

**Modelo de manejo para una plantación
comercial de teca negra (*Tectona grandis*
L.f.), en La Libertad, El Salvador:
Primeros Cinco Años**

Miguel Eduardo Montesino Hernández

ZAMORANO

Departamento de Recursos Naturales y Conservación Biológica

Diciembre, 1998

**Modelo de manejo para una plantación
comercial de teca negra (*Tectona grandis*
L.f.), en La Libertad, El Salvador:
Primeros cinco años**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el grado
Académico de Licenciatura

Presentado por

Miguel Eduardo Montesino Hernández

Zamorano-Honduras
Diciembre, 1998

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.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Miguel Eduardo Montesino Hernández', written over a horizontal line. The signature is stylized and somewhat cursive.

Miguel Eduardo Montesino Hernández

ZAMORANO-HONDURAS
Diciembre, 1998

DEDICATORIA

A la Madre Naturaleza, porque todavía tenemos hombres que la amamos y la respetamos.

A nuestra casa, llamada Tierra, por mostrarnos su belleza.

Al Profesor Nelson Agudelo, por sembrar su semilla en tierra fértil.

A mis papás, por ser los mejores.

A Diana, por ser mi inspiración y felicidad.

A mi tierra querida, El Salvador, por todo lo sufrido.

A mis hermanos y amigos, por los momentos vividos.

A todos los hombres que luchan por la libertad de sus ideas.

Y a mi Amígazo, por crear algo tan hermoso y perfecto, la vida.

AGRADECIMIENTOS

A mis papás por todo su apoyo y amor, mi Amigazo los bendiga por siempre, los amo.

A Diana, por mostrarme lo bella que es la vida junto a ella y darme la felicidad que tanto anhelaba. T.A.P.T.L.V.A.

Al Profesor Nelson Agudelo, porque sin su ayuda este trabajo hubiera sido una utopía; por ser un ejemplo a seguir, un guía y un amigo. MIL GRACIAS PROFE.

Al Ing. Arnoldo Rubio, por creer en mí desde el primer día y dejarme mostrar lo que soy capaz de hacer, este triunfo es suyo.

A mi familia por darme su cariño y apoyo en todo momento.

A mis hermanos del alma, Gabriel y Armando, por una hermandad sin límites, somos los mejores.

Al P. Luis Toro S.J. por escucharme y enseñarme el valor de una amistad.

A Claudia por ayudarme a ver el lado bueno de las cosas, gracias Clau.

A mis amigos de El Salvador: Héctor B., Mario E., y Mirna R.; por brindarme su amistad a pesar de la distancia.

A mis amigos de Zamorano: Claudia L., Sebastián V., Fernando C., Carlos G., Ramón D., Roberto E., Patricio P., Marvin R., Ángel P., Roger H., Max Ch., Ricardo O., Eduardo B., John C., Héctor F. Manuel A.; por compartir cuatro años de buenos y malos momentos. Los extrañaré amigos, hasta siempre!

A las familias de Zamorano, Agudelo Higueta y Paz Castillo, por hacerme sentir en casa.

A las familias Cosenza Sutton y Lardizabal Naranjo, por recibirme y brindarme calor de familia.

Al Ing. Gerardo Pérez, por su tiempo, amistad y sobre todo paciencia, gracias Gerardo.

Al Ing. Oscar Ferreira, Investigador de ESNACIFOR, por su ayuda desinteresada.

Al Sr. Carlos Ramos, porque sin su colaboración este trabajo no hubiera sido posible.

Y finalmente a mi Amigazo y a su Madre, por todos nosotros, por darme la vida y la fuerza para luchar por mis ideales y sueños

AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES

A AHORROMET, S.A. de C.V. por financiarme mis estudios en Zamorano durante cuatro años.

Al Dr. Armando Calderón Nuila, a sus hijos Don Tomás y Dr. Armando; por financiar mi tesis y dejarme mostrarles lo que soy capaz de hacer.

