos impresos, electrónicos y audiovisuales. Sin embargo, los textos monográficos no necesariamente deben realizarse sobre la base de sólo consultas bibliográficas; se puede recurrir a otras fuentes como, por ejemplo, el testimonio de los protagonistas de los hechos, de testigos calificados, o de especialistas en el tema.

4.4. Materiales

En concordancia con la metodología y las técnicas, se emplearon los siguientes materiales:

Bibliografía:

- Bibliografía especializada existente en las bibliotecas de la UAP, CIPA, ONG Herencia, etc.
- Bibliografía digital obtenida mediante internet.

Equipos de Oficina:

- Computadora e impresora

Material de escritorio

- Papel bond
- Tinta para impresora
- USB

4.5. Análisis

Consistió en la síntesis e integración de la información obtenida de diversos instrumentos y medios de observación. Prepondera más un análisis descriptivo coherente que pretende lograr una interpretación minuciosa y detallada del asunto o problema de investigación.

Las conclusiones y recomendaciones se derivaron continuamente durante el proceso.

V. ANALISIS BIBLIOGRÁFICO

5.1. Importancia de la *Swieteniamacrophylla* King

Los bosques tropicales y subtropicales de América son el hábitat natural de la valiosa mara o caoba. Estos ambientes cumplen un rol especial en la conservación de la diversidad biológica; en los bosques tropicales y subtropicales se alberga el 75 por ciento de las especies de animales y plantas del mundo, más de 13 millones de especies diferentes. Contienen el 70 por ciento de las especies de plantas vasculares, el 30 por ciento de todas las especies de aves, el 90 por ciento de los invertebrados. En lo que respecta a especies de árboles, los bosques tropicales y subtropicales son extremadamente diversos y contienen a menudo más de 250 especies representadas por alrededor de 700 individuos por hectárea. (Ravelo y Palacios, 2005)

En los bosques tropicales o en sus alrededores viven alrededor de 400 millones de personas (UNFF 2005). Estas poblaciones constituyen uno de los grupos menos privilegiados de nuestra sociedad mundial. Necesitan de los bosques tropicales para la obtención de muchos productos importantes y servicios ambientales. Incluidos en esta cantidad de pueblos dependientes de los bosques están los 60 millones de pueblos nativos o indígenas cuyo modo de vida depende de los bosques, puesto que no sólo satisfacen sus necesidades económicas de alimento y abrigo sino que además forman parte integral de su cultura y sus tradiciones espirituales. Se estima que hay 1.2 billones de personas que viven en comunidades rurales que dependen de los árboles y los bosques como componentes integrales de sus sistemas agrícolas (Quevedo, 1986).

Los bosques tropicales, incluida la mara, nos brindan una amplia gama de productos industriales que utilizamos en la vida cotidiana: madera, tableros contrachapados, postes, palos, pulpa y papel. Los productos industriales de madera representan alrededor de uno por ciento del producto interno bruto global y tres por ciento de todos los bienes comercializados. El comercio internacional de

productos madereros se calcula en más de 200 billones de dólares estadounidenses. (Gullison y Hubbell, 1992)

Además de los productos de la madera, el bosque tropical brinda una gran variedad de productos forestales no madereros, los llamados productos forestales “menores”, que en muchos casos son “mayores” para las poblaciones locales. Entre ellos se incluyen las fibras, las resinas, el látex, las frutas y los medicamentos tradicionales. Los bosques son a menudo fuente importante de productos alimenticios, particularmente en épocas de sequía y hambre, cuando se pierden los cultivos agrícolas básicos. Los bosques tropicales son también muy importantes económicamente para el mejoramiento genético de cultivos. (De Barros y Brandy, 1975)

La *Swieteniamacrophylla* King “Mara” es la especie maderable con mayor valor económico en el mundo. Los mayores volúmenes de madera de mara o caoba que son comercializados en los mercados mundiales provienen de las selvas tropicales nativas en donde se realiza una abusiva extracción de esta valiosa especie, es decir, no se la está utilizando de manera sostenible como lo solicitan los países exportadores y CITES. La consecuencia de esto, es que las poblaciones naturales de mara o caoba están muy reducidas en las áreas en que se encuentran. En función de esto, ha aumentado la preocupación de que la mara esté amenazada por la explotación forestal predatoria. Brasil y Bolivia han estado en el centro del debate, porque son los mayores productores de mara del mundo y detentan las mayores reservas naturales de dicha especie (Cozzo, 1976).

A nivel de finca en la Provincia de Pastaza (Ecuador), un metro cúbico de caoba para exportación cuesta entre 150 a 800 dólares; puesto en el puerto de Guayaquil, oscila entre 600 a 1100 dólares. El valor de esta especie es debido a sus propiedades organolépticas, físicas y mecánicas (color atractivo, durabilidad, estabilidad dimensional y condiciones favorables para trabajar con ella). Por estas razones, la caoba es utilizada ampliamente en muebles finos, puertas, ventanas, paneles, laminados, instrumentos musicales, entre otros usos.

En Bolivia, la mara es la especie forestal más exportada, este país es el segundo mayor exportador; la mayoría de su madera es destinada a los Estados Unidos. La extracción anual ha sido estimada por la Cámara Nacional Forestal en un promedio aproximado de 119.000 m³ por año durante los últimos 16 años y en 95.000 m³ durante los últimos 3 años.

En Bolivia se estima que entre el 50 y 70% de toda la mara extraída es exportada. Para este país sudamericano, la mara es un recurso estratégico para su desarrollo forestal sustentable, por ello Bolivia se alió con Estados Unidos para proponer la inclusión de la mara en el apéndice II de CITES. En Bolivia cerca de 30 compañías exportan caoba como madera aserrada y productos terminados como puertas y sillas. En 1996 se exportaron 42.683 m³ (Superintendencia Forestal 2004).

5.2. Zona de distribución geográfica natural

El área de distribución Fito geográfica de la caoba está en zonas con climas tropicales y subtropicales, originalmente se la encuentra en México, Belice, Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela, Brasil y Bolivia. Su distribución corresponde generalmente a los bosques húmedos tropicales (Alvarenga y Flores, 1988),

La caoba crece en altitudes que van desde 0 a 1.400 msnm. , sobre variedad y condición de suelos (aluviales, alcalinos, volcánicos, metamórficos, calcáreos, profundos, ácidos, bien drenados y arcillosos). Puede ser encontrada en suelos periódicamente inundados, en terrenos ligeramente ondulados, en áreas relativamente planas y también en suelos pobres en nutrientes y arcillas (BuitrónyMulliken, 2001).

Esta especie ha sido extraída del continente americano desde hace unos 500 años, desde la conquista española a América, esta madera se la explotó y explota hasta la fecha en todo su zona de distribución natural. En la Amazonía brasileña, la comercialización de la caoba comenzó a producirse de manera significativa recién a partir de la década de 60, después de la construcción de carreteras en la

región. La disminución de las reservas naturales de caoba en América Central mantuvo el elevado nivel de demanda para dicha especie en la Amazonía brasileña y boliviana en las últimas tres décadas. La consecuencia de esta extracción ha sido la severa reducción de las reservas naturales de esta especie en América Central (Costa Rica, Panamá, Honduras) y en diversas áreas de la Amazonía Oriental brasileña. Descripciones en América del Sur han hecho hincapié en la tendencia que tiene la caoba a crecer en suelos secos, firmes y ligeramente por encima de las áreas periódicamente inundadas (Campbell 1996).

