

Evaluación técnica y económica de plantaciones de caoba (*Swietenia macrophylla* King) en Honduras

Jorge Dante Egúez Próxell

ZAMORANO

Departamento de Recursos Naturales y Conservación Biológica

Noviembre, 1999

El autor concede a Zamorano permiso
para reproducir y distribuir copias de este
trabajo para fines educativos. Para otras personas
físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor



Jorge Dante Egúez Próxell

Zamorano, Honduras
Noviembre, 1999

DEDICATORIA

A mi madre Ela

A mi familia

A mi pueblo Charagua

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por estar siempre a mi lado dándome salud, sabiduría y perseverancia para terminar exitosamente esta etapa de mi vida.

A mi familia, por su cariño y apoyo permanente, sin el cual hubiese sido imposible alcanzar esta meta.

Al Profesor Nelson Agudelo, porque sin su ayuda y colaboración este trabajo hubiese sido imposible de realizar; por todos los contactos y personas que con él conocí, por ser más que un profesor, un amigo. MIL GRACIAS PROFESOR.

Al Ing. Joaquín Romero, por todos sus consejos, apoyo brindado en todo momento, por confiar en mí desde el principio y permitirme demostrar lo que soy capaz de hacer. MUCHAS GRACIAS INGENIERO.

Al Ing. Roque Barrientos, por todo el afecto brindado, el apoyo, sus sabios consejos y aportes invaluable para la realización de este trabajo.

Al Dr. George Pilz, por aconsejarme para la vida profesional y darme la oportunidad de terminar exitosamente este trabajo, muchas gracias Dr.

Al Ing. Peter Doyle, quien finalmente hizo posible terminar mi tesis, darme la oportunidad de conocer muchas cosas más y enseñarme a trabajar en equipo para beneficio de todos.

A Gerardo Perez, por su amistad y consejos.

A Luis Caballero, por los conocimientos impartidos y su amistad.

Al Ing. Oscar Ochoa, gracias por su decidido y valioso apoyo para la ejecución de este estudio, cuyos resultados serán de gran impacto para la América tropical y subtropical.

Al Lic. Marco Antonio Rietti, un sincero agradecimiento por su esfuerzo ante la Cervecería Hondureña para conseguir parte del presupuesto requerido para los levantamientos terrestres de la presente investigación. Sin esta ayuda la conclusión del trabajo hubiese sido imposible.

Al Ing. Ciro Navarro, un especial reconocimiento y agradecimiento por su humanitaria acogida en ese importante centro de investigación y enseñanza, llamado Lancetilla. Allí,

se pudo recabar y documentar la más valiosa información de plantaciones exitosas de caoba a nivel de América Central.

Al Ing. Omar Oyuela, un millón de gracias por su enorme acogida en las instalaciones de la Escuela Nacional de Ciencias Forestales (ESNACIFOR). Este gesto incrementará los vínculos de amistad entre ESNACIFOR y Zamorano.

Al Ing. Oscar Ferreira, por su enseñanza en la construcción de funciones y elaboración de tablas de volumen. Mil gracias Ingeniero.

A la Ing. Orfy Arita, un profundo reconocimiento y agradecimiento por su desinteresada colaboración en los aspectos logísticos del estudio.

Al Proyecto de Conservación, Silvicultura y Manejo de Especies Forestales (CONSEFOR), a la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA), a la Estación Experimental Lancetilla, a la Escuela Agrícola Panamericana, al Ing. Enock Burgos, al Ing. Gustavo Morales y al Lic. Marco Tulio Mejía, un especial agradecimiento por facilitar el acceso a las plantaciones de caoba para la toma de datos.

A la Ing. Mirna Belisle y al Centro de Utilización y Promoción de Productos Forestales (CUPROFOR), agradecimientos especiales por su decidido apoyo en el estudio de las propiedades físico - mecánicas de las maderas juveniles de caoba.

A Reinita, doña Martha, doña Gloria de Rojas. Frances F., por su desinteresada colaboración en todo momento, siempre las recordaré.

A don Emilio C., Javier T., Jorge A., Miguel R., Adolfo, Victoriano, Colindres, Rufino, Delfa, Fernando, Carlos A., Rony E., Marlon M., Marlene, Nelson V., Reniery, Saúl, Orfilia y demás personas que colaboraron de una u otra forma y me hicieron pasar buenos momentos, muchas gracias a todos.

A Stefan Fleig, por los momentos gratos que juntos pasamos, por sus consejos y por ser un verdadero amigo en quien confiar, gracias Stefan.

A Claudia Urrutia, por su amistad sincera, su alegría contagiante y colaborar hasta el último momento, muchas gracias Claudia.

A Fernando Menacho, por tu amistad sincera, y porque sin tu ayuda no hubiera sido posible terminar mi presentación a tiempo, gracias Menacho.

A Indiana Ascarunz, por toda su amistad y las clases intensivas de Inglés, sin las cuales hubiese sido imposible obtener mi título.

Al ala de los gorditos: Rony, Jaime, J. Eslaquit, Charris, Sergio, Joaquín G. Anthony B., Mario E., Marcelo C., J. L. Barros, Marco P., Zamir C., Luciano y Dorivar muchas gracias para todos por los momentos que pasamos juntos, éxitos en el futuro colegas.

A mis compañeros y amigos: Margoth, Paola, Carmen U., Rodolfo S., Juan Pablo, Euro, Max, Gonzalo, Guicho, Estuardo, Ignacio, Rodrigo, Jorge C., Carlos C., Gisela P., Miguel M., Rabin G., Rodrigo F., Ek Uk, Roberto E., Kenia D., Fausto C. Y todas aquellas personas cuyos nombres se me escapan, pero contribuyeron hacer más placentera mi estadía en Zamorano.

A toda la Cambonia: por los buenos momentos que pasamos y compartimos, sigan adelante y suerte a todos.

AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES

Agradezco a la República de Alemania, que por medio de la DSE, financiaron mis tres primeros años de estudio del Programa de Agrónomo.

Al Departamento de Recursos Naturales y Conservación Biológica por el financiamiento de mis estudios en el programa de ingeniería.

A Semillas Tropicales – SETRO y Cervecería Hondureña.

RESUMEN

EGÜEZ PREXELL, J. D., 1999. Evaluación técnica económica de plantaciones de caoba (*Swietenia macrophylla* King) en Honduras. Proyecto Especial del programa de Ingeniero Agrónomo, El Zamorano, Honduras .57p.

Plantaciones de caoba de hoja grande (*Swietenia macrophylla* King) fueron evaluadas en cuatro ecosistemas de Honduras: dos transiciones en el bosque seco tropical, la transición térmica fría del bosque húmedo tropical y en el bosque muy húmedo subtropical. Las plantaciones se evaluaron en función de la calidad de la semilla, tratamientos a la masa, ataque del barrenador de las Meliaceae (*Hypsipyla grandela*), crecimiento, rendimiento y rentabilidad. Se evaluaron plantaciones de 3 a 50 años de edad y en los peores sitios (La Soledad y Zamorano, en el bosque seco tropical) el incremento medio anual en altura total fue de 0.7 a 1.1 m y en diámetro a la altura de pecho (dap) de 1.1 a 1.5 cm. En los mejores sitios, en ecosistemas húmedos, el incremento medio anual en altura total varió entre 2.07 y 3.6 m, mientras que el incremento medio anual en dap osciló entre 2.88 – 3.62 cm. Ninguna de las plantaciones utilizó semillas certificadas y la mayoría de ellas mostraron deficiencias en tratamientos intermedios. Todas las plantaciones sin excepción fueron atacadas por el barrenador. Ante la deficiencia de funciones y tablas volumétricas para productos intermedios (raleos), se elaboraron funciones con base en 45 árboles utilizando el modelo de variables combinadas. Fundamentados en estas funciones se construyeron las siguientes tablas volumétricas: volumen total sin corteza (m^3), volumen comercial sin corteza hasta un diámetro mínimo de 10 y 4 cm (m^3). Finalmente, con base en una tabla de rendimiento se evaluó la rentabilidad de la plantación utilizando como indicador la tasa interna de retorno que fue del orden de 20% y el flujo neto acumulado, que permitió determinar un periodo de compromiso crítico de 12 años.

Palabras claves: barrenador, funciones y tablas volumétricas, plantaciones comerciales, ecosistemas

NOTA DE PRENSA

Plantaciones de caoba de hoja grande (*Swietenia macrophylla* King): una opción para el futuro

En el período de enero a octubre de 1999, se evaluaron plantaciones de caoba en Honduras desde los 3 a los 55 años de edad, los resultados demostraron que bajo buenas condiciones de sitio, empleo de semilla de buena calidad y manejo apropiado de las masas, el crecimiento y rendimiento de la caoba es simplemente espectacular. La rentabilidad, por lo tanto, determinada mediante la tasa interna de retorno del orden de 20%, se considera bastante atractiva. Bajo esta óptica, las inversiones a largo plazo en bancos verdes "plantaciones forestales con especies de maderas nobles", constituyen una de las mejores opciones para el futuro.

Las plantaciones se evaluaron en términos de fuente de semilla, técnicas de plantación, sanidad de éstas, crecimiento, rendimientos y rentabilidad. A la fecha, la madera de caoba de hoja grande es quizás la de mayor valor económico internacional dentro de las maderas nobles de América. Los aspectos precedentes se conjugan con la presencia de plantaciones exitosas de la especie en diferentes ecosistemas a lo largo y ancho de las Américas.

La caoba de hoja grande, se distribuye naturalmente desde México hasta Bolivia, en tierras bajas y de altitud media, en ecosistemas húmedos y muy húmedos. Su temperamento oportunista, conduce a que en forma natural la especie presente en baja densidad por ha. Este aspecto, complementado con una explotación selectiva de la caoba por calidad de fuste y con una elevada demanda de su madera en los mercados internacionales de calidad están provocando sino la extinción, por lo menos la erosión genética de la especie en los ecosistemas naturales de la América tropical y subtropical.

CONTENIDO

	Portadilla.....	i
	Autoría.....	ii
	Página de firmas.....	iii
	Dedicatoria.....	iv
	Agradecimientos.....	v
	Agradecimiento a patrocinadores.....	viii
	Resumen.....	ix
	Nota de prensa.....	x
	Contenido.....	xi
	Índice de cuadros.....	xiv
	Índice de anexos.....	xv
1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	OBJETIVO GENERAL.....	2
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
2	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1	CARACTERIZACIÓN DE <i>Swietenia macrophylla</i> King.....	3
2.1.1	Taxonomía.....	3
2.1.2	Descripción botánica.....	3
2.1.3	Distribución natural.....	3
2.1.4	Ecología de la especie.....	4
2.1.4.1	Requerimientos climáticos.....	4
2.1.4.2	Requerimientos altitudinales.....	4
2.1.4.3	Requerimientos edáficos.....	4
2.1.4.4	Aspectos fenológicos y de regeneración natural.....	4
2.1.5	Factores limitantes.....	5
2.2	ASPECTOS SILVICULTURALES.....	6
2.2.1	Uso como especie en plantaciones forestales.....	6
2.2.2	Colección preparación y almacenamiento de la semilla.....	6
2.2.3	Producción de plántulas.....	7
2.2.3.1	Producción en camas.....	7
2.2.3.2	Producción en bandejas.....	7
2.2.3.3	Producción con pilón.....	8
2.2.3.4	Producción vegetativa.....	8
2.2.4	Plantación.....	8
2.2.4.1	Preparación de sitio.....	8
2.2.4.2	Siembra directa.....	8
2.2.4.3	Trasplante.....	8
2.2.5	Espaciamientos.....	8

2.2.6	Limpieza.....	9
2.6.7	Fertilización.....	9
2.2.8	Podas.....	9
2.2.9	Raleos.....	10
2.3	CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO.....	10
2.4	✓ SITUACIÓN ACTUAL DE LA CAOBA EN HONDURAS.....	11✓
2.5	ANÁLISIS FINANCIERO.....	12
2.5.1	✓ Costos.....	12
2.5.2	✓ Ingresos.....	13
2.5.3	✓ Flujo de caja.....	13
2.5.4	✓ Tasa de descuento.....	13
2.5.5	✓ Relación Beneficio/Costo.....	14
2.5.6	✓ Valor Actual Neto (VAN).....	14
2.5.7	✓ Tasa Interna de Retorno (TIR).....	14
2.6	✓ ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	15
3	MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
3.1	MATERIALES.....	16
3.1.1	Materiales para el levantamiento.....	16
3.1.2	Materiales para el análisis y procesamiento.....	16
3.2	METODOLOGÍA DE LEVANTAMIENTO.....	16
3.2.1	Reconocimiento terrestre de áreas plantadas.....	16
3.2.2	Diagnóstico de las plantaciones.....	18
3.2.3	Funciones y tablas de volumen.....	18
3.2.4	Información climática de los sitios de plantación.....	19
3.3	METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN.....	19
3.3.1	Evaluación de las plantaciones.....	19
3.3.2	Crecimiento.....	20
3.3.3	Funciones y tablas de volumen.....	20
3.3.4	Rendimiento.....	21
3.3.5	Evaluación financiera.....	21
3.3.6	Procesamiento de datos.....	22
4	RESULTADOS.....	23
4.1	MANEJO DE LA SEMILLA.....	23
4.2	TÉCNICA DE SIEMBRA.....	24
4.3	TRATAMIENTOS SILVICULTURALES.....	24
4.3.1	Plantación.....	24
4.3.2	Limpías.....	24
4.3.3	Podas.....	24
4.3.4	Raleos.....	25
4.3.5	Fertilización.....	25
4.3.6	Control de plagas.....	26
4.4	CRECIMIENTO.....	27
4.5	FUNCIONES VOLUMÉTRICAS Y TABLAS DE VOLUMEN.....	28
4.6	RENDIMIENTO.....	30

4.7	PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE LA MADERA,...	31
4.8	ANÁLISIS FINANCIERO.....	32
5	DISCUSIÓN.....	33
5.1	TRATAMIENTOS INTERMEDIOS.....	33
5.2	CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO.....	33
5.3	FUTURO MANEJO DE LA ESPECIE.....	34
6	CONCLUSIONES.....	35
7	RECOMENDACIONES.....	36
8	BIBLIOGRAFÍA.....	37
9	ANEXOS.....	39

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		
1	Régimen de fertilización para crecimiento rápido de plantaciones	9
2	Características de los lugares de plantación.....	17
3	Rangos de los elementos climáticos de las zonas de vida presentadas en el Cuadro 2, con base en el diagrama para la clasificación de ecosistemas.....	17
4	Características climáticas de los sitios de plantación.....	19
5	Plan preliminar de raleos para las plantaciones de caoba.....	25
6	Plan de fertilización para plantaciones de caoba.....	26
7	Crecimiento en diámetro y altura por sitio, zona de vida y tipo de plantación.....	27
8	Volumen total sin corteza en m ³	28
9	Volumen comercial sin corteza en m ³ hasta un diámetro mínimo de 10 cm.....	29
10	Volumen comercial sin corteza en m ³ hasta un diámetro mínimo de 4 cm.....	29
11	Espaciamientos en línea y en plantación pura de caoba, por sitio y tipo de plantación.....	30
12	Incremento medio anual y volumen esperado por ha, por sitio y tipo de plantación.....	30
13	Resumen de las propiedades mecánicas de la madera juvenil.....	31
14	Resumen de las propiedades mecánicas de la madera adulta.....	31

INDICE DE ANEXOS

Anexo		
1	Formulario para la evaluación técnica de las plantaciones.....	40
2	Formulario para las mediciones de árboles individuales.....	41
3	Formulario utilizado para la cubicación de árboles.....	42
4	Flujo de caja en dólares para una hectárea de caoba.....	43
5	Continuación del flujo de caja.....	44
6	Costos de establecimiento y mantenimiento del primer año de una ha de caoba.....	45
7	Costos de mantenimiento del año 2 y 3.....	46
8	Costos de mantenimiento del año 4 y 5.....	47
9	Costos de mantenimiento del año 6 y 7.....	48
10	Costos de mantenimiento del año 8 y 9.....	49
11	Costos de mantenimiento del año 10 y 11.....	50
12	Costos de mantenimiento del año 12 y del 13 al 17.....	51
13	Costos de mantenimiento del año 18 y del 19 al 29.....	52
14	Costos de mantenimiento del año 30.....	53
15	Inversiones en herramientas y equipos de trabajo.....	54
16	Continuación de las inversiones en herramientas y equipos de trabajo.....	55
17	Costos de industrialización y transporte en dólares.....	56
18	Ingresos en dólares de una ha de caoba.....	57

1. INTRODUCCIÓN

La disminución de la cobertura vegetal es un proceso muy acelerado a escala mundial. Cada año, entre 15 y 18 millones de ha son convertidas en pastizales, áreas de cultivos y otros usos de la tierra. De las tierras deforestadas menos del 10% se vuelven a plantar cada año. Aunque la superficie boscosa bajo protección está aumentando, el futuro de estas masas es incierto debido al rápido crecimiento poblacional y a la sobreexplotación.