RESUMEN

Montesino, Miguel 1998. Modelo de Manejo para una Plantación de Teca Negra –*Tectona grandis* L.f.- en La Libertad, El Salvador: Primeros Cinco Años. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, El Zamorano, Honduras. 85p.

Para la plantación de Teca negra –*Tectona grandis*- de “Forestal La Cueva”, en El Salvador, establecida a partir de 1971 se formuló el primer modelo de manejo para el quinquenio 1999-2003. Para su diseño se levantó el mapa de rodales, se instaló una red de parcelas de muestreo permanentes para monitorear el crecimiento y rendimiento de la masa, se construyeron tablas volumétricas de doble entrada, se inició un programa de mejoramiento genético de la especie sustentado en la selección de portagranos procedente de las masas maduras y de un rodal semillero, éste último instalado en su primera fase y se determinaron los costos de la plantación. El análisis de la información de campo permitió estimar un turno económico de 20 años, una cosecha anual permisible de 65.16m³/ha, una superficie anual de corta de cinco ha y la existencia de catorce rodales y no veinte como debería de ser. El estudio indicó que la plantación es sostenible bajo un esquema de manejo, para la producción de madera, postes, leña y carbón vegetal y que a pesar de la deficiencia dasométrica detectada, su manipulación, dentro del concepto de rendimiento forestal sostenido, es técnicamente posible. La red vial de caminos forestales existente presenta, a la fecha, un estado crítico y es insuficiente, desde el punto de vista logístico, para fines de manejo. Por tal razón, es recomendable analizar la factibilidad económica de introducir un sistema aéreo de cable vía articulado y de largo alcance, con fines de aprovechamiento forestal, dadas las características topográficas y la susceptibilidad de los suelos a erosión. Si esta alternativa no es viable, cualquier expansión de la red vial debería someterse a una planificación sustentada en criterios ambientales y económicos.

Palabras claves: El Salvador, manejo forestal, plan de manejo, plantación comercial, *Tectona grandis*.

“FORESTAL LA CUEVA: PIONEROS EN EL MANEJO COMERCIAL SOSTENIBLE DE TECA NEGRA A NIVEL CENTROAMERICANO”

Existe un manejo comercial sostenible? Está es la pregunta que se harán muchos al leer lo anterior, pues esta pregunta puede ser respondida afirmativamente gracias a un estudio realizado en las plantaciones de teca negra *-Tectona grandis L.f.-* de “Forestal La Cueva”, localizada en el Departamento de La Libertad, El Salvador.

Se habla mucho sobre el manejo sostenible de los recursos naturales, pero hasta ahora existen muy pocos modelos de manejo en Centro América, que en realidad los sean, tanto para bosques naturales como para plantaciones comerciales.

La teca negra está tomando mucha importancia en los mercados internacionales de maderas preciosas, gracias a su belleza y a la excelente calidad y resistencia de su madera, alcanzando precios muy atractivos y competitivos con los de otras maderas de color. Nativa de Birmania y del Sureste de la India, fue plantada por primera vez en “Forestal La Cueva” en el año 1971, pero no fue sino hasta 1998 que se formuló el primer modelo de manejo, el cual se pondrá en acción durante el quinquenio 1999-2003.

Para el diseño de este modelo de manejo se levantó el mapa de rodales, se instaló una red de parcelas de muestreo permanentes para monitorear el crecimiento y rendimiento de la masa, se construyeron tablas de volumen de doble entrada, se inició un programa de mejoramiento genético de la especie sustentado en la selección de portagranos procedente de las masas maduras y de un rodal semillero, éste último instalado en su primera fase, y se determinaron los costos de la plantación.

El análisis de la información de campo permitió estimar un turno económico de 20 años, una cosecha anual permisible de 65.16m³/ha, una superficie anual de corta de cinco ha y la existencia de 14 rodales y no 20 como debería ser. El estudio indicó que la plantación es sostenible bajo un esquema de manejo, para la producción de madera, postes, leña y carbón vegetal, y que a pesar de la falta de intervenciones silvícolas a la masa, su manipulación, dentro del concepto de rendimiento forestal sostenido, es técnicamente posible.