5.3. Características generales de la caoba.

5.3.1. Poblaciones

Estudios llevados a cabo sobre la estructura poblacional horizontal y vertical de la caoba han demostrado consistentemente que la mayoría de los árboles existentes representan una clase, son coetáneos y presentan tamaños similares, otras clases están pobremente representadas dentro de estos estándares (Ravelo y Palacios, 2005)

Los árboles maduros de caoba se encuentran diseminados en la zona, formando manchas en los bosques naturales, lo que en resumen significa que considerando grandes superficies, se hallan en densidades inferiores a un árbol por hectárea. Tiende a crecer en grupos formados por algunas centenas de árboles maduros, intercalados por extensas áreas de bosques en los cuales no se encuentra dicha especie. Los primeros colonizadores europeos en América Central asociaron a la caoba con los cursos de agua de los ríos que desembocan a la costa atlántica de Belice. La proximidad con los ríos facilitó la explotación y la exportación de esta especie hasta llegar al agotamiento de las reservas naturales (Quevedo, 1986).

5.3.2. Hábitat y ecología

Los extremos tolerables de temperatura y altitud para el cultivo de la caoba fluctúan entre los 12°C a los 37°C y 0 a 1.400 msnm. La mínima precipitación anual aceptable es de alrededor de 800 mm por año, y puede ser cultivadas en

regiones con precipitación hasta los 5.000 mm/año. De hecho las plantaciones con más alto rendimiento son encontradas en regiones con precipitaciones mayores a 2.000 mm/año (Gullison y Hubbell. 1992).

La distribución anual de la precipitación es importante. Una región con una precipitación total alta pero con una larga estación seca puede ser menos adecuada para la caoba que una región con precipitación baja y estación seca corta; la especie puede tolerar una estación seca de hasta cuatro meses. La estación seca más larga reportada en un país donde crece la caoba es de 5 meses, pero las tasas de crecimiento durante largos períodos secos son bajas. El incremento medio del diámetro en un año seco en Sri Lanka fue solo de 2-3mm; lo esperado sería 8-10 mm. en un año normal. Plantaciones en regiones con estaciones secas largas, por consiguiente, no tendrán una alta productividad.

Los árboles de caoba requieren suelos con buenas características agrológicas (fértils, profundos y bien drenados) para tener un óptimo desarrollo, turnos de rotación entre 25 y 50 años; pero también crece en suelos aluviales, arcillosos y pesados, lateríticos, superficiales tipo rendzina y no tolera anegamientos (Alvarenga y Flores 1988)

En Indonesia, ha sido ampliamente reportado que la caoba crece bien en suelos infértiles. Suelos considerados más óptimos no han producido crecimiento en altura significativamente más rápido que en suelos menos fértiles. Aunque la caoba puede desempeñarse mejor que otras especies en suelos estériles, las especies parecen preferir suelos bien drenados y fértiles. El PH del suelo preferido fluctúa de alcalino a neutral (6.0 a 7.5). Se piensa que el sistema radicular profundo de la caoba provee un efectivo medio de estabilización del suelo. Experimentos sobre erosión bajo diferentes tipos de vegetación revelaron que las tasas de erosión del suelo bajo caoba fueron las más bajas. La topografía del sitio de plantación está estrechamente vinculada a las variables de profundidad del suelo y drenaje. (Cozzo, 1976)

Los bosques de Belice, Guatemala y México se ven frecuentemente afectados por huracanes que dañifican la cobertura, liberando la regeneración y permitiendo la invasión de especies secundarias en grandes áreas, la caoba sobrevive a los huracanes mejor que todas las otras especies de Belice. Las condiciones de luminosidad en bosques dañificados por huracanes favorecen la regeneración de la caoba y arribó a la conclusión de que las mudas crecieron vigorosamente después del huracán. La ausencia de caoba indica que los árboles que sobrevivieron al huracán ocuparon rápidamente la apertura de la cobertura, generando dificultades para que la caoba consiguiese la predominancia de la cobertura. La caoba puede establecerse exitosamente después de huracanes e incendios que se producen a intervalo de décadas o centenares de años, y concluye que la apertura creada por la caída de un único árbol por una intervención maderera es insuficiente (siendo muy pequeña) o inapropiada (ausencia de disturbio en el suelo) para la regeneración y el crecimiento de la caoba (Campbell, 1996).

5.3.3. Taxonomía

Switewniamacrophylla King, caoba, pertenece a la división Magnoliophyta (angiosperma, plantas con flores), clase Magnoliopsida (dicotiledóneas), orden Sapindales, familia MELIACEAE, genero *Swietenia*, especie *macrophylla* King. Los principales nombres comerciales son: Caoba del Sur, Mara, Orura, Acajú d' Amérique, Araputang, Mahogany. (Alvarenga y Flores 1988)

5.3.4. Características botánicas

Es un árbol caducifolio con copa de forma de corona, que con frecuencia alcanza hasta 50 m de alto y diámetros de 2.5 m. La longevidad precisa de la caoba es desconocida, aunque árboles individuales pueden aparentemente vivir por algunas centurias. Tiene fuste recto y neloide o casi cilíndrico, sin ramashasta aproximadamente los 25 m. Ramas jóvenes glabras, finamente lenticela das (Buitrón y Mulliken, 2001)

Tiene hojas agrupadas en el extremo de las ramas, usualmente paripinnadas, a veces imparipinnada con folíolo terminal abortado, de 14 hasta un máximo de 40 cm. de largo; raquis glabro. Folíolos opuestos a sub-opuestos, apertiginados, 8 a 18 cm. de largo y de 3 a 5.5 cm. de ancho, con pecioluclos de 0.5 cm. hasta 1.2 cm. de largo, 2 a 8 pares, usualmente oblongo a oblongo lanceolados u ovado lanceolados, algunas veces elíptico ovados, ápices agudos o muy cortamente acuminados, bases irregulares, truncadas, redondeadas o su cordadas. Ambas superficies de los folíolos son glabras, de color verde oscuro brillante; venación secundaria prominente en la superficie superior, la terciaria hendida y oscura. (Quevedo 1986)

Flores unisexuales, inflorescencias axilares o subterminales, por lo general más cortas que las hojas, glabras, de 10 a 20 cm de longitud, con ramificaciones laterales cortas. Flores con pedicelos de 1.5 mm. De largo, glabros. Cáliz penta lobulados, lóbulos anchamente redondeados de 1 a 1.5 mm. de largo, márgenes ciliados, pétalos 5, libres de 4.5 a 6 mm de largo y de 2 a 2.5 mm. de ancho, oblongos a ovados oblongos, glabros y con margen ciliado. Tubo estaminal cilíndrico. Ovario globoso, glabro, tetra, pentaloculares, lóculos con 10 a 14 primordios seminales. Flores pequeñas de color cremoso amarillo (Quevedo 1986).

Fruto en cápsula erecta, alongado a elongadoovocide, a veces periforme, marrón grisáceo de superficie lisa o con verrugas muy pequeñas, 10 a 22 cm. de largo y 6 a 10 cm. de diámetro, tetra o pentavalvados, siendo las valvas externas leñosas de 6 a 8 mm. de grosor. Los frutos de la caoba son del tamaño de un puño cerrado con cinco gajos. Dichos frutos maduran durante la estación lluviosa y caen durante la estación seca antes de que recomience la floración, liberando 45 a 60 semillas aladas. La fecundidad aumenta gradualmente con el tamaño del DAP, llegando a 130 cm; un individuo con este diámetro produce 600 cápsulas de frutos en un único año, o aproximadamente 33 semillas. La intensidad de la fructificación varía considerablemente de un año a otro.

Semillas marrón oscuros brillantes de 7.5 a 12 cm. de largo incluyendo las alas. Las semillas germinan entre el 35 y 90%, en viveros, la germinación se produce

entre los 20 a 28 días, en los viveros las plantas permanecen entre 6 a 12 meses hasta que alcancen un desarrollo de 0.5 m. de altura y 2.5 y 5.0 cm. de diámetro en el cuello de la raíz (Ravelo y Palacios 2005).