Hoy en día, la madera de caoba (*Swietenia macrophylla* King) debido a su belleza y durabilidad es una de las maderas duras neotropicales más importantes en el comercio internacional. Desafortunadamente, la demanda por esta valiosa madera está ocasionando severas reducciones en las poblaciones silvestre donde se encuentra.

La mayoría de los investigadores, explotadores de bosque y campesinos ligados al sector forestal, consideran que la caoba es una especie en vías de extinción. A pesar de su amplia distribución geográfica y de ocupar extensiones relativamente grandes de superficie, la especie es, de hecho, vulnerable a la explotaciones incontroladas, es decir, no sujetas a un modelo de manejo bajo criterios de sostenibilidad.

Como es bien conocido, la casi totalidad de los bosques de tierras bajas de los trópicos y subtropicos de América son masas extremadamente mezcladas. Ello denota que el grueso de las especies de estos bosques tienen una baja densidad por ha. En el caso de la Caoba el valor de esta variable es del orden de 3 a 5 árboles por ha, nunca juntos, sino distribuidos en el área.

En el caso específico de la caoba se combina una baja densidad, con un temperamento oportunista de la especie. Esto es traducible, a nivel de masas latifoliadas maduras, en la presencia de árboles de caoba en estado maduro o sobremaduro, con serias deficiencias de regeneración natural. Bajo tales condiciones, la extinción de la especie es inminente a futuro, si la misma se continua explotando en la forma tradicional de aplicación de un diámetro mínimo de cortabilidad, como único criterio de manejo. Es por esto que es necesario la búsqueda de alternativas de solución, siendo una de ellas las plantaciones forestales. La inversión en un campo de esta naturaleza implica, a nivel de inversionista, demostrar la factibilidad técnica del proyecto y la rentabilidad de su inversión.

Ante una situación tan crítica para una especie de tan alto valor económico, el presente estudio pretende alcanzar los siguientes objetivos:

1.1 OBJETIVO GENERAL

Contribuir a mejorar los conocimientos ecológicos, silvícolas y de manejo actualmente existentes para la especie.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Conocer las diferentes técnicas de manipuleo de la semilla de caoba a nivel de vivero y determinar la mejor alternativa en este aspecto como base para el establecimiento de plantaciones operativas o comerciales.
- Documentar las diferentes técnicas de plantación que para esta especie se tienen en Honduras.
- Evaluar en términos silvícolas y de manejo las diferentes técnicas de plantación.
- Tratar de demostrar que aunque la especie no es naturalmente de hábito gregario, si puede manejarse técnica y económicamente bajo condiciones de plantación.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 CARACTERIZACIÓN DE *Swietenia macrophylla* King

2.1.1 Taxonomía

Familia: Meliaceae

Nombre científico: *Swietenia macrophylla* King

Nombres comunes: caoba, mara, mogno, aguano mahogany, acajou

2.1.2 Descripción botánica

Es una especie decidua que puede alcanzar una altura de 70 m (promedio 30 – 40 m) y un diámetro a la altura del pecho (DAP) de 350 cm (DAP promedio 70 – 130 cm). Árboles maduros tienen copas que pueden llegar a medir 40 m de diámetro; dichas copas tienden a ser irregulares, estando caracterizadas por poseer pocas ramas primarias grandes.

Desde muy delgados, los árboles tienen aletones o gambas cuya altura se incrementa con la altura del árbol; éstos juegan un papel de sostenedores que evitan que los árboles sean volteados. Los troncos libres o fustes miden generalmente 20 – 25 m de altura y en América Central, son espesos, con surcos profundos, corteza casi negra que proporciona una excelente resistencia al fuego después de aproximadamente 25 años de edad. Las hojas son paripinadas, alternas, sin estípula (Killeen *et al*, 1993); son oscuras y lisas, otorgando a la copa un brillo especial, mediante el cual es fácilmente identificable desde el suelo o desde pequeños aviones. Tiene flores unisexuales, dispuestas en panículas axilares. Ambos tipos de flores están en el mismo árbol (especie monoica). El fruto es una cápsula de 15 cm de largo y 7 cm de ancho, de color castaño amarillento a café oscuro, es erecto y se abre longitudinalmente de la base hacia el ápice. La semilla es alada, mide de 6 a 13 cm de largo por 1 a 2.5 cm de ancho y es dispersada por el viento (Killeen *et al*, 1993).

2.1.3 Distribución Natural

La caoba según Lamb (1966), se distribuye desde México (23° N), pasando por la costa Atlántica de América Central, hasta un amplio arco al Sur de la Amazonia venezolana, ecuatoriana, colombiana, peruana, boliviana y brasileña (18°S). En esta área se encuentran condiciones de clima y suelo extremadamente diversas, por lo que la especie presenta una gran variabilidad. Su distribución corresponde generalmente a los

ecosistemas clasificados por Holdridge (1967) como “bosques secos”, con temperatura anual $> 24^{\circ}\text{C}$, 1000 – 2000 mm de precipitación anual, índice anual de lluvias para evapotranspiración 1,0 – 2,0. La caoba también se localiza en bosques húmedos y regiones subtropicales, crece en un amplio rango de altitud que abarca de 0 a 1,600 m, sobre un amplio espectro de suelos: aluviales, alcalinos, volcánicos, metamórficos y material calcáreo y bajo diferentes condiciones de sitios: profundos, rasos, ácidos, alcalinos, bien drenados y arcillosos (Verissimo y Grogan, 1998).

2.1.4 Ecología de la especie

La caoba es una especie de gran plasticidad ecológica abarcando una gran variedad de climas y suelos. Esta especie alcanza su óptimo desarrollo en el bosque seco tropical, pero también se puede extender a zonas de transición del bosque seco subtropical (Quebedo, 1986). Según Lamprecht (1990), esta especie medra tanto en los bosques húmedos siempre verdes (península de Yucatán, Amazonía), como en los bosques deciduos (bosques de Alisos en los llanos Occidentales) y en los bosques ribereños llaneros. (Withmore, 1983) citado por Escalante (1997) indica que su hábitat natural está en las tierras bajas tropicales o subtropicales, secas o húmedas. Por su parte, Quebedo (1986) dice que la caoba crece bien en el bosque húmedo tropical; bosque húmedo premontano tropical; bosque seco subtropical; bosque húmedo subtropical.

2.1.4.1 Requerimientos climáticos. La especie puede cultivarse en un rango de temperatura que va desde los 12°C hasta los 37°C . No tolera heladas ni sequías muy prolongadas. Crece bien donde la temperatura promedio anual oscila entre $23\text{--}28^{\circ}\text{C}$ (Lamb, 1966).

2.1.4.2 Requerimientos altitudinales. El rango de temperatura va a determinar, a largo plazo, su rango altitudinal, el cual se ha reportado es de 50 – 1,400 m (Mayhew y Newton, 1998). Esta especie ha sido observada a los 1,600 msnm¹. La caoba alcanza mejores crecimientos por debajo de los 500 m (Verisimo y Grogan, 1998).

2.1.4.3 Requerimientos edáficos. Su plasticidad en cuanto a suelos le permite establecerse desde los suelos profundos, pobremente drenados, ácidos y arcillosos a bien drenados, alcalinos y aluviales (Quebedo, 1986). Por su parte, Lamprecht (1990) indica que la caoba no tiene mayores requerimientos edáficos; crece tanto en suelos aluviales arcilloso pesados lateríticos, como en suelos superficiales de tipo rendiza. El desarrollo óptimo se produce en suelos profundos fértiles y bien drenados, con un rango de pH de 6.5 a 7.5. Esta especie no tolera el anegamiento (Mayhew y Newton, 1998).

Investigaciones con respecto a los efectos del suelo en el crecimiento de la caoba son limitados.

2.1.4.4 Aspectos fenológicos y de regeneración natural. La caoba es una especie que pertenece al grupo ecológico heliófita, es de hábito no gregario por naturaleza, pero

¹ AGUDELO, N. 1999. Silvicultor principal. El Zamorano, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana (Comunicación personal)

puede crecer bien en plantaciones puras. Los estudios llevados a cabo sobre la estructura poblacional de esta especie han demostrado consistentemente una curva atribuida a poblaciones uniformes (Gullison y Hubbel, 1992).

Esto significa que la mayoría de los árboles de caoba de determinada área tienden a presentar aproximadamente el mismo tamaño, significando que las plántulas fueron establecidas más o menos al mismo tiempo, después de alguna perturbación que provocó la apertura de un gran claro (Gullison *et al.*, 1996).

La regeneración posterior a la explotación maderera es generalmente documentada como pobre o no existente. Quevedo (1986), trabajando en Bolivia, encontró regeneración de 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.

Lamb (1966), afirmó que en sitios favorables (adecuada humedad del suelo y buen drenaje), la caoba presenta un débil desempeño en la competencia con la regeneración avanzada de otras especies, excepto después de grandes disturbios.

Casi todos los autores coinciden en afirmar que la semilla de caoba soporta un poco de sombra para germinar y establecerse inicialmente, hasta el estadio de brinza. Pero a medida que los brinzales se desarrollan, se hacen más exigentes en luz; o sea que es una especie típica de apertura que requiere claros para renovarse. A media luz, sobrevive por un tiempo pero no crece. Si la sombra es muy intensa, puede morir; si sobrevive a la sombra pero permanece así por largo tiempo, pudiera perder la capacidad de reaccionar a la luz (Gullison *et al.*, 1996; Lamb, 1966; Quevedo, 1986).

Otros investigadores indican que dicen que la alta mortalidad de plántulas se debe más que al factor luz, a la competencia por humedad con las especies adultas que se encuentran alrededor de la regeneración establecida.

2.1.5 Factores limitantes

El factor más limitante es, sin lugar a dudas, el suelo. Suelos poco profundos, compactados, arcillosos y con un mal drenaje, limitan el crecimiento de la especie (Mayhew y Newton, 1998). Otro factor limitante es el ataque del barrenador de las meliaceae, lepidóptero del género *Hypsipyla*, de los cuales el más extendido es *H. grandella* (Killen *et al.*, 1993). El ataque es más severo cuando se trata de plantaciones a campo abierto, y es mucho menor cuando se trata de establecer plantaciones abundantes de caoba dentro de otras comunidades vegetales, tales como: enriquecimientos en bosque natural degradado, bandas intercaladas con otras especies latifoliadas e inducción de la regeneración natural, entre otros. Debido a esto se atribuye la carencia de ensayos de progenie por la dificultad de establecer plantaciones (FAO, 1997). Finalmente, la deficiente regeneración natural es otro factor limitante para manejar la especie en su estado natural.

2.2 ASPECTOS SILVICULTURALES

2.2.1 Uso como especie en plantaciones forestales

Durante este siglo la especie ha sido plantada en un amplio rango de sitios y formas, como: claros, terrenos pastoriles, bosque secundario, terrenos agrícolas, entre otros. Las plantaciones pueden ser puras o asociadas con cultivos anuales y perennes.

En 1980 se estimaba que existían 55,200 ha de caoba alrededor del mundo. A pesar de que la información es insuficiente hoy en día se calcula que existen unas 200,000 ha, con la mayoría de las plantaciones establecidas en el Sur y Sur-Este de Asia y en la región del Pacífico (Mayhew y Newton, 1998).

Debido a los problemas con el barrenador de las meliaceas y por encontrarse en el bosque natural, es que el pasado no se habían establecido plantaciones. Según Mayhew y Newton(1998), en Centro y Sudamérica existen pequeñas plantaciones muchas de ellas mezcladas con otras especies. Sin embargo, el potencial que ésta especie presenta para ser manejada en plantaciones esta todavía sub-utilizado.

2.2.2 Colección, preparación y almacenamiento de la semilla

La inaccesibilidad a los árboles naturales de caoba y las relativamente pequeñas áreas de producción de semillas han limitado el abastecimiento de semillas.

Aunque el área de plantaciones maduras aumenta, todavía hay poco abastecimiento de semillas "mejoradas". Por ejemplo, 1.4% de semillas de Fiji es de árboles "mejorados", 33.7% es de plantaciones seleccionadas y 64.9 de árboles no-seleccionados (Mayhew y Newton, 1998).

Existen varias técnicas para recolectar. En Santa Lucía, Puerto Rico y Filipinas las personas suben al árbol y bajan las cápsulas manualmente. Otra forma es recoger la semilla del suelo, aunque ésta tiene menor germinación que las colectadas del árbol (Mayhew y Newton, 1998). En Honduras la semilla que se colecta en el Jardín Botánico Lancetilla se obtienen directamente del árbol.

De acuerdo con Meyhew y newton (1998), los frutos están listos para ser cosechados cuando:

- ⇒ Las cápsulas se contraen a lo largo de las líneas de dehiscencia.
- ⇒ La septa interna cambia de color crema a café pálido.
- ⇒ Todas las semillas son de color café uniformes.