Gracias a este estudio, “Forestal La Cueva” emprende un camino hacia un futuro sostenible para sus plantaciones de teca, convirtiéndose así en la primera empresa forestal privada en toda Centro América, que cuente con un modelo de manejo comercialmente sostenible.

CONTENIDO

	Portadilla.....	i
	Autoría.....	ii
	Página de firmas.....	iii
	Dedicatoria.....	iv
	Agradecimientos.....	v
	Agradecimientos a patrocinadores.....	vi
	Resumen.....	vii
	Nota de prensa.....	viii
	Contenido.....	ix
	Índice de cuadros.....	xii
	Índice de figuras.....	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>Tectona grandis</i> L.f.....	3
2.1.1	Taxonomía.....	3
2.1.2	Descripción botánica.....	3
2.1.3	Distribución natural.....	4
2.1.4	Distribución artificial.....	4
2.1.5	Ecología de la especie.....	5
2.1.6	Factores limitantes.....	6
2.2	Aspectos silviculturales.....	7
2.2.1	Uso como especie en plantaciones forestales.....	7
2.2.2	Colección de semillas y almacenamiento.....	7
2.2.3	Producción de plántulas.....	8
2.2.4	Preparación del sitio.....	9
2.2.5	Espaciamento.....	9
2.2.6	Raleos.....	10
2.2.7	Podas.....	10
2.2.8	Manejo bajo sistema de monte bajo.....	11
2.3	Crecimiento y rendimiento.....	11
2.3.1	Clasificación de calidad de sitio.....	11
2.3.2	Crecimiento y rendimiento.....	12
2.4	Concepto, estructura y contenido de los planes de manejo.....	14
2.4.1	Concepto de manejo y plan de manejo.....	14
2.4.2	Estructura y contenido.....	14

3	MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
3.1	Descripción de la zona de estudio.....	17
3.1.1	Aspectos políticos.....	17
3.1.2	Aspectos físicos.....	19
3.1.3	Aspectos socioeconómicos.....	23
3.1.4	Requerimientos de productos forestales.....	23
3.2	Metodología de levantamiento.....	25
3.2.1	Mapa base del área plantada.....	25
3.2.2	Rodalización.....	25
3.2.3	Diseño e instalación de una red de Parcelas de Muestreo Permanente.....	25
3.2.4	Tablas de volumen.....	26
3.2.5	Selección de árboles superiores y establecimiento de un rodal semillero, en su primera fase.....	28
3.2.6	Inventario de caminos forestales.....	28
3.2.7	Inventario de equipo y fuerza de trabajo disponible.....	28
3.2.8	Costos de plantación.....	29
3.3	Metodología de la evaluación.....	29
3.3.1	Delimitación de clases de manejo o rodales.....	29
3.3.2	Determinación de funciones volumétricas.....	29
3.3.3	Determinación del turno económico para la especie.....	29
3.3.4	Procedimiento para el cálculo de la posibilidad o cosecha del bosque.....	29
3.3.5	Cortas intermedias.....	31
3.2.6	Selección de árboles superiores y establecimiento de un rodal semillero en su primera fase.....	31
3.3.7	Frecuencia de las evaluaciones de las PMP y variables a evaluar.....	32
3.3.8	Procesamiento de datos.....	33
4	RESULTADOS	34
4.1	Objetivos del modelo de manejo.....	34
4.2	Separación de clases de manejo o rodales.....	34
4.3	Funciones para la determinación de volumen de madera en pie y tablas de volumen.....	34
4.4	Planes especiales.....	51
4.4.1	Planes de intervenciones silvícolas.....	51
4.4.2	Plan de mejoramiento genético de la masa forestal.....	55
4.4.3	Plan de rehabilitación de caminos forestales y suelos.....	56
4.4.4	Plan de investigación.....	57
5	DISCUSION.....	60
6	CONCLUSIONES.....	62
7	RECOMENDACIONES.....	63
8	BIBLIOGRAFIA.....	64