La viabilidad de la semilla en el momento de la dispersión es generalmente del 90%. Las semillas no tienen mecanismos de latencia a largo plazo, pero pueden sobrevivir de cuatro a seis meses durante el período seco y hasta diez meses en condiciones de sequía y frío. La germinación es “hipogea” y generalmente ocurre dentro de un período de diez días después de que la semilla ha sido plantada, continuando durante tres semanas, con un tiempo promedio de 28 días entre la siembra y la germinación total. La disponibilidad de humedad, conjuntamente con el fin de la estación lluviosa acelera la germinación, aunque los mecanismos exactos permanecen desconocidos. Para que las semillas sean embebidas por el agua, es necesario un período prolongado de humedad; las primeras germinaciones en bosques cerrados ocurren en los micro sitios donde la humedad queda retenida durante las primeras semanas completas de la estación lluviosa. Si las primeras lluvias están separadas por “mini-sequías” a lo largo de algunas semanas, las semillas germinan en poblaciones uniformes dentro de un único árbol porta-semillas. La germinación bajo cobertura cerrada en bosques abiertos ha sido documentada en tasas entre 35-60%, con la humedad aparentemente acelerando la respuesta. La germinación requiere luz abundante, correspondiendo al tamaño mediano para grandes claros. Sin embargo, las semillas son corrientemente encontradas en condiciones de sombra moderada, cerca de los árboles adultos. (Alvarenga y Flores, 1988)

Las semillas sufren la acción de los predadores en el propio árbol, donde monos y araras se alimentan de los frutos dentro de cápsulas. Animales tales como la paca y roedores comen las semillas en el piso. Las semillas son altamente astringentes, sugiriendo que componentes secundarios protectores puedan ser un importante mecanismo de defensa. No se sabe hasta qué punto esa protección se extiende a las mudas (De Barros y Brandy 1975).

La caoba es una especie heliófila pero en su juventud tolera la sombra leve, desde los 15 años empieza a fructificar con regularidad llegando a su máximo alrededor de los 30 años. Muchas semillas germinan después del aprovechamiento forestal en sitios con adecuada humedad del suelo y buen drenaje, pero la caoba presenta un débil desempeño en la competencia con la regeneración avanzada de otras especies, excepto después de grandes disturbios (Malk, 2005).

En otro aspecto, se debe analizar el crecimiento que tendría la especie en plantaciones, las que se ubican siempre en terrenos de hábitat natural, y para ello se expone tablas de desarrollo en promedio para América:

Cuadro N° 1. Pronóstico de desarrollo de la mara en plantaciones

| Edad años plantación | Diámetro en centímetros | Altura en metros |
|----------------------|-------------------------|------------------|
| 1 | 2 a 3 | 1.5 a 2 |
| 2 | 3 a 4 | 3 a 3.5 |
| 4 | 8 a 10 | 5 a 5.5 |
| 6 | 15 a 18 | 7 a 7.5 |
| 10 | 23 a 25 | 12 a 14 |
| 15 | 33 a 37 | 17 a 20 |
| 20 | 50 a 54 | 20 a 22 |

Fuente: Malk (2005).

En relación a datos logrados con información obtenida de Internet, se puede apreciar a continuación comparaciones de crecimiento, considerando los datos anteriormente expuestos, tablas de estudios en México y con el análisis de tasas de crecimiento más elevadas que fueron encontradas (Malk 2005).

Poco se sabe sobre los procesos fisiológicos que determinan el crecimiento de la caoba. Como se trata de una especie decidua con considerable variación del tamaño de las hojas y textura, de acuerdo con el sitio, la caoba evita y tolera al mismo tiempo el stress hídrico. El desplazamiento de los nutrientes ocurre aparentemente antes del cambio de color de las hojas, tal como queda

evidenciado por el cambio de coloración, que pasa de verde oscuro a rojo. Ya que la floración y la caída de las hojas se producen antes del final de la estación seca, durante la estación de las lluvias los carbohidratos y el agua pueden ser acumulados y almacenados dentro de las raíces; la asimilación continúa durante la estación seca con las raíces retirando agua del suelo profundo (napa freática). El color de la madera y las propiedades astringentes de la savia y semillas atestiguan la alta tasa de inversión en los componentes secundarios para finalidades anti-hongo y herbívora, un tratamiento común en las Meliáceas (Cozzo, 1976).

La caoba está fisiológicamente equipada para ambientes extremadamente luminosos asociados con la apertura de claros, pero no necesariamente a pleno sol. Se describen las mudas como heliófilas que necesitan de abundante luz para crecer. A pesar de que ellos hayan documentado densidad de 300 mudas por hectárea alrededor de adultos reproductivos, no ha sido observada ninguna acumulación de bancos de mudas a largo plazo. Se estima que las mudas pueden sobrevivir seis años como máximo dentro de las condiciones de cobertura cerrada. Se descubrieron mudas con densidades de hasta 250 individuos por 0,5 hectáreas en las áreas inmediatamente adyacentes a los árboles madres, aunque la mayoría de los árboles tuvo poca o ninguna regeneración. Ellos documentaron 18% de sobrevivencia para mudas establecidas naturalmente en áreas forestales cerradas después de diez meses y 28% de tasa de sobrevivencia para las mudas plantadas (Ravelo y Palacios, 2005).

Estudios experimentales sobre el crecimiento y la sobrevivencia de las mudas de caoba en México y Costa Rica confirman la preferencia de dicha especie por ambientes de elevada luminosidad en la edad inicial. En un estudio de siete años en bosques húmedos cercanos a Veracruz (México), el crecimiento en altura estaba positivamente correlacionado con el grado de apertura de la cobertura, aunque las tasas de sobrevivencia eran las más altas en los niveles intermedios. Estudiando las áreas forestales abiertas en el noroeste de Costa Rica, se descubrió que las tasas de sobrevivencia aumentaban con el nivel de irradiación; después de tres años de crecimiento, las mudas fueron, en promedio, más altas

en ambientes de pasturas, al ser comparadas con bosques secundarios. La mortalidad ocasionada por la actividad predatoria fue mayor en los bosques (Buitrón y Mulliken, 2001)

En bosques naturales, plantíos de enriquecimiento en bosques secundarios y plantaciones, el incremento del diámetro y la altura varían dramáticamente en función del sitio y de las diferencias genéticas de las semillas. En todos los casos, la caoba presenta una gran capacidad de crecer rápidamente. Las tasas de crecimiento en bosques tienden a ser menores que en las plantaciones: 0,14 a 0,36 cm/año. Con pocas excepciones, el crecimiento del diámetro en plantaciones sobrepasa a 1 cm/año; llegando a tasas de 3 cm por año. El crecimiento en altura, generalmente excede 1 metro por año en plantaciones con algunas mudas en Costa Rica, llegando a 5 metros al final del primer año. En México estiman en 122 la cantidad de años necesarios para que el árbol llegue al tamaño comercial de 55 centímetros DAP. En Bolivia calculan 105 años para que un árbol de caoba llegue a 80 cm de DAP.

La regeneración posterior al aprovechamiento maderero es baja. Si se produce alguna regeneración, la elevada densidad inicial de mudas alrededor de árboles expuestos disminuía rápidamente en competencia con el avance de la regeneración de otras especies, reduciéndose generalmente a cero en el período de un año. En Bolivia, se encontró regeneración de la caoba en claros de tres años de edad creados por la explotación de dicha especie, pero no encontró ninguna en claros de nueve años de edad (Campbell, 1996).