Se conoce también que semillas inmaduras tienen una baja germinación inicial y muestran un rápido decrecimiento en viabilidad durante el almacenamiento.

Las semillas deben ser extraídas de la cápsula tan pronto como son cosechadas, ya que la pudriciones comienzan en 2 a 3 días. El secado previene el ataque de hongos, las cápsulas

inmaduras tienen que ser secadas primero. En Fiji, se ponen las cápsulas en lámparas a temperatura de 38°C por 36 – 48 horas para que se abran. El tiempo necesario para el secado depende de la madurez de la cápsula, humedad y temperatura. En general, el tiempo necesario para el secado de la semilla es del orden de 2 – 7 días (Mayhew y Newton, 1998).

La viabilidad de semilla “fresca” de caoba es de 80 – 90%. Las variaciones se pueden deber a:

- ⇒ Definición de semilla fresca.
- ⇒ Procedimiento de la selección de la semilla. Las semillas grandes tienen un 12% más de germinación y producen plantas con mejores crecimientos.
- ⇒ Condiciones de siembra y del sustrato que se utilice.

La viabilidad de la semilla de caoba se pierde rápidamente si se almacena a temperatura y humedad ambiental por más de tres meses. Las semillas secas y refrigeradas a 2 - 8°C mantienen su viabilidad por más de un año (Mayhew y Newton, 1998).

2.2.3 Producción de plántulas

Hay una considerable variabilidad en tiempo y duración de la germinación, las posibles causas para ésta variabilidad son:

- Semillas frescas. Es recomendable usar semilla fresca ya que mejora considerablemente el porcentaje de germinación.
- Tipo de suelos. Para una buena germinación se requieren suelos oxigenados.
- Humedad del suelo. La semilla requiere suficiente humedad para germinar.
- Compactación del suelo. Cuando la capa de suelo se compacta las semillas no emergen.

La profundidad y la orientación de siembra de la semilla no tienen efecto sobre la germinación. La mayoría de autores manifiestan que la profundidad de siembra varía entre 4 – 8 cm (Mayhew y Newton, 1998).

2.2.3.1 Producción en camas. Generalmente las semillas se siembran en camas de arena. La separación entre hileras puede variar entre 15 – 30 cm dependiendo de la edad a la que se vayan a trasplantar.

2.2.3.2 Producción en bandejas. El uso de este sistema es bien eficiente, pero el aserrín debe ser excluido ya que dificulta mantener los niveles de humedad correcta y puede causar infección con hongos. Las plántulas están listas para el trasplante cuando sale la primera hoja. Inmediatamente después se pasan a bolsas; éstas van a lugares con 70% de sombra por una semana, luego por dos a tres semanas con 30% de sombra y finalmente se llevan a pleno sol hasta el momento de la plantación (Mayhew y Newton, 1998).

2.2.3.3 Producción con pilón. Este es el método más usado en la actualidad en Honduras y en muchos otros lugares. La semilla se deposita directamente en la bolsa, en donde germina y se desarrolla hasta que es trasplantada. La preparación del medio tiene que ser apropiada para evitar que la semilla se pudra por demasiada humedad.

2.2.3.4 Producción vegetativa. Varias especies de Meliaceae pueden propagarse bien de esta forma. Un potencial que presenta la micropropagación es la multiplicación de genotipos resistentes a plagas, ofreciendo una alternativa para vencer al barrenador. Sin embargo, pocos estudios se han hecho con caobas (Mayhew y Newton, 1998).

2.2.4 Plantación

2.2.4.1 Preparación de sitio. La selección del sitio es el punto de partida en un proceso de reforestación. La calidad del sitio determinará el manejo, la rentabilidad de la plantación y el turno de corta, entre otros. Es por esta razón que este paso es muy importante. El terreno donde se realice la plantación tiene que estar libre de malezas para lograr un buen establecimiento; en lugares muy degradados se recomienda la aplicación de fertilizantes (Mayhew y Newton, 1998).

2.2.4.2 Siembra directa. Puede ser una alternativa para el establecimiento de plantaciones en lugares con o sin vegetación natural. Esta técnica fue usada a gran escala por primera vez en Belize. Los resultados que se tienen con la siembra directa son bien variables. Por ejemplo, en Vanuatu, 63% de las semillas sembradas en pares a profundidades de 7.5 cm germinaron después de un mes. Por el contrario, en Perera se dio un 24% de sobrevivencia.

Se ha encontrado que las semillas son resistentes a la sequía después de la siembra, y con las lluvias prolongadas se pudren (Mayhew y Newton, 1998).

2.2.4.3 Transplante. Las plantulas una vez estén listas para ser transplantadas se llevan del vivero al sitio de plantación para sembrarse.

2.2.5 Espaciamientos

La densidad inicial va a depender de los objetivos de la producción, de las condiciones ambientales, de los hábitos de crecimiento de la especie y de las condiciones del terreno, entre otros. En caoba, las líneas generalmente están distanciadas a 9 – 11 m; éste espacio concuerda con el crecimiento final de la corona e indican que todas las plantaciones con este espaciamiento tienen el potencial de convertirse en plantaciones puras de caoba (Mayhew y Newton, 1998). La distancia final entre árboles puede estar entre 7 – 8 m, arrojando una densidad final de 130 – 160 árboles/ha.

2.2.6 Limpieza

La caoba se considera la más tolerante a malezas en comparación que otras especies bajo condiciones de plantación. Pero limpiezas frecuentes en un ciclo de 2 a 4 meses producen un crecimiento muy significativo; pero a su vez aumenta la incidencia de ataque del barrenador. Un factor que contribuye al problema de malezas en plantaciones de caoba es la estrecha corona monopodial en los árboles jóvenes. Dependiendo de la densidad de plantación, la copa puede dar poca sombra para frenar el crecimiento de malezas (Mayhew y Newton, 1998).

El objetivo final de la limpieza es proveer luz para la caoba y evitar la competencia con otras especies que tiene un crecimiento más rápido ya que esto puede suprimir a la especie y es algo que no se quiere cuando se maneja a la especie con fines comerciales.

2.2.7 Fertilización

Un régimen de fertilización debe ser designado para mejorar crecimiento por medio de la corrección de suelos y deficiencias de nutrientes. Los fertilizantes no se han utilizado mucho en plantaciones de caoba, en parte por la tolerancia de ésta especie de crecer en suelos infértiles y, por otro lado, por los altos costos. Las aplicaciones de fertilizantes en plantaciones nuevas pueden ayudar a reducir el costo de limpieza mejorando el crecimiento de la caoba y reduciendo el periodo de susceptibilidad a malezas.

Grandes cantidades de fertilizante nitrogenado son aplicados a plantaciones densas produciendo diámetros a la altura del pecho (DAP) de 40 – 60 cm en árboles de 15 – 20 años (Mayhew y Newton, 1998).

Cuadro 1. Régimen de fertilización para crecimiento rápido de plantaciones

Año	Fertilizante (NPK)	Cantidad gr/árbol	No. de aplicaciones	Cantidad kg/ha/año
1	16:20:0	50	1	125
	46:0:0	100	4	1000
2	46:0:0	100	3	750
3	46:0:0	100	3	750
4	46:0:0	100	2	500
5	46:0:0	100	2	500
6	46:0:0	100	2	500
7-20	Urea	200	1	160

Fuente: Mayhew y Newton, 1998

2.2.8 Podas

Ataques por el barrenador pueden producir bifurcaciones en los árboles; por esta razón es que ésta práctica se considera esencial. Poda en plantaciones de caoba se llevó a cabo a

gran escala por la United Fruit Company's en Honduras (Chable, 1967 citado por Mayhew y Newton, 1998).

El costo de la poda es alto, especialmente en plantaciones densas. Plantaciones densas incitan el crecimiento vertical y reduce la necesidad de podar. La poda se recomienda a los 12 – 18 meses, 24 meses y 36 – 48 meses. La forma final del árbol es buena pero los costos silviculturales son altos (Mayhew y Newton, 1998).

2.2.9 Raleos

El principal propósito del raleo es reducir el número de árboles en una plantación para que los que quedan tengan más espacio para desarrollar la corona y las raíces. En muchos casos el raleo lleva un incremento en el diámetro de los árboles restantes; muchas veces un régimen de raleo que maximiza productividad no siempre maximiza las ganancias (Mayhew y Newton, 1998).

En los países de América Latina pocos mercados existen en la actualidad para productos de raleo de diámetros menores.

En plantaciones amenazadas por el barrenador, mantener cierta competencia entre árboles, reduce el desarrollo lateral de ramas e incita la dominancia apical.

En plantaciones puras cuyo espaciamiento de siembra fue de 2 x 2 m o 3 x 3m el primer raleo según Mayhew y Newton, (1998) debe ser después del año 5 pero no más del año 10 de la fecha de plantación. Se considera también que el área basal deben mantenerse entre 30 – 50 m²/ha, como en el caso de Martinica e Indonesia.

2.3 CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO

La habilidad para predecir tanto el crecimiento como el rendimiento en las plantaciones de caoba es sumamente importante para la planeación de la plantación.

En el caso de caoba existe poca información sobre crecimiento y rendimiento. Pocos países tienen suficiente información sobre la cual basar predicciones en éste aspecto. Ante esta situación según Mayhew y Newton, (1998) las personas que manejan plantaciones se encuentran ante dos opciones:

- ⇒ Establecer parcelas de muestreo e iniciar estudios sobre crecimiento y rendimiento.
- ⇒ Utilizar información sobre crecimiento y rendimiento de otras plantaciones que tienen condiciones ambientales similares.

En la mayoría de los casos sólo se tiene acceso a datos ya procesados y se tiene que asumir ciertos supuestos para darle uso. El reto es, entonces, utilizar de la mejor manera la información que se tiene disponible (Mayhew y Newton, 1998).

De los datos que se disponen sobre crecimiento, en ninguno de los casos el número de tallos, el volumen y el área basal removidos por los raleos son reportados; además la falta de información de variables como el mantenimiento, orígenes de la semilla, métodos de muestreo, las técnicas de medición, los límites de precisión y exactitud y el concepto de volumen reducen fuertemente la calidad de la información. Como resultado de esto el hecho de comparar datos de un país con otro es muy comprometedor (Mayhew y Newton, 1998).

Para el caso de Honduras se tienen las siguientes ecuaciones de volumen:

$$1. V = 2.125658 \cdot 10^{-5} (D^{2.6646})$$

V = Volumen en m^3

D = DAP en cm

Tabla de una entrada desarrollada por Funes *et al.*, (1983)

$$2. V = 4.44909 \cdot 10^{-5} \cdot D^2 \cdot H^{1.003447155}$$

V = Volumen en m^3

D = DAP en cm

H = Altura comercial en m

Tabla de doble entrada desarrollada por Roper, (1984).

2.4 SITUACIÓN ACTUAL DE LA CAOBA EN HONDURAS

Honduras con 2.5 millones de bosque subtropical húmedo y muy húmedos, donde habita y crece de manera natural la caoba, representa un importante y valioso potencial forestal que adecuadamente aprovechado, puede significar un gran aporte al desarrollo social y económico del país (Mendieta *et al.*, 1999). Esto es muy notorio, porque actualmente los recursos forestales hondureños y en especial los bosques latifoliados donde crece la caoba, no han recibido la debida importancia en lo referente a su manejo, administración y conservación.

Los primeros esfuerzos por explotar la caoba en Honduras son reportados hace un siglo o más. Debido a su excelente calidad y fina textura de la madera, muy pronto obtuvo fama mundial. Wells (1982), menciona que la caoba durante los años 1920 - 1960 mereció una particular importancia, por su vasta cantidad, calidad y accesibilidad en el departamento de Olancho. Desde entonces hasta la actualidad la presión por la caoba ha sido fuerte, a tal grado que los remanentes ubicados en las áreas protegidas están fuertemente amenazados y los conflictos son aun mayores debido a las condiciones de pobreza del país (Mendieta *et al.* 1999).

Sobre la comercialización de la caoba, no se dispone de registros confiables y específicos. Sin embargo, Suazo *et al.* (1997), indican que la producción de madera aserrada procedente de especies latifoliadas muestra altibajos en los últimos años; pasa de 510,000 Pies Tablares (PT) en 1990 a 729,000 PT en 1991. Después descienden de manera continua hasta ubicarse en 163,400 PT en 1994. En los últimos años los registros volumétricos han sido descontinuados. No obstante, a pesar de que los volúmenes de exportación se vienen reduciendo, los valores expresados en dólares estadounidenses han

sido crecientes. En los últimos 25 años los productos transformados de la madera han obtenido un crecimiento acelerado y los muebles confeccionados y elaborados con madera de color conforman el principal componente de esas exportaciones. Es así, que entre 1990 y 1994 estas exportaciones constituyeron el 38% de las mismas (Suazo, *et al* 1997).

En general, en los centros de mayor población predomina una alta preferencia por comercializar especies de uso tradicional ocupando la caoba, junto con el cedro (*cedrela odorata*) y el pino (*Pinus spp*) los mayores porcentajes de uso (Aguirre *et al* 1998). Esto crea gran presión sobre estos recursos y como la caoba es la especie forestal más explotada su futuro es incierto y alarmante si se continua con el patrón de extracción actual.

Otra problemática que envuelve a la caoba es el aprovechamiento ilegal. No se tienen cifras exactas sobre los aprovechamientos forestales, pero se estima que por cada metro cúbico que se aprovecha y transporta legalmente, dos metros cúbicos o más son aprovechados, transportados y comercializados de manera ilegal (Mendieta *et al*, 1999).

2.5 ANÁLISIS FINANCIERO

En el análisis de proyectos agrícolas interesa conocer, en primer lugar, el rendimiento o la productividad o la rentabilidad globales para la sociedad o la economía en su conjunto; este rendimiento se determina mediante el análisis económico.

En cambio, las distintas entidades financieras que participan en un proyecto, tales como: agricultores, hombres de negocios, empresarios, sociedades privadas, organismos públicos y otros, sólo les interesa conocer el rendimiento del capital que aportan. Este rendimiento es medido mediante el análisis financiero (Gittinger, 1975).

El análisis financiero es el proceso que mide a través del tiempo de duración de un proyecto si los ingresos permiten el pago de los egresos. Se consideran todos los ingresos y todos los egresos incurridos dentro del proyecto, valuados normalmente a precios de mercado (Infante, 1995).

En un análisis financiero se incluyen varios conceptos como: costos, ingresos, flujo de caja, tasa de descuento y algunos índices financieros como la tasa interna de retorno y valor actual neto. A continuación se hará una breve descripción de los componentes de un análisis financiero que se consideraron para el desarrollo del presente estudio:

2.5.1 Costos

Básicamente, cuando se habla de costos en un análisis financiero se hace referencia a los egresos, sin considerar algunos costos de oportunidad, ya que entonces transformarían el análisis financiero en económico.