INDICE DE CUADROS

Cuadro

1.	Tabla de volumen en m ³ , sin corteza hasta 8 cm de diámetro superior para teca (<i>Tectona grandis</i> L.f.) en El Salvador.....	13
2.	Condiciones metereológicas en el Casco de La Cueva.....	21
3.	Precios de madera de teca en rollo pagados por PROMASAL.....	25
4.	Red de Parcelas de Muestreo Permanente con su correspondiente sitio, número de parcelas, tamaño, número de árboles y edad.....	27
5.	Clases diamétricas y número de árboles cubicados para los sitios El Jute y El Salto.....	27
6.	Costos de producción en dólares para una ha de teca, desde semilla hasta cosecha (20 años).....	30
7.	Superficie y distribución porcentual de las clases de manejo o rodales para "Forestal La Cueva".....	35
8.	Descripción detallada de los rodales de la Figura 3.....	37
9.	Tabla de volumen total con corteza en m ³ para la plantación de teca de "Forestal La Cueva". Modelo de variable continua.....	39
10.	Tabla de volumen total sin corteza en m ³ para la plantación de teca de "Forestal La Cueva". Modelo de variable continua.....	40
11.	Tabla de volumen comercial con corteza en m ³ para la plantación de teca de "Forestal La Cueva". Modelo de variable continua.....	41
12.	Tabla de volumen comercial sin corteza en m ³ para la plantación de teca de "Forestal La Cueva". Modelo de variable continua.....	42
13.	Tabla de volumen para parquet con corteza en m ³ para la plantación de teca de "Forestal La Cueva". Modelo de variable continua.....	43
14.	Tabla de volumen para parquet sin corteza en m ³ para la plantación de teca de "Forestal La Cueva". Modelo de variable continua.....	44
15.	Tabla de volumen total con corteza en m ³ para la plantación de teca de "Forestal La Cueva". Modelo de Shumacher, logaritmo	46

16	Tabla de volumen total sin corteza en m ³ para la plantación de teca de "Forestal La Cueva". Modelo de Shumacher, logaritmo natural.....	47
17	Tabla de volumen comercial con corteza en m ³ para la plantación de teca de "Forestal La Cueva". Modelo de Shumacher, logaritmo natural.....	48
18	Tabla de volumen comercial sin corteza en m ³ para la plantación de teca de "Forestal La Cueva". Modelo de Shumacher, logaritmo natural.....	49
19	Tabla de volumen para parquet con corteza en m ³ para la plantación de teca de "Forestal La Cueva". Modelo de Shumacher, logaritmo natural.....	50
20	Tabla de volumen para parquet sin corteza en m ³ para la plantación de teca de "Forestal La Cueva". Modelo de Shumacher, logaritmo natural.....	51
21	Plan de Cosecha para el período 1999-2003.....	54
22	Plan de raleos para las plantaciones de teca de "Forestal La Cueva".....	55

INDICE DE FIGURAS

Figura

1.	Mapa de divisiones de "Forestal La Cueva" y Hacienda "Veracruz".....	20
2.	Mapa de ríos y caminos forestales de "Forestal La Cueva" y Hacienda "Veracruz".....	24
3.	Mapa de rodales de "Forestal La Cueva" y lotes de Hacienda "Veracruz"...	36
4.	Síntesis del plan de mejoramiento genético.....	56

INDICE DE ANEXOS

Anexo

1.	Formulario de campo.....	68
2.	Datos del primer raleo en el Rodal Semillero	69
3.	Volumenes en m ³ de árboles de lotes El Jute y El Salto, El Salvador	70

1. INTRODUCCION

La disminución de la cobertura forestal en El Salvador es muy acelerada, hasta el punto de ser el segundo país de América con el mayor porcentaje de deforestación después de Haití. Son muy pocos los bosques que quedan en pie en este país. Los escasos remanentes de bosque natural son explotados, no manejados, con una óptica de corto plazo, ignorándose los conceptos del rendimiento forestal sostenido. Por lo tanto la actual utilización del recurso forestal, nativo o plantado, no satisface los principios de la sostenibilidad. Urge, entonces, el desarrollo e implementación de modelos de manejo forestal que garanticen un equilibrio entre los intereses económicos y la sostenibilidad del recurso.