5.3.5. Riesgos naturales

Uno de los problemas más comunes en plantaciones de *Swietenia* es el ataque de *Hypsyphylagranda* que provoca deformaciones en los árboles afectados. Este insecto mata el botón terminal, provocando la ramificación del árbol de caoba, con la consiguiente pérdida de la forma del tronco.

El ataque es más frecuente durante los primeros 7 años de vida de la plantación; una medida para evitar el ataque de es plantar pocos árboles de caoba por ha., ejemplo: unos 20 a 100 árboles por ha. En los últimos años hay experiencias exitosas, con los métodos mejorados de control del barrenador de la yema terminal y de otras plagas que atacan la mara (esqueletizador de la corteza y taladrador del tallo). También, debido al diseño de las plantaciones que están mejor conceptualizadas, se busca que las plantaciones se comporten de manera mejorada en comparación a la regeneración natural de las poblaciones naturales de la especie (Gullison yHubbell,1992).

5.3.6. Propiedades organolépticas, físicas y mecánicas

Madera:

- Albura diferenciada, blanco amarillento;
- Duramen color rosado convirtiéndose en pardo rojo;
- Dirección de la fibra recta o ligero contrahilo;
- Grano fino o medianamente fino;
- Mallado fino invisible;
- Particularidad estructura generalmente estratificada;
- Peso húmedo: 700 a 800 Kg./m³.
- Densidad específica: 0.38 gr/cm³
- Masa volumétrica a 12% CH: 625Kg./m³
- Contracción tangencial total: 3.6%
- Contracción radial total: 2.6%
- Carga media de rotura a la compresión a 12% CH: 55N/mm²
- Carga media de rotura a la flexión estática a 12% CH: 98 N/mm²
- Módulo de elasticidad a la flexión a 12% CH 8900 N/mm² (Cozzo, 1976)

Las características tecnológicas de la madera son altamente dependientes de las condiciones medio ambientales, por ello la densidad, color, dureza y textura presentan grandes variaciones, el color cambia de rojizo amarillento marrón a

rojizo marrón oscuro, el brillo natural que posee le confiere su excepcional belleza, la madera con vetado vistoso tiene la mayor demanda sobre todo cuando están estampadas las llamadas pirámides que resultan de las bifurcaciones del fuste.

La albura está señalada para ser resistente mientras que el duramen está destacado por tener alta durabilidad, y es resistente a la putrefacción de hongos marrón y blancos. Es clasificado como moderado resistente al ataque por las termitas de la madera seca. La caoba está señalada para tener resistencias muy buenas al desgaste por la acción atmosférica que hace una opción muy buena para la construcción de barcos.

La caoba es muy popular y se utiliza a menudo como el estándar al describir a otras especies. Sus características de fuerza están señaladas para ser variables debido a diferencias amplias en densidad, pero la madera tiene una buena relación de transformación de fuerza-a-peso. Tiene resistencia relativamente arriba de la flexión en las condiciones aire-seco (contenido de agua de cerca de 12 por ciento), y fuerza de machacamiento media, tiesura y resistencia muy bajas a las cargas del choque. La dureza y el peso se clasifican como moderados, y la densidad es alta. Es fácil trabajar con las herramientas de mano y de máquina. Toma muy bien el barniz o el pulimento y es fácil de pegar

La madera puede ser secada al horno fácilmente sin el combeo apreciable. El horario T6-D4 del horno se sugiere para 4/4 terraja y T3-D3 para 8/4. Contracción de madera recién cortada a secada por el horno: parte radial 3,0%; tangenciales 4,1%; volumétricos 7,8% (Malk, 2005).

5.3.7. Usos de la madera de caoba

La facilidad de trabajo, belleza y durabilidad natural de la madera de caoba, ha hecho de esta especie, la más importante fuente de materia prima para la elaboración de muebles a nivel mundial. La madera de caoba sirve para elaboración de láminas para chapas decorativas, muebles de alta calidad,

ebanistería interior, pianos, modelaje industrial, bloques de grabado, instrumentos musicales, interiores de barcos, tallas, esculturas (Quevedo, 1986)

La caoba se sitúa entre las doce maderas superiores para los muebles en el mundo. Debido al inmenso tamaño del árbol está fácilmente disponible en anchuras, espesores y longitudes grandes. Su color cálido y vivo y textura suave, se tiñe y pule a un lustre natural hermoso, forman la primera opción para paneles de madera de grado arquitectónico e interiores. Popular en los años 50, la caoba está haciendo una reaparición debido a una nueva atracción a las maderas "rojas". (Ravelo y Palacios 2005)

La caoba trabaja bien con las herramientas de mano y máquina. Sus cualidades técnicas excepcionales la hacen la madera de opción para la fabricación de modelos. La caoba no es barata pero el precio varía extensamente dependiendo de grado, de color, de figuras, y del lugar de origen. Además de su uso para la joyería fina, las chapas, los interiores decorativos y el modelo que hace la caoba se utiliza en construcción naval y para los interiores finos del barco. También se utiliza para los objetos de arte y artesanía en madera de precisión tal como pianos, instrumentos musicales y cajas de instrumentos.

5.4.Regeneración natural

5.4.1. Árboles semilleros

Los árboles madres o semilleros pueden ser seleccionados en rodales naturales, plantaciones, jardines botánicos o huertos de semillas forestales.

Se establecen especialmente a fin de controlar el origen y asegurar una fructificación regular cuando la cantidad de semilla requerida por año es muy grande, la cosecha en rodales naturales o plantaciones es muy caro o difícil (López *et al.*, 1997).

Según Lamprecht (1990), la selección de las características a evaluar depende de la especie, la edad de los rodales y el objetivo de la producción. Algunas variables

como las reproductivas y las de la madera, no se evalúan hasta que el árbol alcance una cierta edad mínima. En algunas especies ciertos defectos o plagas son tan importantes que requieren de una evaluación por separado. Tal es el caso del barrenador de las meliáceas (*Hypsiphyllograndela*). Por lo tanto, es imposible dar una lista de características que se evalúan en todas las circunstancias. Sin embargo, existen algunos riesgos que se incluyen en la mejora de evaluaciones para la selección de árboles semilleros, tales como:

- Altura total
- DAP (diámetro a la altura del pecho)
- Forma del fuste, con énfasis en rectitud y circularidad
- Ramificaciones
- Libre de plagas y enfermedades
- Edad de floración y fructificación

Un estudio desarrollado en Quintana Roo (México) confirma observaciones previas en cuanto a que los árboles de caoba más grandes producen más semilla que los árboles pequeños.

También, aunque la producción de semilla varía de un año a otro, pocos árboles grandes no produjeron frutos en un año dado, por lo que árboles grandes aseguran la producción de semillas, inclusive en años con baja producción (Carpio 2005).

En un estudio realizado en Abangares (Costa Rica), se determinó que sí hay diferencia significativa en la cantidad y calidad de las semillas según el tamaño del fruto; con base en estos resultados se recomienda recolectar sólo frutos grandes de *Swieteniamacrophylla* King para obtener mayor cantidad y calidad de semillas y plántulas con mayor desarrollo (Gonzales 1973).

5.4.2. Dispersión de semillas

La semilla se dispersa por el viento y se tienen evidencias de que la distancia máxima que alcanza es de 60 m alrededor del árbol madre, con tendencia de mayor concentración de semillas y plántulas en la dirección de los vientos dominantes (Becker, 1973).

La distancia media reportada de dispersión de semilla de caoba es de 36 m en bosque cerrado en Bolivia. Otro agente dispersante de semillas es el agua de las lluvias, el cual hace que las semillas vayan a parar en el río. Frecuentemente, los primeros vientos son tan fuertes que mueven el dosel del bosque como remolino, lo que puede ocasionar una dispersión de semillas en todas direcciones y fuera de la copa del árbol madre. Estudios ecológicos previos muestran un bajo promedio de distancia de dispersión del árbol madre (Becker, 1973).