En el flujo de caja se tendrán los costos iniciales y de operación; la inversión inicial y el capital de trabajo estarán en los costos iniciales que aunque no se hayan utilizado en su totalidad al inicio del proyecto, deberán estar disponibles. Los costos de operación son aquellos en que se incurren en el proceso productivo (Sapag y Sapag, 1995).

2.5.2 Ingresos

Sapag y Sapag (1995), dicen que además de los ingresos directos originados por la venta de los productos que originaría el proyecto, existen otros beneficios que deben incluirse en el flujo de caja para determinar la rentabilidad del proyecto de la forma más precisa posible.

En el caso particular de proyectos en plantaciones forestales, entre los beneficios no directos se podría mencionar la venta de leña de raleos, postes de los raleos intermedios y hoy en día la venta de oxígeno a los países industrializados.

2.5.3 Flujo de caja

La proyección del flujo de caja es uno de los elementos más importante en la evaluación de un proyecto, ya que la decisión de invertir en un proyecto está en función de ésta proyección. Para conseguir una buena proyección de flujo de caja no sólo es suficiente la información que se obtenga de los estudios de mercado, técnico y organizacional, sino que además será necesario incorporar información relacionada con efectos tributarios de la depreciación, de la amortización, valor residual, utilidades y pérdidas (Sapag y Sapag, 1995).

Uno de los problemas más comunes al momento de proyectar un flujo de caja es que existen diferentes flujos para diferentes fines. Por lo tanto, es necesario que exista un flujo de caja para medir la rentabilidad del proyecto, otro para medir la rentabilidad de los recursos propios y un tercero para medir la capacidad de pago frente al agente financiero (Sapag y Sapag, 1995).

2.5.4 Tasa de descuento

Es un concepto que está basado en la preferencia que tienen las personas en recibir dinero ahora en lugar de recibirlo más tarde. Característica común de los sistemas capitalistas, en el cual los recursos financieros pueden generar riquezas con el transcurso del tiempo (Infante, 1995).

La elección de la tasa de descuento o actualización muchas veces es un problema. Según Gittinger (1975), la tasa más apropiada para calcular el valor actual neto o la relación beneficios-costos es el costo de oportunidad del capital. La elección apropiada de ésta

tasa es muy importante ya que de esto dependerá, en gran medida, los resultados que presente el proyecto.

En muchos casos, para la evaluación de proyectos se utiliza la tasa de interés del mercado. De acuerdo con Von Platen (1995), esta no debe utilizarse para actualizar flujos de costos o ingresos medidos a precios constantes, ya que se estaría subestimando el valor futuro del dinero; esto se debe a que la tasa de interés del mercado contiene un elemento compensador de la inflación.

Si se trabaja con precios constantes la tasa de interés a utilizar se puede calcularla mediante la diferencia entre la tasa de interés del mercado menos la tasa de inflación. "Utilizar intereses reales elimina la desventaja injustificable e inexistente de las inversiones de larga duración. Esto es de gran importancia ante la necesidad actual de efectuar inversiones de largo plazo en la conservación del ambiente" (Von Platen, 1995).

2.5.5 Relación Beneficio/Costo

La relación beneficio/costo se utiliza casi exclusivamente como medida del beneficio social. Es la razón de los ingresos actualizados acumulados sobre los costos actualizados acumulados de un proyecto (Gittinger, 1975).

Es un error muy común interpretar la relación beneficio/costo como la rentabilidad del proyecto ya que se está hablando de valores actualizados a una tasa de descuento; estos valores ya tienen incluido un porcentaje que equivale al retorno esperado de la inversión (Infante, 1995).

2.5.6 Valor Actual Neto (VAN)

Es también conocido como el valor presente neto (VPN). Este valor es, simplemente, el valor actual de la corriente de fondos. Se calcula sumando los flujos anuales actualizados a una tasa de descuento dada menos la inversión. El criterio de selección formal para la medida del valor actual neto del proyecto consiste en aceptar todos los proyectos cuyo VAN sea positivo al actualizarlos al costo de oportunidad del capital (Sapag y Sapag, 1995).

2.5.7 Tasa Interna de Retorno (TIR)

Es quizás la técnica más empleada para evaluar las alternativas de inversión pero considerablemente más difícil de calcular que el VAN.

La TIR se define como la tasa de descuento que iguala el valor presente de los flujos de efectivo con la inversión inicial asociada a un proyecto. Esto significa que la TIR es una tasa de descuento que iguala a cero el VAN de una oportunidad de inversión (Gitman, 1986).

El criterio de decisión cuando se utiliza la TIR es aceptar el proyecto si la TIR es mayor o igual al costo de capital, de lo contrario se lo rechaza (Gitman, 1986).

2.6 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Este análisis es para tratar con el riesgo, ya que en mucho de los proyectos la medición del mismo es muy subjetiva. Hoy en día éste análisis ha alcanzado gran importancia práctica, porque permite apreciar los cambios en los resultados producto de la modificación de algún o algunos de los valores que se han estimado anteriormente.

El análisis de sensibilidad surge bajo la premisa que muchos de los indicadores calculados para un proyecto son específicos para la situación considerada por el evaluador, la cual difiere en la mayoría de los casos de la del inversionista por su aversión al riesgo y perspectiva para el análisis de los problemas (Sapag, 1995).

Puesto que la mayoría de los parámetros considerados en la evaluación de un proyecto no están bajo el control del evaluador, es lógico pensar que estos podrían comportarse de manera diferente de cómo se espera. Por lo tanto, es necesario poder evaluar cuán sensible es el proyecto a cambio de éste tipo, en algunos de los parámetros decisivos. La sensibilización es muy comúnmente utilizada con variables económicas como: precios, costos y rendimientos, entre otras. Sin embargo, perfectamente se pueden sensibilizar otras variables como ser la demanda, el lugar y el tamaño, entre otras (Sapag, 1995).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIALES

3.1.1 Materiales para el levantamiento

- Vehículo doble tracción para visitar los lugares plantados
- Aparatos de medición (vara telescópica, clinómetro, forcípula, cinta diamétrica, cinta métrica, regla)
- Libreta de apuntes y formularios de campo previamente diseñados
- Tablero y bolígrafos.
- Herramientas y equipo de aserrio (motosierras, sierra de banda, canteadora)

3.1.2 Materiales para el análisis y procesamiento





- Computadora con programas para editar texto y hoja electrónica (Word y Excel o Word Perfect y Lotus 123, por ejemplo)
- Calculadora
- Impresora de alta calidad para la impresión de los resultados, ésta puede ser láser o de burbuja de tinta.

3.2 METODOLOGÍA DE LEVANTAMIENTO

3.2.1 Reconocimiento terrestre de áreas plantadas




Se identificaron esfuerzos de plantación con *Swietenia macrophylla* King, en el bosque seco tropical, transición a subtropical; bosque seco tropical transición a húmedo; bosque húmedo tropical y en el bosque muy húmedo subtropical. Para estos ecosistemas se identificaron los sitios de plantación, cuyas características se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Características de los lugares de plantación

Sitio	Propietario	Tipo de plantación	Zona de vida	
			Prosa	Nomenclatura
Estación Experimental La soledad, Comayagua	RRNN/ AFE-COHDEFOR	Bandas de enriquecimiento	Bosque seco tropical, transición a subtropical	bs-T 
Zamorano	Escuela Agrícola Panamericana Zamorano	Bandas con otras especies Latifoliadas y en linderos	Bosque seco tropical, transición a subtropical	bs-T 
Armenta, San Pedro Sula	Marco Tulio Mejía	Pura	Bosque seco tropical, transición a húmedo	bs-T 
Guaymas	Ing. Gustavo Morales	Sistema Agroforestal Caoba/cacao	Bosque húmedo tropical, transición a subtropical	bh-T 
Estación Experimental Lancetilla	AFE-COHDEFOR	Pura	Bosque muy húmedo subtropical	bmh-S
La ceiba, Atlántida	Ing. Enock Burgos	Pura y líneas intercaladas con eucalipto	Bosque muy húmedo subtropical	bmh-S

Los rangos de los elementos climáticos que caracterizan cada zona de vida se sintetizan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Rangos de los elementos climáticos de las zonas de vida presentadas en el Cuadro 2, con base en el diagrama para la clasificación de ecosistemas

Zona de vida en nomenclatura	Rango de los elementos climáticos			
	Biotemperatura media anual (°C)	Precipitación promedio total anual (mm)	Relación de ETP ^① o humedad	Elevación (m)
bs-T 	21.5 – 24.0	1000 – 1500	1.0 – 1.40	0 – 1000
bs-T 	Mayor de 24.0	1500 – 2000	0.50 – 1.0	0 – 1000
bh-S 	21.5 – 24.0	2000 – 2800	0.50 – 0.70	0 – 1000
bmh-S	18.0 – 24.0	2000 – 4000	0.25 – 0.50	0 – 1000

① La Relación de Evapotranspiración Potencial (RETP) es igual a la evapotranspiración potencial sobre la precipitación promedio total anual a largo plazo.

3.2.2 Diagnóstico de las plantaciones

En cada estación de crecimiento, las plantaciones fueron diagnosticadas en términos de las características del sitio, del manejo de la semilla y de las plántulas, costos de establecimiento y manejo de las plantaciones. El Anexo I muestra el formulario de campo que se utilizó para la evaluación técnica de las plantaciones de caoba.

Caracterizada la estación de crecimiento, se procedió a la medición de las variables de crecimiento diámetro a la altura del pecho (dap), altura total y comercial, hasta donde fuese posible. Los datos de estas de éstas mediciones de recolectaron en el formulario del Anexo 2.

Se evaluó también la calidad del árbol fundamentado en el daño que al nivel de individuos ocasionó el barrenador de las meliacea *Hypsipyla grandella*, Lepidoptero, Pyralidae.

El dap fue medido con cinta diamétrica y/o forcípula, dependiendo de la forma de cada árbol. La altura total y comercial en plantaciones jóvenes se midieron con vara telescópica. En la plantación maduras se utilizó un clinómetro para medir las alturas.

El daño por *Hypsipyla* spp. sólo se evaluó a nivel de fuste, identificando la altura y severidad del ataque, éste último en términos de malformaciones del tronco.

3.2.3 Funciones y tablas de volumen

Para cualquier masa forestal las tablas de volumen adquieren gran importancia por la facilidad que éstas tienen para determinar el volumen de un rodal en forma rápida. El volumen puede ser calculado estableciendo una relación entre el dap y la altura de los árboles medidos, con el volumen de los mismos. Esta relación puede ser una ecuación o fórmula, o una relación obtenida por métodos gráficos, que en general recibe el nombre de tabla de volumen. Según Ferreira (1994), las tablas de volumen se pueden clasificar en las siguientes:

- a) **Tablas de volumen local o tabla de una entrada:** Es aquella que utiliza solamente el dap, como variable independiente.
- b) **Tablas de volumen general o tablas de doble entrada:** Este tipo de tablas utilizan como variables independientes el dap y la altura.
- c) **Tablas de volumen con clase de forma:** Es básicamente una tabla general que tiene incorporada la forma del árbol como otra variable.

Para calcular el volumen de cada árbol se debe definir el índice de utilización, que normalmente puede ser 10, 15, 20 cm de diámetro sin corteza, dependiendo el equipo de aserrio que se tenga. En este caso, se definieron dos tipos de índice de utilización uno de 10 cm (sierra de banda) y el otro de 4 cm (para parquet).

Para la obtención de las funciones volumétricas y construcción de tablas de volumen, se procedió de la siguiente manera:

- Selección de árboles que fueron raleados de bandas intercaladas con otras especies latifoliadas y en linderos; dichos árboles fueron cortados en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, con una edad de 16 años.
- A los árboles seleccionados se les midió en pie el dap en cm. Luego se apearon y se les midió la altura total y comercial. Posteriormente, los árboles se seccionaron en porciones de un metro de longitud y en cada metro se midió el diámetro con corteza y el espesor de corteza. Las mediciones de cada árbol se registraron en el formulario que se ilustra en el Anexo 3.

3.2.4 Información climática de los sitios de plantación

A continuación se presenta la información climática de los sitios evaluados en este estudio.

Cuadro 4. Características climáticas de los sitios de plantación

Sitio	Precipitación (mm/año)			Temperatura anual (°C)			Elevación (msnm)
	Max.	Med.	Mín.	Max.	Med.	Mín.	
Zamorano	-	928.4	-	34.8	24.4	11.5	800
La Soledad	-	828.9	-	36	25.15	12.1	595
Armenta	1,485	1,140	892.2	37.3	27	19	50 - 70
Guaymas	2,889	2,085	1,715	32.7	25.2	19.2	85
Lancerillas	4,315	3,280	2,857	33.7	26.5	15.8	40 - 400
La Masica	4,296	2,998	1,884	33.7	26.3	14.8	50
Cieba	4,296	2,998	1,884	33.7	26.3	14.8	40

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional y el Departamento de Servicios Hidrológicos y Climatológicos.

3.3 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

3.3.1 Evaluación de las plantaciones

En cada sitio de plantación se evaluó el manejo que a éstas se les había dado y el estado en que se encontraban, principalmente la severidad y grados de daño provocado por el barrenador. En cuanto al manejo de la plantación se evaluaron los siguientes parámetros:

- Manejo de la semilla
- Técnica de siembra utilizada
- Los principales tratamientos silviculturales
 - Siembra (densidad)
 - Limpiezas
 - Podas
 - Raleos
 - Fertilización
 - Control de plaga
- Crecimiento
- Construcción de funciones y tablas de volumen (esto para Zamorano)
- Rendimiento
- Rentabilidad de las plantaciones

3.3.2 Crecimiento

Debido a la ausencia de una red de parcelas de muestreo permanentes (PMP) en las plantaciones de caoba y ante la dificultad en algunos casos de obtener información sobre el crecimiento de la especie, se decidió trabajar con incrementos medios anuales (IMA) en diámetro y altura. Los datos de las parcelas que se midieron en los diferentes lugares fueron introducidos en el sistema Manejo de Información sobre Recursos Arbóreos, componente de silvicultura (MIRA-SILV). Mediante este proceso, se pudo observar el crecimiento de las parcelas. El Sistema (MIRA-SILV) fue diseñado por el Dr. Luis A. Ugalde Arias, Silvicultor y profesor del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE.

3.3.3 Funciones y tablas de volumen

Para calcular el volumen de cada troza se utilizó la fórmula de Smalian,

$$V_i = ((AB1 + AB2)/2) * L \quad (1)$$

$$AB1 = (\pi D^2)/4 \quad (2)$$

Donde:

V_i = volumen de la sección i (m^3)

$AB1$ = área de la sección 1 (m^2)

$AB2$ = área de la sección 2 (m^2)

L = largo de la troza (m)

De las fórmulas (1) y (2) se obtuvo:

$$V_i = 0.3927 * ((D1)^2 + (D2)^2) * L \quad (3)$$

Para el cálculo del volumen de la última troza, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Largo de la última troza} = ((D - IU)/(D - d)) * L$$

Donde:

D = diámetro mayor (cm)

d = diámetro menor (cm)

IU = Índice de utilización (cm)

L = largo (m)

La información de campo incluyendo la determinación de los volúmenes se archivaron en una hoja electrónica, cuyo formato final de presentación aparece a continuación:

No. Arbol	DAP (cm)	Altura (m)	Volumen (m³)1	Volumen (m³)2	Volumen (m³)3

Donde:

Volumen 1 = volumen total sin corteza VTsc.