La teca negra (*Tectona grandis*), es una especie de reconocido valor económico, debido principalmente a la calidad de su madera y a su excelente mercado local e internacional. La especie se ha plantado con éxito en muchos países tropicales y subtropicales. En El Salvador se introdujo desde hace un par de décadas con un alto nivel de aceptación. La empresa "Forestal La Cueva" tiene una plantación de teca de aproximadamente 200 ha, ubicada en el departamento de La Libertad, El Salvador. "Forestal La Cueva" tiene la tercera parte del total de área de plantaciones de teca en El Salvador y suministra materia prima a Productos de Madera Salvadoreña (PROMASAL), localizada a 30 minutos de la plantación. PROMASAL fabrica muebles, razón por la cual requiere de madera de alta calidad en términos de veteado y durabilidad. La plantación fue iniciada en la década del '70 y aunque hubo algunos esfuerzos silvícolas al principio de su establecimiento, a la fecha, la masa carece o tiene indicios de pocos tratamientos intermedios.

Ante la escasez de madera en el país y ante la creciente demanda de muebles a base de madera, la empresa requiere garantizar la materia prima necesaria para satisfacer las necesidades actuales y futuras de un mercado cada vez más exigente. Aunque dispone de poca información sobre esta plantación de teca y aunque la masa no haya recibido los tratamientos adecuados oportunamente, este importante recurso forestal, ya existente, es susceptible de un manejo técnico sostenible. En este sentido, este trabajo pretende formular un modelo de manejo forestal que satisfaga los intereses de la empresa, los requisitos de los usuarios y esté enmarcado, en los principios de la sostenibilidad.

Con estos antecedentes el presente estudio pretende cumplir con los siguientes objetivos:

1.1 OBJETIVO GENERAL

- Mejorar los conocimientos sobre silvicultura y manejo de plantaciones operativas o comerciales, con especies de alto valor económico para la producción maderera.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Formular un modelo de manejo para las plantaciones de teca de la empresa "Forestal La Cueva", para el quinquenio 1999-2003.
- Inducir cambios a nivel de los empresarios involucrados en la plantación, orientados a alcanzar una mayor productividad de la misma.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 CARACTERIZACION DE *Tectona grandis* L.f.

2.1.1 Taxonomía

Familia: Verbenaceae.

Nombre científico: *Tectona grandis* L.f.

Nombres comunes: Teca, Sagun, Sagon, Saguan, Skhu, Toak, Shilp tru, Indian oak.

2.1.2 Descripción botánica

Es una especie caducifolia, que alcanza más de 50m de altura y hasta 2m de diámetro a la altura del pecho (DAP). Se ha observado que en Centro América el árbol supera los 30m de altura. En plantaciones, el árbol desarrolla un fuste recto y limpio; en cambio cuando crece aislado hay bifurcación del fuste o éste es mucho más cónico y presenta por lo general, una copa más amplia, ramas gruesas y bajas. La bifurcación del fuste también se puede dar al llegar a la madurez o cuando la floración comienza a una edad temprana. La corteza es áspera y delgada, fisurada y de un color café claro que se divide en placas grandes delgadas; no posee ningún olor o sabor peculiar (Chaves y Fonseca, 1991).

Las hojas son opuestas, grandes, midiendo de 11-85 cm de largo y de 6-50 cm de ancho. Sus pecíolos son gruesos y los limbos son membranáceos o subcoriáceos. Los nervios son muy prominentes tanto en el envés como en el haz (Umaña, 1983). Sus flores son numerosas y se disponen en panículas erectas terminales, que van desde 40 cm hasta un metro de largo. Los pedicelos miden de 1-4 mm de largo. Las brácteas son grandes, foliáceas, con bracteolas numerosas y lineal-lanceoladas. Las flores presentan un cáliz campanulado, de color amarillo verdoso, con un estilo blanco amarillento con pubescencia de pelos ramificados. Su ovario es de forma oval o cónica con cuatro celdas (Chaves y Fonseca, 1991).