En otro estudio realizado en Quintana Roo (México), se reportó que después de la época de dispersión de semillas (marzo-abril), fueron encontradas 6 861 semillas en área abierta (84% de semillas teóricamente dispersadas). A los 6 meses de la dispersión de las semillas, se encontraron 1 608 plántulas de caoba en el área abierta (López *et al.*, 1997).

5.4.3. Condiciones para la germinación y crecimiento

La caoba crece en gran variedad de condiciones edafológicas, desde suelos arcillosos hasta suelos con arenas gruesas. El pH preferido se encuentra en un rango entre alcalino y neutro, aunque se conocen plantaciones con buenos resultados en suelos ácidos con pH de 4,5. Con relación a la cantidad de agua en el suelo, la caoba prefiere suelos bien drenados, pero en los climas más secos prefiere suelos con mayor capacidad de retención de agua. Por otro lado, se sabe de plantaciones que sobreviven sin efectos apreciables en suelos que sufren periodos de inundación. La caoba tolera suelos con deficiencias en nutrientes que otras especies no toleran, pero el crecimiento es lento en suelos excesivamente cultivados y con su materia orgánica degradada (Gonzales, 1973).

El hábitat natural de la caoba es el bosque tropical y subtropical de bajura, a altitudes de 50-500 msnm, pudiendo llegar hasta los 1400 msnm, con temperaturas de 22-28°C, con climas secos, húmedos o muy húmedos, donde las precipitaciones oscilan entre 1000 y 2500 mm, aunque se puede encontrar en áreas más extremas, más húmedas o más secas (por ejemplo en bosque seco en Guanacaste, Costa Rica). Puede tolerar estaciones secas de cuatro meses. Sin embargo, una región con una alta precipitación y una estación seca prolongada es menos adecuada para su crecimiento que una con menor precipitación pero una estación seca más corta. Bajo cultivo, ha dado buenos resultados en áreas con precipitaciones de hasta 5000 mm por año, y con temperaturas desde 12 a 37°C. Crecen en una gran variedad de suelos, desde arcillosos a arenosos, pero prefiere suelos aluviales profundos, bien drenados y fértiles, preferiblemente alcalinos a neutros, aunque también puede crecer en suelos ácidos, con pH de hasta 4.5. Se puede encontrar tanto en bordes de sabanas de pino como en bosque lluvioso, pero principalmente en fajas de bosque latifolia do. Ocurre aislada o en grupos, pero raramente se encuentran densidades mayores de 4-8 árboles/ha. En Mesoamérica se comporta como una especie pionera colonizadora en tierras agrícolas degradadas.

5.4.4. Tiempo de germinación

La semilla no requiere tratamientos pre germinativo; se puede sembrar en camas germinadoras para repique posterior o directamente en bolsas, colocando en este caso 1-2 semillas por bolsa, en un lugar ligeramente sombreado. Aunque se han utilizado profundidades de siembra de hasta 8cm, lo más recomendable es enterrarlas a 2-3 cm en el sustrato, ya sea acostada o vertical, con el lado del ala hacia arriba, que es como la semilla está adaptada a germinar en forma natural. Bajo condiciones favorables la germinación comienza a los 10 días de la siembra y continúa por 20 días (Carpio, 2005).

Para uniformizar la germinación de las semillas se recomienda el remojo en agua de 24 a 48 horas, antes de su siembra. El porcentaje de germinación en promedio es del 90% para semillas recién recolectadas. El tiempo necesario para que inicie

la germinación a partir de la siembra es de 1 a 2 semanas, y el necesario para que finalice el proceso es de 6 semanas (Carpio 2005).

5.4.5. Regeneración natural

La regeneración natural de *Swieteniamacrophylla* King, va a depender de la presencia de fuentes de semilla y condiciones aptas para la germinación y desarrollo posterior. Ambas condiciones podrían cumplirse mediante la implementación de un sistema parecido al TSS (Tropical ShelterwoodSystem) utilizado en Trinidad. En este sistema, la regeneración se estimula dejando un dosel abierto de árboles semilleros, para así asegurar la fuente de semilla y a la vez la suficiente luz para permitir el desarrollo posterior de la regeneración. (Becker, 1973).

Un experimento realizado por el CIFOR con el objetivo de evaluar las maneras de regenerar rodales de caoba, plantados o naturales, en condiciones favorables se comprobó que el mayor crecimiento correspondía a los claros mayores. Todas las plántulas plantadas en parcelas de control en la espesura del bosque habían muerto a los cinco años, lo que confirmó la inutilidad de las plantaciones de enriquecimiento en lugares con bastante sombra (Lamprecht, 1990).

Después de siete años de investigación colaborativa sobre la regeneración de mara en los bosques de la Selva Maya-México, se concluyó que los árboles de caoba se establecieron y crecen bien en aperturas relativamente grandes (superficies alrededor de 5 000 m²) que fueron abiertas con maquinaria o por roza, tumba y quema. En dichas aperturas la regeneración de la *S. macrophylla* King, sea ésta natural, de semilla sembrada o de plántulas, es favorecida, siempre y cuando ésta se establece poco después de abrirlas. Las plántulas de caoba no sobreviven bajo el dosel del monte (Lamprecht, 1990).

En Quintana Roo (México), se realizó un estudio con el objetivo de observar el efecto de la remoción parcial del dosel superior sobre la regeneración natural de *Swieteniamacrophylla* King. Después de 4 años no se encontraron diferencias

estadísticas significativas entre las intensidades de corta, los resultados indican que donde se removió el 45% del área original se obtuvo la mejor repuesta (Gullison y Hubbell, 1992).

5.4.6. Condiciones para el establecimiento de las plantas

En Belice, se comprobó en un área de 100 ha que dejar árboles semilleros no es suficiente para asegurar el establecimiento de la regeneración natural de caoba, sino que se requieren tratamientos silviculturales de apertura del dosel para garantizar las condiciones adecuadas para el establecimiento de las plántulas. Cerca del 40% de las semillas lograron germinar y establecerse en áreas completamente abiertas aún dos años después de los tratamientos, cuando se había establecido una alta densidad de plántulas de regeneración natural de otras especies (López *et al.*, 1997).

También en Belice, se evaluó la factibilidad de asegurar la regeneración de la caoba mediante el enriquecimiento de claros producidos por la extracción de árboles, en el cual se confirmó que el establecimiento de plántulas de caoba a partir de semillas sembradas puede ser inseguro. Después de 4 años, solamente 15% de las semillas sembradas en claros estaban representadas por una plántula. El mayor rendimiento de plántulas vivas después de 4 años (41%) fue a partir de plántulas plantadas. Ya a los 4 años, los claros estaban casi cerrados, probablemente es la razón por la cual la relación entre el crecimiento de las plántulas de caoba y el tamaño del claro fue más fuerte durante el primer año que después de 4 años. Es notable que los claros grandes se cierran con la misma o mayor rapidez que los menores (Carpio 2005).

5.4.7. Tratamientos silviculturales

Con el fin de evaluar los tratamientos silviculturales que favorecen la regeneración de la caoba en la Selva Maya se establecieron dos experimentos: en Belice y México. Los resultados confirman que las plántulas de caoba pueden sobrevivir bajo un rango amplio de condiciones pero no bajo el dosel, donde 95% murieron en

5 años. Las condiciones creadas por el tratamiento de tumba en México impidieron la supervivencia de las plántulas de caoba, debido a la alta competencia provocada por la abundancia de rebrotes de los tocones de los árboles tumbados. En Belice, donde los árboles tumbados fueron extraídos con maquinaria, los rebrotes no fueron tan problemáticos. Estos estudios confirman que los tratamientos actualmente utilizados en la zona para crear patios de concentración de tocos producen condiciones favorables para la supervivencia y el crecimiento de la caoba (Becker 1973).