Volumen 2 = volumen comercial sin corteza a 10 cm VCsc10.

Volumen 3 = volumen comercial sin corteza a 4 cm VCsc4.

Con esta información se procedió a la construcción de las ecuaciones, que son relaciones entre el dap y la altura con el volumen. Para esto se utilizó el programa Lotus 1-2-3 versión 4.1 para Windows.

3.3.4 Rendimiento

A la fecha, la única plantación pura madura de caoba a nivel nacional es la que se encuentra en la Estación Experimental de Lancetilla. Igualmente, los datos de estas parcelas fueron analizados mediante el sistema (MIRA-SILV). En el valle del Zamorano existen también árboles maduros de la especie. Estas dos muestras se tomaron como base para la determinación del turno económico y la productividad de la especie mediante el volumen medio de árboles en estado maduro.

3.3.5 Evaluación financiera

Para la determinación de la rentabilidad de una plantación pura de caoba se hizo con base a los siguiente indicadores:

1. Tabla de rendimiento en función a:

- Los raleos comerciales hasta el turno final
 - m³ de madera rolliza
 - m³ de madera aserrada
 - precios del m³ de la madera aserrada
- Costos de establecimiento
 - tierra

- vivero
 - costo del árbol sembrado
 - Costos de mantenimiento por año hasta el turno final
 - Costos de operación extracción por raleos
2. Densidad final a cosecha
 3. Rendimiento promedio en m³/ha de los árboles adultos

Además, se cuantificó el rendimiento intermedio que se obtiene de los raleos comerciales, los cuales se incorporaron al análisis financiero. Por otro lado, se determinó el rendimiento que tiene la sierra de banda con diámetros menores. Finalmente, a la madera de estos raleos se les hizo las pruebas físico- mecánicas para determinar su calidad. Estos análisis se hicieron en laboratorios especializados del país.

3.3.6 Procesamiento de datos

Para el procesamiento de la información recolectada se utilizaron los siguientes programas:

- Word 97
- Excel 97
- Lotus 1-2-3 versión 4.1 para Windows
- Mira – Silv
- @RISK ADD – IN del programa Excel

4. RESULTADOS

4.1 MANEJO DE LA SEMILLA

En la mayoría de las plantaciones evaluadas, la semilla utilizada fue procedente de bancos de semilla. Su manipulación, entonces, es de gran importancia ya que la disponibilidad de semilla de buena calidad contribuye uno de los factores que podría condicionar el éxito de una plantación.

La semilla de caoba no necesita ningún tratamiento pregerminativo, es sembrada directamente, ya sea en bolsa o en semilleros. La colección, limpieza, selección, secado y almacenamiento, son los principales parámetros que se tienen que considerar para almacenar la semilla. A continuación se presenta el manejo que se le da a la semilla de caoba en el banco de semillas de SETRO (Semillas Tropicales)

Recolección. La semilla es recolectada en el período de diciembre a marzo, las cápsulas se colectan escalando los árboles y son cortadas con un gancho tipo campana. Luego de colectadas son transportadas al lugar de procesamiento.

Un árbol adulto de caoba puede producir en promedio 120 cápsulas, cada cápsula contiene entre 50 – 60 semillas y el número de semillas por kilogramo varía alrededor de 1,500 – 2,200.

Post-maduración. Las cápsulas recién cosechadas son colocadas en un lugar bajo techo y bien ventilado. No se debe amontonar la semilla, con el fin de facilitar la maduración y el secado y no tener problemas con hongos. Durante este proceso, las semillas permanecen unos ocho días aproximadamente.

Extracción de la semilla. Posterior a la post-maduración se precede a la extracción de la semilla, para lo cual se golpea la cápsula en el ápice, y como es un fruto dehiscente se separa en cuatro o cinco secciones. Las semillas se sacan manualmente y se les cortan las alas. Cada sección puede contener alrededor de 10 a 15 semillas.

Secado. Una vez que las semillas son extraídas de las cápsulas, se colocan en camillas o bandejas de aireación y secado. acá permanecen entre uno a dos días hasta que el porcentaje de humedad física este entre 7 y 8 %.

Limpieza y embolsado. Aquí se realiza una limpieza de la semilla para evitar ser almacenada con materiales extraños. El embolsado se realiza con bolsas plásticas, se amarran bien para evitar el intercambio gaseoso con el ambiente de almacenamiento.

Almacenamiento. Las condiciones en que las semillas se almacenan son:

- 2 – 4 °C
- Humedad Relativa (HR) = 60%

Finalmente a la semilla se le realiza un control de calidad física, el cual consiste de las siguientes pruebas:

- Pureza
- Determinación de semillas viables/Kg

- Determinación de semillas puras/Kg
- Contenido de humedad
- Porcentaje germinación

La semilla de caoba es blanda, razón por lo cual no se aconseja almacenarla por más de seis a ocho meses, hasta cierto punto puede ser considerada como una semilla recalcitrante.

4.2 TÉCNICA DE SIEMBRA

La técnica de siembra más utilizada actualmente es la siembra con pilón, aunque en lugares con precipitación mayor a los 2,500 mm se podría sembrar a raíz desnuda, prueba de ello son algunos de los lotes que se establecieron en la Estación experimental de Lancetilla, en donde no se mostró diferencia alguna con los que se plantaron por medio de pilón o bolsa.

El tamaño de bolsa más utilizado es fue 5 X 8 pulgadas

El tamaño de plántula al momento de transplante, para la mayoría de los sitios, oscilaba entre 30 a 35 cm y la permanencia de las plantas en el vivero fue de tres a cuatro meses.

4.3 TRATAMIENTOS SILVICULTURALES

4.3.1 Plantación

La época de siembra está determinada por el periodo de lluvias, porque todas las plantaciones evaluadas no contaban con sistemas de riego.

La densidad de siembra varía de un lugar a otro, dependiendo del sistema de plantación utilizado. Con base a lo observado, la densidad inicial más recomendada fue la de 1,111árboles/ha, lo que equivale a un espaciamiento de a 3 X 3 m. Si se trata de líneas o bandas de enriquecimiento, un espaciamiento de 3 X 3 ó 4 X 4 m funciona bien, como el caso de La Masica en donde la productividad es considerada bastante buena (Cuadro 9).

4.3.2 Limpias

El número de limpieas depende de la zona y del tipo de maleza que se tenga, pero en general varía de 3 a 5 limpiezas por año. En todos los sitios el control fue chapea manual, no se utilizan herbicidas ni limpieza mecánica.

4.3.3 Podas

Podar los árboles es una práctica necesaria si se quiere alcanzar altos rendimientos de madera aserrable y de buena calidad. En caoba, esta práctica se vuelve casi indispensable

si se quiere tener buenos fuste en una plantación. En la mayoría de los sitios sólo se realizó una poda, la cual no fue ejecutada en el mejor momento.

Las podas de formación deben realizarse inmediatamente después del ataque del barrenador, seleccionando el rebrote con mejor orientación al eje principal. Esta práctica tiene que ejecutarse hasta que el árbol alcance un fuste de mínimo 5 – 6 m de altura.

4.3.4 Raleos

Sin lugar a dudas el raleo permite tener mayores crecimiento en los árboles que quedan, pero muchas veces este aumento en crecimiento no es un aumento en ganancias. Por lo tanto, determinar un régimen de raleos que permita maximizar la productividad tanto en crecimiento como en valor monetario no es fácil y más aun para una especie que en plantaciones tiene poca investigación, como es la caoba.

En su mayoría, las plantaciones evaluadas no habían sido raleadas. Se encontraron árboles suprimidos que estaban afectando el crecimiento de sus vecinos.

Con base al crecimiento observado en los sitios evaluados, se propone un plan preliminar de raleos, el que aparece en el Cuadro 5 hasta que se cuente con suficiente información que permita validar algún sistema.

Cuadro 5. Plan preliminar de raleos para las plantaciones de caoba

Edad (año)	N a ralear	N después del raleo	Espacio después del raleo
6	486	625	4 X 4 m
12	313	312	5 X 6 m
18	156	156	8 X 8 m

4.3.5 Fertilización

Muchos de los suelos en donde se encontraban las plantaciones eran suelos clase dos o tres, es decir, suelos con fertilidad natural media o baja, superficiales, bajo contenido de materia orgánica, pH ácido, etc. También se pudo observar que cuando la especie se establece en sitios con fertilidad natural buena el crecimiento que se alcanza es impresionante, como el caso de Armenta, Lancetilla, La Masica y Guaymas. Las plantaciones establecidas en suelos clase dos o tres presentaron productividad baja y turnos de corta demasiado largos, situación que muchas veces desmotiva realizar inversiones en este campo. Es en este sentido que la fertilización puede ser importante para aliviar esta problemática.

La fertilización en los sitios evaluados no se realizó, pero es una práctica cuyo resultados podrían ser favorables en términos de crecimiento y rendimiento. De igual manera como el caso de los raleos se desconocen los regímenes de fertilización para caoba. Ante la importancia de este insumo a nivel de plantaciones, se propone el plan de fertilización que aparece en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Plan de fertilización para plantaciones de caoba

Año	Fertilizante (NPK)	Cantidad g/árbol	No. de aplicaciones	Cantidad kg/ha/año
1	18:46:0	50	1	55.5
	Urea	100	4	111
2	18:46:0	50	1	55.5
	Urea	100	3	111
3	12:24:12	50	1	55.5
	Urea	100	3	111
4	12:24:12	100	2	111
	Urea	150	2	167
5	12:24:12	100	2	111
	Urea	150	2	167
6	12:24:12	100	2	111
	Urea	150	2	167

4.3.6 Control de plagas

Básicamente el problema de plagas en las plantaciones de caoba se centra en la protección contra el barrenador (*Hypsipyla* spp.) y los zompopos (*Atta* spp.), siendo el primero el más importante y determinante para el éxito o fracaso de las plantaciones.

Todas las plantaciones evaluadas habían sufrido ataque del barrenador. El período de mayor ataque del barrenador es cuando comienza la época de lluvias y el crecimiento apical tiene más o menos un centímetro de diámetro; esto ocurre entre el segundo y tercer año de edad, período en el cual el monitoreo y control tiene que ser por lo menos quincenal.

Este barrenador ataca la mayoría de las Meliaceae, ocupando la caoba el segundo lugar de preferencia después del cedro real (*Cedrela odorata*). El problema tiende a ser mayor cuando las plantaciones se realizan en grandes extensiones totalmente descubiertas y peor aun si existen diferentes edades de plantación en lugares cercanos. Esto se pudo observar claramente en Lancetilla en donde se tenían tres edades diferente muy cercas entre sí, donde el grado de infestación de la plantación joven era realmente alarmante, ya que el 100% de los árboles se encontraban atacados.

De acuerdo a las opiniones de los propietarios y lo observado, los siguientes mecanismos de control para el barrenador son los más usados y efectivos:

1. **Control químico:** Aplicaciones de insecticidas sistémicos cada 20 ó 30 días durante la época lluviosa. Este sistema funcionó muy bien en la plantación de Armenta y la Ceiba, y lo que se busca con esto es evitar el desarrollo larval de la plaga evitando que se produzca el barrenado de los brotes y su efecto en la planta.
2. **Control mecánico:** Básicamente es un control curativo, ya que lo que se hace es podar una vez el árbol esta rebrotando; es también efectivo si se realiza oportunamente, prueba de ello son las líneas que se tienen en Zamorano, las cuales se

manejaron mediante podas. La Estación Experimental de Lancetilla, es otro buen ejemplo para mencionar donde la técnica de la poda si ha funcionado.







3. **Plantaciones mixtas:** Otra alternativa que se tiene es plantar la caoba en asocio con otras especies. En primer lugar se logra con ésto simular, hasta donde fuese posible, el ambiente natural de la especie. De esta manera el barrenador tendrá problemas en la localización de los arboles de caoba. Además se puede asociar con especies de rápido crecimiento obligando a la caoba a tener un crecimiento acelerado los primeros años hasta que desarrolle un fuste deseado sin bifurcaciones.

En los sitios evaluados la caoba se encontraba asociada con especies como el nim (*Azadirachta indica*) y laurel blanco (*Cordia alliodora*), en Zamorano; con eucalipto (*Eucalyptus deglupta*) en Ceiba; con cacao (*Theobroma cacao*) y cítricos en Guaymas y Lancetilla; también con especies de un bosque secundario temprano en La Soledad, Comayagua.

4.4 CRECIMIENTO

El crecimiento en diámetro y altura de las plantaciones de caoba que se evaluaron en cada uno de los sitios se presenta en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Crecimiento en diámetro y altura por sitio, zona de vida y tipo de plantación

Sitio	Zona de vida	Tipo de plantación	Edad (años)	Incremento Medio Anual		
				Altura (m)		DAP (cm)
				Total	Comercial	
La Soledad	bs - T 	Bandas de enriquecimiento	6	1.1	0.9	1.1
Zamorano	bs - T 	Bandas con otras especies	16	0.62	0.3	1.23
Zamorano	bs - T 	Líneas puras en linderos	15	0.7	0.28	1.5
Amienta	bs - T 	Pura	6	2.07	0.9	3.32
Guaymas	bh - T 	Sombra de cacao	8	1.7	0.7	3.32
Guaymas	bh - T 	Líneas puras entre cítricos	4	2.27	1.07	3.41
La Masica	bmh - S	Líneas al borde del canal	12	1.72	0.46	3.03
Lancetilla	bmh - S	Pura	50	0.41	0.17	0.94
Ceiba	bmh - S	Pura	3	3.6	1.8	2.88
Ceiba	bmh - S	Líneas con <i>Eucalyptus deglupta</i>	7	2.39	1.48	3.62

Debido a la falta de información de mediciones anteriores, los valores de crecimiento están expresados como Incremento Medio Anual (IMA).

Claramente se puede observar la variabilidad en crecimiento que la caoba tiene en cada uno de los sitios. Tal variación esta directamente relacionada con las características climáticas, topográficas, edáficas y con las técnicas de manejo de las plantaciones.

4.5 FUNCIONES VOLUMÉTRICAS Y TABLAS DE VOLUMEN

Con los árboles cubicados en Zamorano se procedió a la elaboración de funciones volumétricas y a la construcción de tablas de volumen. Se probaron los dos modelos matemáticos más usados en el campo forestal, los cuales fueron:

- Modelo de variables combinadas
- Modelo de Shumacher, logaritmo natural

En este caso el que presento mayor exactitud fue el modelo de variables combinadas. Por tal razón, la construcción de las tablas de volumen obedece a este modelo.