Las flores se abren pocas horas después del amanecer, siendo el mejor período de polinización entre las 11:30 a.m. y la 1:00 p.m. Es una especie de polinización cruzada, aunque puede autopolinizarse, pero el porcentaje de germinación es mucho más bajo que las semillas obtenidas por polinización cruzada. Hay dos especies de abejas que han sido identificadas como las más importantes en el proceso de polinización, la *Heriades parvula* y la *Ceratina hieroglyphica* (Weaver, 1993).

El sitio influencia en la edad en que la especie entra en floración. Aunque la teca produce frutos desde los cinco a los ocho años de edad, la semilla presenta, por lo general, algún grado de latencia, el que puede romperse por medio de tratamientos de escarificación (Ugalde, 1993). La teca produce flores y fruto una sola vez al año. En Centro América la primera floración que produce semillas viables, ocurre a los ocho años de edad, en los que el periodo de inflorescencia dura de dos a cuatro semanas. La floración normalmente ocurre entre Junio y Septiembre, y los frutos están maduros de Febrero a Abril (Weaver, 1993).

El fruto es subgloboso, aplanado y tetrágono, con un exocarpo delgado, más o menos carnoso cuando está fresco y tomentoso; el endocarpo es grueso, óseo, tomentoso y arrugado con cuatro celdas que encierran a las semillas (Umaña, 1983). Los frutos contienen de una a dos semillas de 5 mm de largo. En un kilo habrán alrededor de 1000 a 1300 semillas, pero este número varía de 1200 a 3000 por kilo dependiendo del tamaño de las mismas (Yap y Wong, 1983).

La madera de teca tiene un aceite natural y una gran concentración de silicato, lo que la hace extremadamente dura y resistente al fuego, ácidos y al ataque de insectos y bacterias (CANATECA, 1993). La albura es de un color amarillo blanquecino, mientras que el duramen es de color café oscuro al cortarse. La madera tiene un peso específico de 0.61-0.69g/cm³ (Yap y Wong, 1983).

2.1.3 Distribución natural

La teca se distribuye naturalmente de los 10° a los 23° N en el Sureste de Asia, en un área que comprende la mayor parte de la India Peninsular, Birmania y parte de Laos y Tailandia. Cientos de años atrás, la teca fue introducida en las pequeñas islas del Archipiélago de Indonesia y poco después a las Filipinas. Hoy en día la teca está naturalizada en estos países y la plantación se extiende desde los 28° N a los 18° S (Weaver, 1993 y CANATECA 1994).

Según Chaves y Fonseca (1991), *T. grandis* es nativa de casi toda Birmania, de la península de la India, del Oeste de Tailandia e Indonesia, entre los 25° y 12° N y entre los 104° y 73° E.

2.1.4 Distribución artificial

A nivel de América, de acuerdo con Chaves y Fonseca (1991), la semilla de teca, procedente de Tenasserim en Birmania, fue plantada por primera vez en Trinidad en el año 1913. Luego se exportó la semilla hacia las islas del Caribe y a los demás países de Centro América. También se hicieron plantaciones en México, Brasil, Ecuador, Colombia, Venezuela y Perú.

2.1.5 Ecología de la especie

Fundamentado en la clasificación de Champion puede decirse que *T. grandis* crece en bosque muy húmedo tropical siempre verde, bosque tropical semi siempre verde, bosque tropical húmedo decíduo, bosque muy húmedo de colina, bosque tropical seco decíduo y bosque subtropical de pinos. En estos ecosistemas la calidad de la madera varían dependiendo del tipo de suelo. En estos sistemas y a nivel del dosel superior, la especie se asocia con: *Xylia dolabriformis*, *X. Kerrii*, *Largeostremia caluculata*, *L. balasoe*, *Bombax insigne* y *Terminalia tormentosa*. A nivel del dosel inferior es común encontrar a la teca con: *Gmelina arborea*, *Vitex peduncularis*, *Dalbergia* sp, *Croton ablongifolius* y otras más (Chaves y Fonseca, 1991).