Si las condiciones iniciales para la regeneración son las adecuadas, limpiar las plántulas de caoba (quitar la vegetación a su alrededor) no es necesario para estimular su crecimiento, y por el contrario, realizar la limpieza puede provocar un enorme incremento del ataque del barrenador de las Meliáceas (*Hypsipyla grandella*) (López *et al.*, 1997).

VI. APORTE TEÓRICO

6.1. Técnicas a emplear en la reforestación

6.1.1. Producción por semilla

a) Recolección:

Las semillas se recolectan directamente del árbol, mediante el escalamiento del mismo, utilizando una vara podadora para cortar las ramas con el fruto maduro. Los frutos se deben recolectar antes de que estos abran, ya que cuando esto sucede se dificulta la recolección de las semillas desde el suelo debido a que son dispersadas por el viento.

El mejor momento para la recolección es justo antes de que las cápsulas se abran y dispersen las semillas. Por tanto se recomienda recolectar las cápsulas del árbol cuando están casi maduras (color café).

b) Procedencias

En el CINTA-ACBN, en la producción de plantas a nivel de vivero, ha utilizado semillas provenientes de los bosques naturales del departamento Pando, localizado a una altitud de 200msnm.

c) Manejo de frutos y semillas

En el lugar de procesamiento, se colocan los frutos al sol sobre mantas de lona o bien sobre láminas o en patios de secado por un período de dos a tres días a pleno sol, lo que facilita la separación de las semillas de los frutos. Con el fin de eliminar impurezas, manualmente se separan las alas de las semillas, las que quedan listas para la siembra o almacenamiento.

d) Calidad física de la semilla

Un fruto contiene un promedio de 48 semillas de 1.5 a 1.8 cm de diámetro y un promedio de 3.5 cm de largo, éstas son de color café. Un kilogramo contiene un promedio de 2100 semillas, las cuales poseen una capacidad germinativa promedio de 86%.

e) Almacenamiento

La semilla recién recolectada tiene un promedio del 86% de germinación, la cual descende rápidamente almacenada en condiciones ambientales normales.

Para conservar el poder germinativo durante 2 o más años, si se almacenan a 4 °C, aproximadamente, almacenadas estas semillas a 4°C es posible conservar la viabilidad por más de 5 años.

La semilla de esta especie pierde su viabilidad en 45 días sino se almacena debidamente. Sin embargo, si se almacena en latas con carbón en polvo y éstas se entierran 40 centímetros bajo el suelo, la viabilidad dura hasta 132 días, con un 70 a 72% de germinación.

6.1.2. Producción en vivero

a) Siembra y germinación

Las semillas se siembran en envases previamente llenos con tierra arenarcillosa, rica en materia orgánica, colocándolas hasta unos 3 ó 4 cm de profundidad, con la parte donde está alojado el embrión hacia abajo y el ala hacia arriba. Se ha observado que en las semillas sembradas en suelo arcilloso, o bien en las colocadas muy profundamente, queda la plúmula al producirse la germinación, oprimida por los cotiledones y se forma el llamado "Cuello de ganso". Para evitar esta anomalía algunos viveristas colocan las semillas que deben germinar en un "Lecho de germinación" de aserrín y cuando la semilla germina, siembran una en cada envase, colocando la radícula en posición vertical.

La germinación de la semilla de Caoba es epígea; se inicia entre 15 a 20 días después de la siembra y se prolonga por espacio de 30 días o más. Si se siembran las semillas a principios de febrero, las posturas alcanzan buen tamaño para ser plantadas al establecerse las lluvias, en junio o principios de julio.



b) Repique

Después de la germinación, el repique se realiza de los 25 hasta 34 días, cuando las plántulas presentan dos pares de hojas verdaderas.

El repique se realiza en bolsas negras de polietileno de 7" x 8", preferiblemente en las primeras horas de la mañana o últimas de la tarde. Antes del repique debe aplicarse un riego por aspersión a las cajas germinadoras para facilitar la extracción de las plántulas y evitar daños en el sistema radicular, y otro riego inmediatamente después del repique para obtener mayor prendimiento (96%).

c) Plagas y enfermedades

En la zona norte de Honduras, aparte del ataque localizado de zompopos (*Attasp*), no se ha observado daños de plagas ni enfermedades en vivero.

d) Manejo de plántulas

Después del repique, las plántulas permanecen bajo umbráculos con una sombra promedio de 50%; después de tres a cuatro meses son trasladadas al área de lignificación en la cual permanecen de tres a cuatro meses más.

Los riegos se aplican por aspersión, diariamente, preferiblemente por la mañana, debiendo intercalarlos en el área de lignificación y suprimiéndolos 20 días antes de ser trasladadas al área de plantación; con esto se logra obtener plantas

resistentes y un mayor prendimiento. El tiempo normal de producción en viveros es de 7 a 8 meses.



6.2. Manejo silvicultural de la especie

6.2.1. Establecimiento de plantaciones

a) Preparación de terreno

La preparación del sitio para plantar mara es la normal según los requerimientos del lugar. Para plantarla en campo abierto: eliminación total de vegetación o maleza existente, colocar la maleza en hileras sin hacer uso de fuego.

Para enriquecimiento de bosques de segundo crecimiento: tala del arbolado en corredores de 3 ó 10 m y distancia entre plantas de 3 m, para tener una densidad de plantación de 333 plantas/ha y para plantar en hilera, o desmonte de pequeñas superficies para plantar en grupos.

b) Espaciamiento en plantaciones puras

El espaciamiento inicial de la plantación, varía desde 2.5 x 2.5 m hasta 3.5 x 3.5 m. Si se planta en campo abierto, el CINTA-UAP en sus plantaciones experimentales ha utilizado un espaciamiento inicial de 5 x 5 m lo que permite efectuar 3 raleos antes del turno final. Se han establecido parcelas a distanciamiento de 9x 9 m y

entre espacios se plantó otra especie latifolia da nativa, en esta parcela se están tomando datos para evaluar el comportamiento de esta especie y la incidencia de ataque del gusano barrenador.

Aunque se han establecido plantaciones en varios países a espaciamientos de 2-3 m entre árboles, las plantaciones puras generalmente no son recomendables en esta especie, especialmente en áreas donde se esperan ataques severos del barrenador.

Hay evidencias de que la presencia de sombra lateral reduce el daño de la plaga, de manera que se puede recurrir a varias opciones, entre ellas: mezcla con otras especies arbóreas de crecimiento más rápido (ej. leucaena); plantación en hileras dentro de bosquetes jóvenes totales; o eliminación de malezas en carriles a lo largo de las líneas de plantación, dejando una franja con malezas en el centro, para permitir el desarrollo de barreras naturales entre las hileras de los árboles. La primera opción tiene la ventaja adicional de que los otros árboles pueden proporcionar ingresos a menor plazo, mientras se completa el turno comercial de la maha.

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

Otro sistema que ha sido utilizado es la plantación de enriquecimiento de bosques. En este caso se limpian franjas de unos 2 m de ancho en el bosque, espaciadas a 10-12 m entre franjas, y se planta la caoba a lo largo de las franjas, típicamente a espaciamientos de 2-5 m, dependiendo de la intensidad de manejo que se pretenda dar a la plantación; espaciamientos menores requerirán raleos en menor tiempo. Por lo general, se respetan árboles vigorosos y de buena forma de otras especies valiosas que ocurran a lo largo de las franjas. Este sistema es ideal para bosques que han sido sobre explotados y/o contienen pocas especies de valor.

c) Cuidados en la plantación

Las principales atenciones de cultivo que requieren estas plantaciones son: reposición inmediata (3 meses) de las plantas muertas; limpieza de las malas hierbas durante los primeros años; en caso de plantación de enriquecimiento, mantener abierto el dosel, mediante la supresión de las ramas y, en caso necesario, de los árboles que impidan a las plántulas crecer; debe protegerse la plantación contra daños que pueda recibir de ganado mayor ya sea por ramoneo o pisoteo de las plántulas.