Cuadro 8. Volumen total sin corteza en m³

dap (cm)	Altura (m)										
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
15	0.047	0.055	0.064	0.072	0.080	0.088					
16	0.053	0.062	0.072	0.081	0.090	0.100					
17	0.059	0.069	0.080	0.091	0.101	0.112					
18	0.065	0.077	0.089	0.101	0.113	0.125	0.137	0.149			
19	0.072	0.085	0.099	0.112	0.125	0.139	0.152	0.165			
20	0.079	0.094	0.109	0.123	0.138	0.153	0.168	0.182			
21	0.087	0.103	0.119	0.136	0.152	0.168	0.184	0.201	0.217		
22	0.095	0.113	0.130	0.148	0.166	0.184	0.202	0.220	0.237		
23	0.103	0.123	0.142	0.161	0.181	0.200	0.220	0.239	0.259		
24	0.112	0.133	0.154	0.175	0.197	0.218	0.239	0.260	0.281	0.303	
25	0.121	0.144	0.167	0.190	0.213	0.236	0.259	0.282	0.305	0.328	
26	0.130	0.155	0.180	0.205	0.230	0.255	0.280	0.304	0.329	0.354	
27	0.140	0.167	0.194	0.220	0.247	0.274	0.301	0.328	0.355	0.382	
28	0.150	0.179	0.208	0.237	0.266	0.294	0.323	0.352	0.381	0.410	0.439
29	0.160	0.191	0.222	0.253	0.284	0.315	0.346	0.377	0.408	0.439	0.470
30	0.171	0.205	0.238	0.271	0.304	0.337	0.370	0.403	0.437	0.470	0.503

Función: $V = 0.00557984 + 0.00003684 * D^2 * H$

$R^2 = 0.9079$

Donde:

D = dap

H = altura

V = m³

El tamaño de muestra para la construcción de estas tablas de volumen fue de 45 árboles.

Cuadro 9. Volumen comercial sin corteza en m³ hasta un diámetro mínimo de 10 cm.

dap (cm)	Altura (m)										
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
15	0.036	0.043	0.050	0.058	0.066	0.072					
16	0.041	0.049	0.057	0.066	0.074	0.082					
17	0.046	0.055	0.065	0.074	0.083	0.093					
18	0.052	0.062	0.073	0.083	0.093	0.104	0.114	0.125			
19	0.058	0.069	0.081	0.093	0.104	0.116	0.127	0.139			
20	0.064	0.077	0.090	0.103	0.115	0.128	0.141	0.154			
21	0.071	0.085	0.099	0.113	0.127	0.141	0.156	0.170	0.184		
22	0.078	0.093	0.109	0.124	0.140	0.155	0.171	0.186	0.202		
23	0.085	0.102	0.119	0.136	0.153	0.170	0.187	0.204	0.221		
24	0.092	0.111	0.129	0.148	0.166	0.185	0.203	0.222	0.240	0.259	
25	0.100	0.120	0.140	0.160	0.181	0.201	0.221	0.241	0.261	0.281	
26	0.108	0.130	0.152	0.174	0.195	0.217	0.239	0.260	0.282	0.304	
27	0.117	0.140	0.164	0.187	0.211	0.234	0.257	0.281	0.304	0.328	
28	0.126	0.151	0.176	0.201	0.226	0.252	0.277	0.302	0.327	0.352	0.378
29	0.135	0.162	0.189	0.216	0.243	0.270	0.297	0.324	0.351	0.378	0.405
30	0.144	0.173	0.202	0.231	0.260	0.289	0.318	0.347	0.376	0.405	0.434

Función: $V = -0.0002162 + 0.00003213 * D^2 * H$ $R^2 = 0.9048$ Cuadro 10. Volumen comercial sin corteza en m³ hasta un diámetro mínimo de 4 cm.

dap (cm)	Altura (m)										
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
15	0.048	0.056	0.064	0.073	0.081	0.089					
16	0.054	0.063	0.072	0.082	0.091	0.100					
17	0.060	0.070	0.081	0.091	0.101	0.112					
18	0.066	0.078	0.089	0.101	0.113	0.124	0.136	0.148			
19	0.073	0.086	0.099	0.112	0.125	0.138	0.151	0.164			
20	0.080	0.094	0.109	0.123	0.137	0.152	0.166	0.181			
21	0.087	0.103	0.119	0.135	0.151	0.167	0.182	0.198	0.214		
22	0.095	0.112	0.130	0.147	0.165	0.182	0.200	0.217	0.234		
23	0.103	0.122	0.141	0.160	0.179	0.198	0.217	0.236	0.255		
24	0.111	0.132	0.153	0.174	0.194	0.215	0.236	0.257	0.277	0.020	
25	0.120	0.143	0.165	0.188	0.210	0.233	0.256	0.278	0.300	0.020	
26	0.130	0.154	0.178	0.203	0.227	0.251	0.276	0.300	0.324	0.020	
27	0.139	0.165	0.192	0.218	0.244	0.270	0.297	0.323	0.349	0.020	
28	0.149	0.177	0.206	0.234	0.262	0.290	0.318	0.347	0.375	0.020	0.431
29	0.159	0.190	0.220	0.250	0.280	0.311	0.341	0.371	0.402	0.020	0.462
30	0.170	0.202	0.235	0.267	0.300	0.332	0.364	0.397	0.429	0.020	0.494

Función: $0.00776176 + 0.00003602 * D^2 * H$ $R^2 = 0.8964$

4.6 RENDIMIENTO

Basándose en los datos recolectados en cada uno de los sitios, donde se midieron variables como el dap, altura total y altura comercial, se determinó el rendimiento o la productividad de cada uno de los sistemas evaluados. Además de las características climáticas y edáficas de cada estación de crecimiento, la densidad es uno de los factores que condiciona la productividad de las plantaciones. En este estudio la variabilidad en productividad, en función de la densidad, puede ser mostrada en el Cuadro 11 y en el Cuadro 12 se presenta el IMA y el rendimiento volumétrico por ha.

Cuadro 11. Espaciamientos en líneas y en plantación pura de caoba, por sitio y tipo de plantación

Sitio	Tipo de plantación	Edad (año)	Espaciamiento (m)	
			Líneas	Plantación pura
Zamorano	Bandas en una plantación de nim.	16	3	
Zamorano	Linderos	15	3	
La Soledad	Bandas de enriquecimiento	6	4	
Armenta	Pura	6		4 X 4
Guaymas	Agroforestal (caoba - cacao)	8		5 X 6
Lancetilla	Pura	50		5 X 6
La Masica	Líneas al borde del canal de riego	12	4	
Ceiba	Pura	3		4 X 4
Ceiba	Líneas con <i>Eucalyptus deglupta</i>	7	6	

Cuadro 12. Incremento medio anual y volumen esperado por ha, por sitio y tipo de plantación

Sitio	Tipo de plantación	IMA (m ³ /ha/año)	Volumen (m ³ /ha)
Zamorano	Bandas en una plantación de nim.	2.0 ¹	31.0 ¹
Zamorano	Linderos	4.2 ¹	63.0 ¹
La Soledad	Bandas de enriquecimiento	0.7 ¹	4.1 ¹
Armenta	Pura	20	116.4
Guaymas	Agroforestal (caoba - cacao)	15	116.5
Lancetilla	Pura	16.8	504*
La Masica	Líneas al borde del canal de riego	21.7 ¹	258.6 ¹
Ceiba	Pura	7.1	19.3
Ceiba	Líneas con <i>Eucalyptus deglupta</i>	8.9 ¹	63.5 ¹

¹ Volumen en m³/1000 m lineales.

* A un turno económico de 30 años.

4.7 PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE LA MADERA

Los resultados de los análisis de la madera de caoba en su estado juvenil se presentan en el Cuadro 13 y en el Cuadro 14 las propiedades de la madera adulta.

Cuadro 13. Resumen de las propiedades mecánicas de la madera juvenil

Propiedad	Medición	Promedio	Clasificación
Flexión	Módulo de elasticidad (Kg/cm^2)	69,871.72	Muy baja
	Módulo de rotura (Kg/cm^2)	634.28	Baja
Dureza	Resistencia lateral (Kg)	519.43	Medio
	Resistencia extremos (Kg)	564.45	Medio
Cizalle	Resistencia máxima (Kg/cm^2)	127.05	Algo alta
Clivaje	Resistencia máxima (Kg/cm^2)	40.18	

Cuadro 14. Resumen de las propiedades mecánicas de la madera adulta

Propiedad	Medición	Promedio	Clasificación
Flexión	Módulo de elasticidad (Kg/cm^2)	84,657.57	Bajo
	Módulo de rotura (Kg/cm^2)	762.51	Medio
Dureza	Resistencia lateral (Kg)	349.54	Medio
	Resistencia extremos (Kg)	465.51	Medio
Cizalle	Resistencia máxima (Kg/cm^2)	96.99	Medio
Clivaje	Resistencia máxima (Kg/cm^2)	55.64	

En las propiedades físicas se midieron sólo los siguientes parámetros:

- Densidad Básica (g/cm^3) que en el caso de la madera juvenil fue de 0.56 por lo tanto se la clasifica como pesada; mientras que en la madera adulta éste valor es del orden de 0.46 clasificándose como moderadamente pesada
- Contracción tangencial (%) para madera juvenil fue de 3.26 clasificándose como Baja; mientras que en madera adulta fue de 6.28 y es considerada media
- Contracción radial (%) para la madera juvenil fue de 2.56 clasificándose como baja; mientras que en la madera adulta éste valor es del orden de 3.30 considerada media.

4.8 ANÁLISIS FINANCIERO

Basándose en una tabla de rendimiento se procedió a realizar el análisis financiero para una plantación de caoba; se construyó un flujo de caja el cual se muestra en los Anexo 4 y 5.

La rentabilidad de las plantaciones de caoba, es del orden de 20% y la tasa interna de retorno (TIR) es poco sensible a los cambios en rendimientos de madera y en el precio de los productos.

Se realizó una simulación, con 14 variables de entrada y una variable de salida que en este fue la TIR. Para esto se utilizó el programa de simulación @RISK. Luego de realizadas 4,000 interacciones entre las 14 variables de entradas, la TIR varió de 20% a 26%.

El periodo crítico de inversión para realizar una plantación de caoba es de 12 años, porque a partir de la cosecha del segundo raleo los ingresos que genera son suficientes para manejar la plantación el resto de su ciclo. El monto máximo que se necesita es del orden de US\$ 6,000/ha.

5. DISCUSIÓN

Para fines prácticos los resultados se engloban en los siguientes temas de discusión.

5.1 TRATAMIENTOS INTERMEDIOS

El manejo, en una masa forestal es determinante para mejorar el rendimiento y productividad de la misma. La mayoría de los sitios de Honduras en donde se tienen esfuerzos de plantaciones de caoba, no están siendo manejados o el manejo es pobre y deficiente.

En la mayoría de los casos los tratamientos intermedios sólo se centran en las limpiezas, pasando por alto: podas, raleos, control de plagas y fertilización, entre otras.

Frente a la problemática que la caoba presenta, principalmente con el barrenador, los tratamientos intermedios se vuelven indispensables si lo que se quiere es producir madera de buena calidad.

En cuanto al control del barrenador se puede decir que no sólo se debe pensar en un mecanismo de control, sino que, la combinación de dos o más es mucho más efectiva. Prueba de ello es la estrategia empleada en la plantación de Armenta, la cual fue manejada con la aplicación de insecticidas sistémico conjuntamente con podas.

Regímenes de raleos para la especie no se han encontrados o se desconocen, razón por la cual las intervenciones en muchos de los lugares son llevadas a cabo sin seguir criterios técnicos.

5.2 CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO

Tanto en crecimiento como en rendimiento la especie tiene grandes variaciones, es por esta razón que para tener éxito con plantaciones de caoba se debe primeramente seleccionar el sitio de plantación, por ser el factor más influyente. El sitio incluye condiciones climáticas y edáficas.

Para los ecosistemas analizados, la especie mostró bajo crecimiento y rendimiento en el bosque seco tropical, transición a subtropical con precipitaciones inferiores a 1,300 ó 1,400 mm (caso específico de Zamorano y del valle de Comayagua). Esto se debió básicamente a la concentración de la precipitación en un corto período asociada a suelos de baja fertilidad natural y bastante pesados.

En el bosque seco tropical, transición a subtropical, con precipitación bien distribuida (como el caso del valle de Sula donde se encuentra la plantación de Armenta), el comportamiento de la especie en términos de crecimiento y rendimiento, es prácticamente similar al obtenido en los ecosistemas más húmedos, como son el bosque húmedo tropical, transición a subtropical y el bosque muy húmedo subtropical.

5.3 FUTURO MANEJO DE LA ESPECIE

La caoba es una especie naturalmente de temperamento oportunista, con bajas densidades por ha. Desde este punto de vista se cataloga como una especie heliófita y como tal potencialmente manejable a nivel de plantaciones forestales. Ahora bien, el manejo de las especies en plantaciones puras tiende a complicarse debido a que la especie se forza a ser de hábito gregario, cuando naturalmente no tiene este comportamiento. Es evidente, entonces, que en monocultivo la especie presente ataques del barrenador de la Meliaceae (*Hypsipyla* spp.), a veces de carácter epidémico. El barrenador es endémico de la especie y otros géneros de la familia Meliaceae. Por lo tanto, es necesario aprender a convivir con el insecto mediante técnicas de manejo.

A escala mundial la caoba de hoja grande (*Swietenia macrophylla* King) es casi indiscutiblemente la madera más cotizada en los mercados internacionales de calidad. El establecimiento y éxito de plantaciones con esta especie es vital si se quiere disminuir el impacto de las explotaciones de las mismas, en términos de posible extinción y/o erosión genética.

Plantaciones bien establecidas y manejadas que permitan alcanzar fustes limpios, mediante una combinación de sitios apropiados, empleo de semilla de buena calidad y tratamientos oportunos de las masas (podas, raleos y control de plagas), hasta una altura deseable de 5 a 6 metros sería la mejor opción para reducir la presión sobre la especie en el bosque natural y garantizar la demanda de madera en los mercados locales e internacionales.

6. CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio permitieron llegar a las siguientes conclusiones.

- A pesar de la reducida tasa de plantación con caoba, el crecimiento y el rendimiento de la especie complementado con el elevado valor económico de su madera en los mercados internacionales de calidad, evidencian el enorme potencial de esta especie para el establecimiento de plantaciones a escala operativa o comercial. Ahora bien, este potencial está directamente relacionado con la correcta selección de los sitios de plantación, de la procedencia o fuente semillera y con la manipulación apropiada de las masas plantadas.
- Si bien es cierto que los esfuerzos técnico – económicos con *Swietenia macrophylla* en Honduras han sido promisorios en la mayoría de los casos, el país no cuenta todavía con un programa de mejoramiento genético orientado principalmente a desarrollar individuos resistentes al barrenador y a la producción de semilla de alta calidad genética por zonas ecológicas y tipos de suelos.
- Aunque las plantaciones de caoba establecidas en Honduras no utilizaron los mejores sitios ni semillas certificadas y los tratamientos intermedios fueron mínimos, la rentabilidad de las mismas se considera bastante aceptable para este tipo de inversiones. Esto puede afirmarse con fundamento en la tasa interna de retorno (TIR) que fue del orden de 20 % y en la evaluación de la liquidez expresada a través del flujo neto acumulado. El flujo neto acumulado permitió determinar un período de compromiso crítico de 12 años. Esto indica que es necesario realizar inversiones de capital relativamente fuertes durante los primeros 12 años de la plantación, sin la generación de saldos positivos durante este período. A partir del año 12, los ingresos generados por productos de raleos cubren los costos de administración de la plantación hasta el año 30, incluyendo cosecha.

7. RECOMENDACIONES

- Al nivel del Servicio Forestal de Honduras y de los bancos de semillas, enclavados en territorio nacional, se recomienda realizar un estudio de la caoba de hoja grande (*Swietenia macrophylla* King) que considere su distribución ecológica, su localización por sitios dentro de cada ecosistema y su potencial de producción de semilla en términos de la calidad fenotípica de los portagranos y vigor genético de la semilla.
- Para el establecimiento de plantaciones operativas o comerciales con esta especie se recomienda seleccionar los mejores sitios en tierras bajas en función de la precipitación total anual y su distribución a lo largo del año y fertilidad del suelo. En este sentido, los cuatro mejores ecosistemas a nivel de Honduras para el establecimiento exitoso de plantaciones a gran escala son: bosque seco tropical, transición a subtropical (preferiblemente con más de 1,300 ó 1,400 mm de lluvias bien distribuidos), el bosque seco tropical transición, a húmedo; el bosque húmedo tropical, transición a subtropical y el bosque muy húmedo subtropical. En estos ecosistemas el éxito de las plantaciones depende directamente de la calidad de los suelos y lógicamente de la calidad de la semilla.
- A nivel de Zamorano y ante las experiencias obtenidas con la especie, se recomienda utilizar sitios de alta fertilidad natural, buen drenaje y ojalá con riego suplementario. El valor económico de la especie actual y futuro amerita inversiones de esta magnitud.

8. BIBLIOGRAFÍA

- AGUIRRE, J.A.; SOIHET, C.; VLOSKY, R.L. 1998. Certificación del manejo sostenible de los bosques en Honduras: Conocimiento, aceptación e implicaciones, Turrialba, Costa Rica. CATIE. 123 p.
- ESCALANTE, E. 1997. Ensayo de procedencias de mara *Swietenia macrophylla* King en la Reserva Forestal de Producción "Chore". Tesis de Grado Ing. Forestal. UAGRM. Santa Cruz-Bolivia 76 p.
- FAO. 1997. Recursos genéticos de *Swietenia* y *cedrela* en los neotropicos, Propuesta para acciones coordinadas. Roma, Italia. 58 p.
- FERREIRA, O. 1994. Manual de inventarios forestales. 2. ed. Siguatepeque, Honduras. 97 p.
- FUNES, L.; SAN MARTIN, A.; ARITA, N. 1983. Tablas de volumen local y general y Algunas relaciones dasométricas para *Swietenia macrophylla* King. Escuela Nacional de Ciencias Forestales. Siguatepeque, Comayagua. 65 p.
- GULLISON, R. E.; HUBELL, S.P. 1992. Regeneración natural de la mara (*Swietenia Macrophylla* King) en el bosque de Chimanes, Beni, Bolivia No. 19:43-56
- GULLISON, R. E.; PANFIL, S.N.; STROUSE, J.J.; HUBELL, S.P. 1996. Ecología y manejo de la mara (*Swietenia macrophylla* King) en el bosque Chimanes, Beni, Bolivia.
- GITTINGER, J. P. 1975. Análisis Económico de Proyectos Agrícolas. Editorial TECNOS. Madrid, España. 241 p.
- GITMAN, L.J. 1986. Fundamentos de administración financiera. Talleres rotográficos Zaragoza S.A. de C.V. México. 720 p.
- HOLDRIGE, L. R. 1967. Life Zone Ecology. San José, Costa Rica; Tropical Science Center.
- INFANTE V., A. 1995. Evaluación financiera de proyectos de inversión. Editorial NORMAS S.A. Colombia. 398 p.

- KILLEN, T.J.; GARCIA, E.; BECK, S. 1993. Guía de árboles de Bolivia. La Paz, Bolivia, Liga de la Defensa del Medio Ambiente, LIDEMA. 958 p.
- LAMB, B. 1966. Mahogany of Tropical América; its ecology and management. Ann Arbor, University of Michigan, 220 p.
- LAMPRECHT, H. 1990. Silvicultura en los Trópicos. 1ra. Estchobron-Alemania. Edición. 335 p.
- MAYHEW, J. E.; NEWTON, A. C. 1998. The Silviculture of Mahogany. CABI Publishing. 226 P.
- MENDIETA, M. R.; ZAPATA, J. B.; TOM, J. A. 1999. Diagnóstico del estado actual de la caoba (*Swietenia macrophylla*) en Honduras 25 p.
- QUEVEDO HURTADO, L. 1986. Evaluación del efecto de la tala selectiva sobre la Renovación de un bosque húmedo subtropical en Santa Cruz, Bolivia. Tesis M.S. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 221 p.
- ROPER, J. 1984. Estudio de Volumen y Defectos (Proyecto Corocito) y Tablas de Volumen Bruto. Programa Forestal ACDI-COHDEFOR. Tegucigalpa, D. C. Honduras, C.A.
- SAPAG, N.; SAPAG, R. 1995. Preparación y evaluación de proyectos. McGRAW-HILL. Colombia 398 p.
- SAPAG CHANG, N. 1995. Criterios de evaluación de proyectos; como medir la rentabilidad de las inversiones. McGRAW-HILL. México. 136 p.
- SUAZO, J.; WALKER, I.; RAMOS, M.; ZELAYA, S. 1997. Políticas forestales de Honduras: análisis de las restricciones para el desarrollo del sector ferestal. *In* Políticas Forestales de Centroamérica. IICA, PFA, CCAB-AP. San Sansalvador, El Salvador. pp. 231-266.
- VERISSIMO, A.; GROGAN, J. 1998. "Síntesis de la situación actual de la caoba, a nivel Internacional". Instituto del Hombre y Medio Ambiente de la Amazonía (IMAZON) Relatori Informativo Brasili -DF. 22 p.
- VON PLATEN, H. 1995. Inversiones A largo plazo: cómo tomar en cuenta la inflación y los intereses?. Comunicación Técnica. Revista Forestal Centroamericana 11, IV. pp 16-18.
- WELS, W.V. 1982. Exploraciones y aventuras en Honduras 1857: maderas preciosas. Editorial Universitaria Centroamericana 3ra, Ed. San José, C.R. pp. 307-323.

9. ANEXOS

9. ANEXOS

EVALUACION TECNICA DE PLANTACIONES DE CAOBA EN HONDURAS

FORMULARIO DE CAMPO

CARACTERISTICAS DEL SITIO DE PLANTACION

INFORMACION GENERAL

Depto:
Nombre sitio :
Propietario :
municipio:
Especie plantada:
Tipo de plantación:
Edad en años:
Espaciamiento:
Superficie plantada:

CLIMA Y ECOLOGIA

Temperatura media anual (°C):
Precipitación promedio total anual (mm):
Período de sequía:
Zona de vida:

TOPOGRAFIA Y SUELOS

Topografía: Q () O () P ()
Pendiente promedio (%):
Suelos:
Profundidad: P () MP () S ()
Pedregosidad: SP () P () PP ()
Textura:
pH:
Fertilidad natural: A () M () B ()

MANEJO DE SEMILLA Y PLANTULAS

- | | | |
|--|--|--|
| 1. Proveniencia: | 6. Porcentaje de germinación: | 11. Diámetro basal plántula: |
| 2. Fecha de recolección: | 7. Tipo de siembra: | 12. Altura media plántula: |
| 3. Tipo de almacenamiento: Banco () Ambiente (): | 8. Tamaño de bolsa: | 13. Kilogramos de semillas para producir 1,000 plantas |
| 4. Semillas por kilogramo | 9. Tipo de mezcla: | |
| 5. Tratamiento pregerminativo: | 10. Permanencia de plántulas en el vivero: | |

Topografía	Suelos/profundidad:	Suelos / pedregosidad:	Fertilidad natural:
Q = quebrada	P = Profundos	SP = Sin piedra	A = Alta
O = ondulada	MP = Moderadamente profundos	P = Pedregoso	M = Media
P = plana	S = Someros o superficiales	PP = Poco pedregosos	B = Baja

Anexo 2. Formulario para las mediciones de árboles individuales

CATIE Form 3a
DRNR rev. nov. 83

MEDICIONES DE ARBOLES INDIVIDUALES. ÚNICA MEDICIÓN

País Sitio

Experimento

Especie/variedad

Lote Repetición Parcela o tratamiento

Fecha de plantación (día, mes, año) Área de parcela (m^2)

No. de árboles originales en el lote o parcela de evaluación

Fecha de medición (día, mes, año) Masa medida

Nombre y firma del anotador

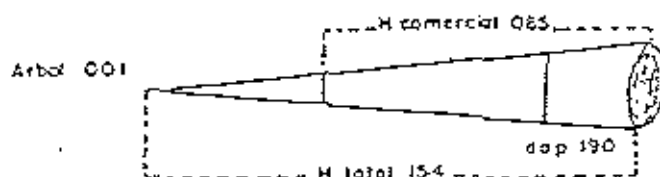
Árbol no.	D.A.P. mm.	Díam. 80 cm mm.	Altura dm.	Forma del fuste y defectos 1/												Observaciones		
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C		D	E
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		
21																		
22																		
23																		
24																		
25																		

1/ 1 cola de zorro; 2 poco sinuoso; 3 muy sinuoso; 4 torcedura basal; 5 bifurcado; 6 inclinado; 7 enfermo; 8 con plagas; 9 copa asimétrica; A tallo quebrado con recuperación; B tallo quebrado sin recuperación; C sin copa; D replantación; E especie extraña; F rebrote o retoño. Anote los códigos en sus propias columnas, para facilitar grabación.

Véanse las instrucciones en el dorso del formulario.

Hoja 1 de

Columnas	Código	Registro	Q = datos del árbol entero; instrucciones al dero
		Registro 1, 2, 3... en adelante	= datos por trazo o sección, en litros de At/dcc/dcc. Use un registro para cada eje o rama. Un eje puede ocupar más que uno hito de control, o tiene más de 3 hitos de medición.
01 - 03	1	Altura (dm) relativa de la primera traza (000 cuando es la base)	(altura relativa es la altura en relación a la base del eje o rama actual, y no necesariamente en relación a la base del árbol)
04 - 06	2	Diámetro con corteza (mm), o la altura de la primera traza.	
		Diámetro 000 indica ápice del eje	
07 - 09	3	Diámetro sin corteza (mm) a la altura de la primera traza (si mide el grosor de corteza, multiplíquelo x 2 y el resultado restelo del diámetro con corteza), y opaco de grosor de corteza...	
10 - 12	4	Altura hasta la segunda traza (cumulative)	
13 - 15	5	Diámetro con corteza a la altura de la segunda traza	
16 - 18	6	Diámetro sin corteza a la altura de la segunda traza	
etc.		etc.	



Page 44

[illegible]

Figura 7A. Formulario de campo para el registro de datos para elaborar tablas de volumen

Anexo 4. Flujo de caja en dólares para una hectarea de caoba

INGRESOS	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12
Venta de leña							837.86						837.864
Venta de madera (PT)													22823
Venta de semilla													
Cosecha													
Total de ingresos	0	0	0	0	0	0	837.86	0	0	0	0	0	23660.9
EGRESOS	2725.6	274.15	983.85	791.29	244.68	219.04	572.94	133.35	117.15	126.45	142.95	116.1	4461.83
Inversión Inicial													
Tierra	2000												
Equipo y herramienta	61.13	77.8	779.9	589.2	53.7	52	13.1	37.2	27.9	37.2	53.7	37.2	565.1
Establecimiento	684.48												
Mantenimiento		196.35	203.95	202.09	190.98	167.04	392.66	96.15	89.25	89.25	89.25	78.9	473.28
Costos de Transporte							167.18						1483.5
Costos de Industrialización													1939.98
Flujo neto de efectivo	-2726	-274.1	-983.8	-791.3	-244.7	-219	264.93	-133.4	-117.2	-126.5	-143	-116.1	19199
Flujo neto de efectivo acumulado	-2726	-3000	-3984	-4775	-5020	-5239	-4974	-5107	-5224	-5351	-5494	-5610	13589.4

TIR mínima = 20%

TIR media = 23%

TIR máxima = 26%

Anexo 5. Continuación del flujo de caja

INGRESOS	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20	Año 21	Año 22	Año 23	Año 24	Año 25	Año 26	Año 27	Año 28	Año 29	Año 30
Venta de leña						1827												2913.6
Venta de madera (PT)						53940												
Venta de semilla			22.5	22.5	22.5	45	45	45	91	91	91	135	135	135	180	180	180	
Cosecha																		135720
Total de ingresos	0	0	22.5	22.5	22.5	55812	45	45	91	91	91	135	135	135	180	180	180	138634
EGRESOS	116.1	132.6	116.1	92	116.1	5058	116.1	92	92	116.1	132.6	92	116.1	92	644	116.1	92	7580
Inversión inicial																		
Tierra																		
Equipo y herramienta	37.2	53.7	37.2	13.1	37.2	605.7	37.2	13.1	13.1	37.2	53.7	13.1	37.2	13.1	565.1	37.2	13.1	13.1
Establecimiento																		
Mantenimiento	78.9	78.9	78.9	78.9	78.9	406.5	78.9	78.9	78.9	78.9	78.9	78.9	78.9	78.9	78.9	78.9	78.9	780.9
Costos de Transporte						1753												2940.6
Costos de Industrialización						2292												3845.4
Flujo neto de efectivo	-116	-133	-93.6	-69.5	-93.6	50755	-71.1	-47	-1	-25.1	-41.6	43	18.9	43	-464	63.9	88	131054
Flujo neto de efectivo acumulado	13473	13341	13247	13178	13084	63839	63768	63721	63720	63694	63653	63696	63715	63758	63294	63358	63446	194499

€

Anexo 6. Costos de establecimiento y mantenimiento del primer año de una ha de caoba

No.	Operación	Unidad	Cant./ha	Costo/unit.	Costo/ha(\$)
1	Desmonte	hr	4	50	200
2	Subsoleo	hr	4	30	120
3	Aplicación	día			0
	herbicida	lt			0
4	Ahoyado	unidad	1111	0.04	44.44
5	Plantas	unidad	1111	0.14	155.54
6	Plantado	unidad	1200	0.02	24
7	Fertilización	día	1	3.45	3.45
	Fertilizante	kg	55	0.29	15.95
8	Limpieza me	hr	4.5	14.8	66.6
9	Limpieza ma	día	10	3.45	34.5
					664.48