Es recomendable hacer limpiezas a las plantaciones, por lo menos 2 ó 3 veces en el primer año, 3 en el segundo, 2 ó 3 en el tercero y, en caso necesario, 1 ó 2 en el cuarto. A partir de esa edad, se pueden suspender las operaciones de limpieza, si el crecimiento es bueno; pero si hay abundancia de plantas trepadoras dentro de la plantación, se debe continuar cortándolas y evitar que, en ningún momento, se enreden en las copas de los árboles. También hay que mantener completamente despejados los claros de luz en el dosel, a fin de que las caobas jóvenes reciban la iluminación necesaria para su buen desarrollo.

La mara es una especie que tiene la capacidad de auto podarse satisfactoriamente pero, a veces es necesario realizar podas de algunas ramas verdes que quedan en el fuste. En parcelas establecidas en el sitio experimental, a una edad de 72 meses; la copa de los árboles empieza a cerrarse entre sí, por lo que se prevé el primer raleo a los 84 meses de edad, será ésta la primera experiencia en raleos con Caoba. Se pretende un segundo raleo a los 13 ó 14 años y un tercero entre 20 y 22 años y un turno final a los 30 años.

Mundialmente es conocido el problema del ataque severo de *Hipsyphylla grandela* a las plantaciones de mara, la cual hasta el momento en nuestro medio no ha podido ser eliminada; se han establecido ensayos de fertilización en plantaciones pequeñas para conocer la incidencia del ataque de *Hipsyphylla* contra plantas no fertilizadas y, así mismo, se han establecido parcelas utilizando plantas con un promedio de altura de 1.75 m.

6.2.2. Desarrollo de la especie

a) Crecimiento de Caoba en plantaciones puras

Para la elaboración de la tabla de volumen de mara, se utilizaron las plantaciones jóvenes del CINTA-ACBN-UAP. Se usaron mediciones de 10 árboles.



Parcela experimental de Caoba a los 18 meses de edad

Con los datos tomados en las plantaciones del CINTA-ACBN-UAP, se obtuvo la fórmula general de volumen $Vol_{sc}(m^3) = 0.002801 + 0.00002360 * [DAP_{cc}(cm)]^2 * ALT(m)$ y el factor de forma para plantaciones jóvenes.

Factor de forma: $FF = 0.41$

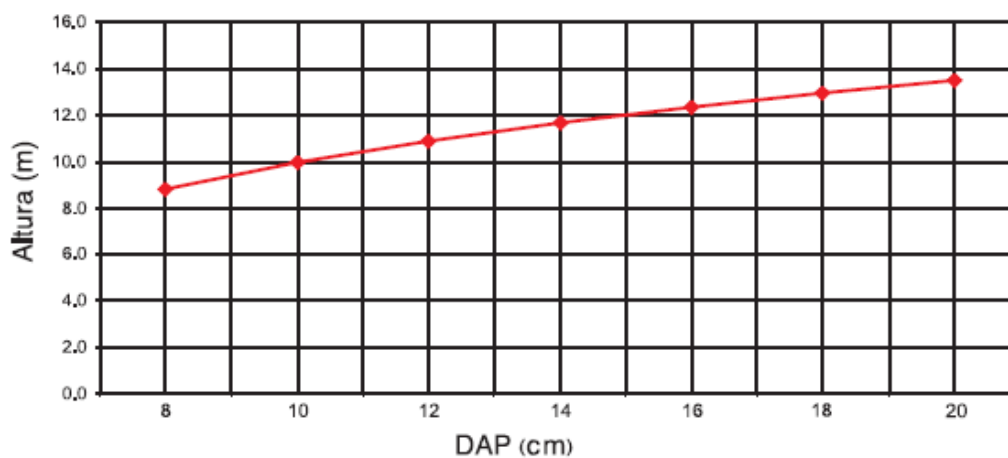
Cuadro N°1. Tabla de volumen por clase dimétrico

| DAP (cm) | ALT. EST. (m) | VOL. PLANTA (m ³) |
|-------------|------------------|----------------------------------|
| 8 | 8,8 | 0,016 |
| 10 | 10,0 | 0,028 |
| 12 | 10,9 | 0,040 |
| 14 | 11,7 | 0,057 |
| 16 | 12,4 | 0,070 |
| 18 | 13,0 | 0,102 |
| 20 | 13,5 | 0,230 |

Fuente: Quevedo (1986)

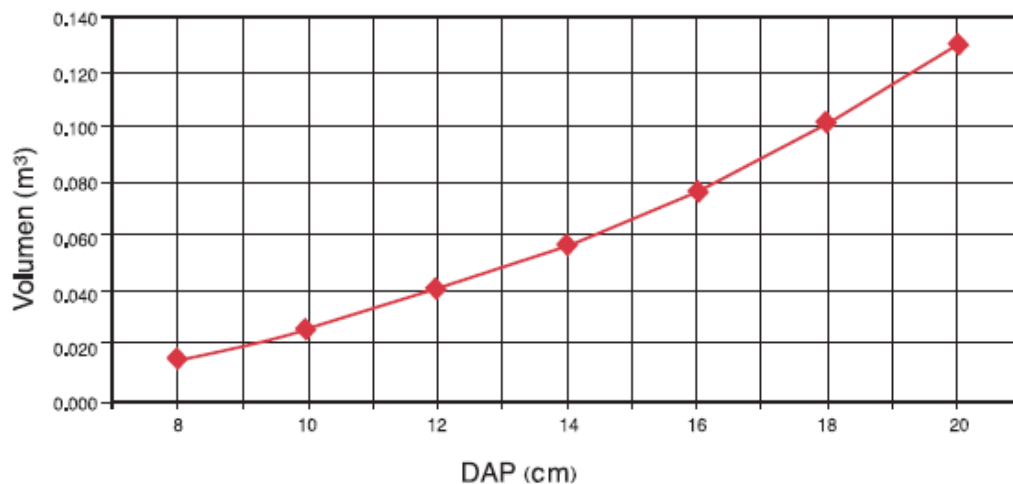
Cuando la Caoba alcance un DAP de 20 cm y una altura de 13.5 m, el volumen por árbol será de 0.130 m³, como se observa en la tabla de volumen por clase diamétrica.

Gráfico N° 1. Relación Altura-DAP en plantaciones jóvenes



Fuente: Quevedo (1986)

Gráfico N° 2. Relación DAP-volumen en plantaciones jóvenes



Fuente : Quevedo(1986)

b) Crecimiento en sistemas agroforestales

En la región amazónica no se conocen experiencias del establecimiento de mara en sistemas agroforestales. Alguna información se ha obtenido de plantaciones en linderos, donde el crecimiento diametral es de 42.1 cm y altura de 18.8 m a la edad de 8 años, estos resultados se han obtenido en el CINTA, municipio de Porvenir-Pando.

6.3. Manejo

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

La mara muestra un auto poda bastante satisfactoria, sobre todo en sistemas con sombra lateral, pero en espaciamientos amplios puede ser un problema la aparición de una copa baja que deja un fuste corto. Los árboles plantados para

aserrío deben podarse para dejar un fuste único, largo y limpio de ramas, dejando el follaje necesario para el buen crecimiento del árbol.