No.	Operación	Unidad	Cant./ha	Costo/unit.	Costo/ha(\$)
1	Limpieza me	hr	4.5	14.8	66.6
2	Limpieza ma	día	10	3.45	34.5
3	Fertilización	día	8	3.45	27.6
4	Fertilizante				0
	18:46:0	kg	55	0.29	15.95
	Urea	kg	83	0.15	12.45
5	Ctrl. Plagas	día	4	3.4	13.6
	Folidol	lb	1.5	1.24	1.86
	Malatión	lb	1.5	2.07	3.105
	Nuvacrón	lt	2	10.34	20.68
					196.345

Anexo 7. Costos de mantenimiento del año 2 y 3

No.	Operación	Unidad	Cant./ha	Costo/unit.	Costo/ha(\$)
1	Limpieza me	hr	4.5	14.8	66.6
2	Limpieza ma	día	10	3.45	34.5
3	Fertilización	día	8	3.45	27.6
4	Fertilizante				0
	12:24:12	kg	55	0.24	13.2
	Urea	kg	83	0.15	12.45
5	Ctrl. Plagas	día	4	3.4	13.6
	Folidol	lb	1.5	1.24	1.86
	Malatión	lb	1.5	2.07	3.105
	Nuvacrón	lt	2	10.34	20.68
6	Podas	día	3	3.45	10.35
					<u>203.945</u>

No.	Operación	Unidad	Cant./ha	Costo/unit.	Costo/ha(\$)
1	Limpieza me	hr	4.5	14.8	66.6
2	Limpieza ma	día	10	3.45	34.5
3	Fertilización	día	8	3.45	27.6
4	Fertilizante				0
	12:24:12	kg	55	0.24	13.2
	Urea	kg	83	0.15	12.45
5	Ctrl. Plagas	día	4	3.4	13.6
	Folidol	lb	0	1.24	0
	Malatión	lb	1.5	2.07	3.105
	Nuvacrón	lt	2	10.34	20.68
6	Podas	día	3	3.45	10.35
					<u>202.085</u>

Anexo 8. Costos de mantenimiento del año 4 y 5

No.	Operación	Unidad	Cant./ha	Costo/unit.	Costo/ha(\$)
1	Limpieza me	hr	3	14,8	44,4
2	Limpieza ma	día	10	3,45	34,5
3	Fertilización	día	8	3,45	27,6
4	Fertilizante				0
	12:24:12	kg	111	0,24	26,64
	Urea	kg	111	0,15	16,65
5	Ctrl. Plagas	día	4	3,4	13,6
	Folidol	lb	0	1,24	0
	Malatión	lb	0	2,07	0
	Nuvacrón	lt	1	10,34	10,34
6	Podas	día	5	3,45	17,25
					<u>190,98</u>

No.	Operación	Unidad	Cant./ha	Costo/unit.	Costo/ha(\$)
1	Limpieza me	hr	3	14,8	44,4
2	Limpieza ma	día	10	3,45	34,5
3	Fertilización	día	8	3,45	27,6
4	Fertilizante				0
	12:24:12	kg	111	0,24	26,64
	Urea	kg	111	0,15	16,65
5	Ctrl. Plagas	día		3,4	0
	Folidol	lb	0	1,24	0
	Malatión	lb	0	2,07	0
	Nuvacrón	lt	0	10,34	0
6	Podas	día	5	3,45	17,25
					<u>167,04</u>

Anexo 9. Costos de mantenimiento del año 6 y 7

No.	Operación	Unidad	Cant./ha	Costo/unit.	Costo/ha(\$)
1	Limpieza me	hr	0	14.8	0
2	Limpieza ma	día	10	3.45	34.5
3	Fertilización	día	5	3.45	17.25
4	Fertilizante				0
	12:24:12	kg	62.5	0.24	15
	Urea	kg	62.5	0.15	9.375
5	Ctrl. Plagas	día		3.4	0
	Folidol	lb	0	1.24	0
	Malatión	lb	0	2.07	0
	Nuvacrón	lt	0	10.34	0
6	Raleo (1er.)	arboles	486	0.63	306.18
7	Podas	día	3	3.45	10.35
					<u>392.655</u>

No.	Operación	Unidad	Cant./ha	Costo/unit.	Costo/ha(\$)
1	Limpieza me	hr	3	14.8	44.4
2	Limpieza ma	día	10	3.45	34.5
3	Fertilización	día		3.45	0
4	Fertilizante				0
	12:24:12	kg	0	0.24	0
	Urea	kg	0	0.15	0
5	Ctrl. Plagas	día		3.4	0
	Folidol	lb	0	1.24	0
	Malatión	lb	0	2.07	0
	Nuvacrón	lt	0	10.34	0
6	Podas	día	5	3.45	17.25
					<u>96.15</u>

Anexo 10. Costos de mantenimiento del año 8 y 9

No.	Operación	Unidad	Cant./ha	Costo/unit.	Costo/ha(S)
1	Limpieza me	hr	3	14.8	44.4
2	Limpieza ma	día	10	3.45	34.5
3	Fertilización	día	0	3.45	0
4	Fertilizante				0
	12:24:12	kg	0	0.24	0
	Urea	kg	0	0.15	0
5	Ctrl. Plagas	día		3.4	0
	Folidol	lb	0	1.24	0
	Malatión	lb	0	2.07	0
	Nuvacrón	lt	0	10.34	0
6	Podas	día	3	3.45	10.35
					<u>89.25</u>

No.	Operación	Unidad	Cant./ha	Costo/unit.	Costo/ha(S)
1	Limpieza me	hr	3	14.8	44.4
2	Limpieza ma	día	10	3.45	34.5
3	Fertilización	día		3.45	0
4	Fertilizante				0
	12:24:12	kg	0	0.24	0
	Urea	kg	0	0.15	0
5	Ctrl. Plagas	día		3.4	0
	Folidol	lb	0	1.24	0
	Malatión	lb	0	2.07	0
	Nuvacrón	lt	0	10.34	0
6	Podas	día	3	3.45	10.35
					<u>89.25</u>

Anexo 11. Costos de mantenimiento del año 10 y 11

No.	Operación	Unidad	Cant./ha	Costo/unit.	Costo/ha(\$)
1	Limpieza me	hr	3	14,8	44.4
2	Limpieza ma	día	10	3,45	34.5
3	Fertilización	día	0	3,45	0
4	Fertilizante				0
	12:24:12	kg	0	0,24	0
	Urea	kg	0	0,15	0
5	Ctrl. Plagas	día		3,4	0
	Folidol	lb	0	1,24	0
	Malatión	lb	0	2,07	0
	Nuvacrón	lt	0	10,34	0
6	Podas	día	3	3,45	10,35
					<u>89.25</u>

No.	Operación	Unidad	Cant./ha	Costo/unit.	Costo/ha(\$)
1	Limpieza me	hr	3	14,8	44.4
2	Limpieza ma	día	10	3,45	34.5
3	Fertilización	día	0	3,45	0
4	Fertilizante				0
	12:24:12	kg	0	0,24	0
	Urea	kg	0	0,15	0
5	Ctrl. Plagas	día		3,4	0
	Folidol	lb	0	1,24	0
	Malatión	lb	0	2,07	0
	Nuvacrón	lt	0	10,34	0
6	Podas	día	0	3,45	0
					<u>78.9</u>

Anexo 12. Costos de mantenimiento del año 12 y del 13 al 17

No.	Operación	Unidad	Cant./ha	Costo/unit.	Costo/ha(\$)
1	Limpieza me	hr	3	14.8	44.4
2	Limpieza ma	día	10	3.45	34.5
3	Fertilización	día	0	3.45	0
4	Fertilizante				0
	12:24:12	kg	0	0.24	0
	Urea	kg	0	0.15	0
5	Ctrl. Plagas	día		3.4	0
	Folidol	lb	0	1.24	0
	Malatión	lb	0	2.07	0
	Nuvacrón	lt	0	10.34	0
6	Podas	día	0	3.45	0
7	Raleos (2do.)	arboles	313	1.26	394.38
					<u>473.28</u>

No.	Operación	Unidad	Cant./ha	Costo/unit.	Costo/ha(\$)
1	Limpieza me	hr	3	14.8	44.4
2	Limpieza ma	día	10	3.45	34.5
3	Fertilización	día	0	3.45	0
4	Fertilizante				0
	12:24:12	kg	0	0.24	0
	Urea	kg	0	0.15	0
5	Ctrl. Plagas	día		3.4	0
	Folidol	lb	0	1.24	0
	Malatión	lb	0	2.07	0
	Nuvacrón	lt	0	10.34	0
6	Podas	día	0	3.45	0
					<u>78.9</u>

Anexo 13. Costos de mantenimiento del año 18 y del 19 al 29

No.	Operación	Unidad	Cant./ha	Costo/unit.	Costo/ha(\$)
1	Limpieza me	hr	3	14.8	44.4
2	Limpieza ma	día	10	3.45	34.5
3	Fertilizacion	día	0	3.45	0
4	Fertilizante				0
	12:24:12	kg	0	0.24	0
	Urea	kg	0	0.15	0
5	Ctrl. Plagas	día		3.4	0
	Folidol	lb	0	1.24	0
	Malatión	lb	0	2.07	0
	Nuvacrón	lt	0	10.34	0
6	Podas	día	0	3.45	0
7	Raleos (2do.)	arboles	156	2.1	327.6
					<u>406.5</u>

No.	Operación	Unidad	Cant./ha	Costo/unit.	Costo/ha(\$)
1	Limpieza me	hr	3	14.8	44.4
2	Limpieza ma	día	10	3.45	34.5
3	Fertilizacion	día	0	3.45	0
4	Fertilizante				0
	12:24:12	kg	0	0.24	0
	Urea	kg	0	0.15	0
5	Ctrl. Plagas	día		3.4	0
	Folidol	lb	0	1.24	0
	Malatión	lb	0	2.07	0
	Nuvacrón	lt	0	10.34	0
6	Podas	día	0	3.45	0
					<u>78.9</u>

Anexo 14. Costos de mantenimiento del año 30

No.	Operación	Unidad	Cant./ha	Costo/unit.	Costo/ha(\$)
1	Limpieza me	hr	3	14.8	44.4
2	Limpieza ma	dia	10	3.45	34.5
3	Fertilizacion	dia	0	3.45	0
4	Fertilizante				0
	12:24:12	kg	0	0.24	0
	Urea	kg	0	0.15	0
5	Ctrl. Plagas	dia		3.4	0
	Folidol	lb	0	1.24	0
	Malatión	lb	0	2.07	0
	Nuvacrón	lt	0	10.34	0
6	Podas	dia	0	3.45	0
7	Cosecha	arboles	156	4.5	702
					<hr/> 780.9

Anexo 15. Inversiones en herramientas y equipos de trabajo

Descripción	Cantidad	Val./Unid. \$	Costo Total	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
Motosierra	1	552	552			552										552			
Sierra telescópica	1	552	552				552												
Bomba manual	2	100	200			200													
Sierra podadora	5	2.96	14.8			14.8			14.8										
Machetes	10	2.41	24.1	24.1	24.1		24.1		24.1		24.1		24.1		24.1		24.1		24.1
Azadones	10	4.06	40.6	40.6	40.6		40.6		40.6		40.6		40.6		40.6		40.6		40.6
Limas	10	1.31	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1
Barros	2	16.6	33.2	33.2															
Palas duplex	3	9.31	27.93	27.93															
Totales				61.13	77.8	779.9	589.2	53.7	52	13.1	37.2	27.9	37.2	53.7	37.2	565.1	37.2	53.7	37.2

Anexo 16. Continuación de las inversiones en herramientas y equipos de trabajo

Descripción	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20	Año 21	Año 22	Año 23	Año 24	Año 25	Año 26	Año 27	Año 28	Año 29	Año 30
Motosierra															
Sierra telescópica															
Bomba manual															
Sierra podadora															
Machetes		24.1		24.1			24.1		24.1				24.1		
Aradones			40.6					40.6							
Limas	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1
Barras															
Palos duplex															
Totales	13.1	37.2	605.7	37.2	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	37.2	13.1	565.1	37.2	13.1	13.1

Anexo 17. Costos de industrialización y transporte en dólares

Actividad	Unidad	Cantidad	Co. Unitario	Co. Total
<hr/>				
1er. Raleo				
Transporte	Metro estereo	97.2	1.72	167.2
Industrialización				
aserrio				
secado				
<hr/>				
2do. Raleo				
Transporte	PT	11, 411.5	0.13	1, 483.5
Industrialización	PT			1, 940
aserrio	PT	11, 411.5	0.1	1, 141.2
secado	PT	11, 411.5	0.07	798.8
<hr/>				
3er. Raleo				
Transporte	PT	13, 485	0.13	1, 753.1
Industrialización	PT			2, 292.6
aserrio	PT	13, 485	0.1	1, 348.5
secado	PT	13, 485	0.07	944.0
<hr/>				
Cosecha				
Transporte	PT	22, 620	0.13	2, 940.6
Industrialización	PT			3, 845.4
aserrio	PT	22, 620	0.1	2, 262
secado	PT	22, 620	0.07	1, 583.4

Anexo 18. Ingresos en dólares de una ha de caoba

Raleos	No./árboles	Madera en rollo			PT	Precio PT \$	Ingresos PT	Leña (ME) ¹	Precio \$	Ingresos Le.	Ingr. Total
		Vol.T (m ³)	Vol.C ₁₀ (m ³)	Vol.C ₄ (m ³)							
Primero	486	17						97.2	8.62	837.9	837.9
Segundo	313	56.34	78.70	53.21	11411.5	2	22823	209.6	8.62	1806.5	24629.5
Tercero	156	57.72	93	56.16	13485	4	53940	212.0	8.62	1827.4	55767.4
Cosecha	156		156		22620	6	135720	338.0	8.62	2913.6	138633.6

1,71 m³ rollizo = 2 m estereo

5 árboles = 1 m estereo

Venta de semilla

Años	Cantidad	Unidad	Co. Unitario	Costo total	Ingreso ven	Beneficio
15	0,5	sacos	10	5	27,5	22,5
16	0,5	sacos	10	5	27,5	22,5
17	0,5	sacos	10	5	27,5	22,5
18	1	sacos	10	10	55	45
19	1	sacos	10	10	55	45
20	1	sacos	10	10	55	45
21	2	sacos	10	20	111	91
22	2	sacos	10	20	111	91
23	2	sacos	10	20	111	91
24	3	sacos	10	30	165	135
25	3	sacos	10	30	165	135
26	3	sacos	10	30	165	135
27	4	sacos	10	40	220	180
28	4	sacos	10	40	220	180
29	4	sacos	10	40	220	180
30	4	sacos	10	40	220	180