En el caso de podas sanitarias ante ataques del barrenador, estas se deben hacer en dos pasos: primero eliminando el brote dañado o atacado, y unos tres meses después, una vez que se ha definido el eje dominante, eliminar los otros. Esto evita la formación de bifurcaciones en la parte baja del árbol, que será la más valiosa desde el punto de vista maderable.

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

6.4. Protección

El ataque por el barrenador *Hypsipyla grandella* es un problema muy serio en vivero y plantaciones siendo aún más severo en la época lluviosa.

Es por tanto el mayor limitante al establecimiento de caoba en la Amazonía boliviana. Es posible reducir el ataque mediante la plantación mezclada con otras especies forestales, plantaciones en hileras en charrales, tacotales o en líneas de enriquecimiento en el bosque, y realizando un manejo cuidadoso dirigido a mantener el máximo vigor durante la época inicial.

El árbol es más susceptible en los 2-3 primeros años, principalmente porque en árboles de más edad y con más follaje, el ataque se diluye entre muchos otros posibles sitios de ovoposición, y notando en el eje principal. Las podas no son un método preventivo, pero son eficientes para atenuar el efecto de los ataques. Se han identificado varios enemigos naturales del barrenador, incluyendo parasitoides y depredadores, pero estos no logran un control eficiente en plantaciones. También han sido identificadas varias sustancias que afectan el comportamiento del insecto, incluyendo atrayentes, repelentes y disuasivos, pero su uso aún se encuentra bajo investigación.

A veces ciertos escarabajos (*Xylosandruscompactus*) pueden causar daños al hacer pequeñas perforaciones en la madera, reduciendo su valor para usos decorativos.

VII. CONCLUSIONES

El análisis de la bibliografía relacionada con el manejo de la especie y las características de la región, permiten efectuar las siguientes conclusiones:

- El municipio de Puerto Rico, ubicado en plena región amazónica de Bolivia, caracterizada por un bosque tropical húmedo, reúne las condiciones climáticas para el desarrollo de la Mara (*Swieteniamacrophylla* King.), lo que constituye una potencialidad para el aprovechamiento racional de uno de los recursos naturales con que cuenta el departamento y la región.
- El aprovechamiento selectivos de especies forestales (Mara, Roble o Tumi y Cedro) en las últimas décadas y la falta de políticas de reforestación, hacen necesaria la formulación de propuestas orientadas al manejo sostenible de estas especies, con fines ambientales, económicos y sociales, toda vez que el hombre amazónico es extractivista por naturaleza.
- A pesar de ser considerada la *Swieteniamacrophylla* King como especie en peligro, las normas vigentes a nivel nacional y específicamente en el sector forestal no son suficientes, o las instituciones responsables de hacer cumplir, no cuentan con los suficientes recursos, logísticos, humanos y financieros, situación que es aprovechada por los propietarios de las empresas privadas que solo buscan el mayor beneficio económico.
- La propuesta de reforestación de la Mara en el municipio de Puerto Rico, debe contemplar los siguientes componentes: a) evaluación de las poblaciones remanentes, b) Investigación silvicultural sobre la mara, c) sensibilización sobre el valor de la Mara, y d) formación de recursos humanos.

- Se propone además, implementar estrategias de: Aprovechamiento, manejo silvicultural y procesamiento de la mara; Plan de plantaciones de mara en el departamento Pando y, Plan de reforestación con Mara.

VIII. RECOMENDACIONES

Consideramos que se deben implementar las siguientes medidas para la reforestación con la mara:

- Conservar de árboles padres de Mara en grupos para asegurar la producción de semillas, dado que en esta especie se produce la polinización cruzada y así evitar también problemas de endogamia.
- Para la producción del material vegetal a emplear en la reforestación utilizar las semillas producidas en los árboles padres de los bosques naturales del departamento Pando.
- Evitar la corta de los árboles de Mara demasiado grandes que estén huecos o tengan forma deficiente, ya que no será productivo y mejor calificación tendría dejarlo como árbol semillero.
- Estipular la tumba dirigida de los árboles de Mara, a fin de abrir espacios para la regeneración natural, esta dirección de caída de los árboles debe ser tomando en consideración la orientación que el viento tiene durante las épocas secas.
- Incrementar las verificaciones de control del aprovechamiento y del manejo de la regeneración natural, plantaciones y de los árboles remanentes de Mara.
- Capacitar a los pobladores del área rural en las técnicas de reforestación con mara de sus áreas degradadas.

IX. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Alvarenga, S., y E. M. Flores. 1988. Morfología y germinación de la semilla de caoba, *Swieteniamacrophylla* King (Meliaceae). Revista de Biología Tropical 36(2a): 262-267.
- BECKER, V. 1973. Microlepidopteros asociados con Carapa, *Cedrela* y *Swietenia* en Costa Rica Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE 108 p.
- Buitrón, X.; Mulliken, T., 2001: El apéndice III de CITES y el comercio de la caoba (*Swieteniamacrophylla*). TRAFFIC International. Quito, Ecuador.
- Campbell de Araújo, V. 1996. Sobre a germinação do mogno (aguano) *Swieteniamacrophylla* King. Unknownsource: 58:69.
- CARPIO, M. 2005. Maderas de Costa Rica: 150 Especies Forestales. San José, Costa Rica. Editorial de la Universidad de Costa Rica. 338 p.
- Cozzo, D., 1976: Tecnología de la forestación en Argentina y América Latina. Buenos Aires.
- De Barros, N., y Brandi R. M. 1975. Observações sobre a ocorrência de ataque de *Hypsipyla* em plantas de mogno, na região de Viçosa, MG. Brasil Florestal 24: 22-25.
- GONZÁLEZ, G. 1973. Propiedades de la madera de algunas Meliaceas de la América Tropical. In Studies on the Shootborer *Hypsipylagrandella* (Zeller), Volumen III. Editado por J.L. Whitmore. Turrialba, Costa Rica.
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE. 116 p.
- Gullison, R.E. y Hubbell S. P. 1992. Regeneración natural de la marea (*Swieteniamacrophylla*) en el bosque Chamines, Bolivia. Ecología en Bolivia 19: 43-56.
- LAMPRECHT, H. 1990. Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas, posibilidades y métodos para un desarrollo sostenido. Traducido por Antonio Carrillo.

Eschborn, Alemania. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). 335 p.

LOPEZ, J.; JARA, L.; MESÉN, F. 1997. Variación en Resistencia de Cedrela odorata al ataque de Hypsipyla grandella. Revista Forestal Centroamericana 19(6) : 20-21.

Malk A. 2005. Diagnósticos Sectoriales. El Sector Forestal en Bolivia. Unidad de Análisis de Políticas Sociales y Económicas.

Ministerio de Desarrollo Sostenible (2004) "Informe Nacional sobre el Estado del Medio Ambiente 1996-2001". La Paz – Bolivia.

Quevedo, L. H. 1986. Evaluación del efecto de la tala selectiva sobre la renovación de un bosque húmedo subtropical en Santa Cruz, Bolivia. Master of Science thesis, Universidad de Costa Rica.

Prefectura del Departamento Pando 2007. Plan Departamental de Desarrollo de Pando 2008 – 2015.

Revelo Nixon y Palacios Walter. 2005. Avances silviculturales en la Amazonía Ecuatoriana: Ensayos en la estación biológica Jatun Sacha. Quito Ecuador 172 pgs.

Superintendencia Forestal (2004) Informe Anual 2003. Santa Cruz de la Sierra – Bolivia.

ZONISIG 1997. Zonificación Agroecológica y Socioeconómica y Perfil Ambiental del Departamento Pando. Prefectura del Departamento Pando.