Según la clasificación de Holdridge la especie se encuentra en el bosque húmedo subtropical, bosque seco subtropical, bosque subtropical, bosque húmedo subtropical (cálido), bosque muy seco subtropical, bosque húmedo, bosque húmedo tropical, bosque muy húmedo premontano tropical y bosque seco tropical, en los cuales se obtienen diversos resultados.

2.1.5.1 Requerimientos climáticos. La especie puede desarrollarse en un rango de temperaturas que van desde los 5°C hasta los 37°C. Las heladas pueden dañar seriamente las plantaciones y temperaturas muy altas pueden retardar el crecimiento o acabar con la plantación por estrés hídrico (Torres, 1982).

A nivel de condiciones del hábitat, Weaver (1993) menciona que la especie se desarrolla en forma óptima entre los 16°C y 40°C, según lo observado en la costa Oeste de la India, de donde la teca es nativa. Sin embargo, Chaves y Fonseca (1991) reducen este rango entre 13° y 35°C, con una media de 24°C.

En general, las temperaturas ideales están entre los 22°C y 30°C, con una temperatura promedio anual de 24°C (CANA TECA, 1994). En Centro América se ha observado que existen dos rangos de temperaturas; en el primero la teca se desarrolla muy bien, con promedios de temperatura entre los 25°C y 28°C; al contrario en el segundo, 20°C y 25°C; la especie no crece adecuadamente (Chaves y Fonseca, 1991).

La especie necesita, en general, una precipitación anual de 1000 a 1800mm de lluvia, aunque en Centro América, se ha observado que la precipitación se encuentra en un rango entre los 1250 y 2500mm/año. Se necesita un mínimo de 1000 mm de lluvia anuales para producir madera y 760mm/año para que la especie pueda sobrevivir. Con precipitaciones superiores a 3500 mm/año la teca no prospera en forma adecuada (Chaves y Fonseca, 1991). La precipitación óptima está entre los 1250 y 2500mm/año, con una estación seca marcada de 3 a 5 meses (CANA TECA, 1994).

2.1.5.2 Requerimientos altitudinales. La teca en forma natural puede encontrarse desde el nivel del mar hasta los 1000 m, esto en la India, Birmania y Tailandia. En otros

lugares se ha ensayado hasta los 1300 m de altura y en Centro América se ha plantado hasta los 600 m. (Torres, 1982).

2.1.5.3 Requerimientos edáficos. De acuerdo con Torres (1982), la especie tiene un crecimiento óptimo en sitios con suelos franco aluviales, de poca pendiente o planos, con un buen drenaje, de 1 a 2m de profundidad y con un perfil homogéneo. Suelos fértiles derivados de arcillas calcáreas son buenos sitios, en cambio suelos compactados, duros, pesados y arcillosos, o áreas planas con un estrato superficial de arena, no son lugares apropiados para la especie. El pH del suelo debe oscilar entre 4.0-5.5. La teca crece mejor en suelos franco arenosos o arcillosos livianos, profundos, fértiles y bien drenados, con un pH neutro o un poco ácido (Ugalde, 1993).

La especie es relativamente plástica en cuanto se adapta a una gran diversidad de suelos, pero crece mucho mejor en suelos profundos, bien drenados, de naturaleza aluvial y con un pH entre neutro y ácido. La teca puede tolerar todo tipo de suelo siempre y cuando sea adecuadamente drenado (Weaver, 1993).

2.1.5.4 Aspectos fenológicos y de regeneración natural. La teca es una especie que pertenece al grupo ecológico heliófita, pero crece muy bien en plantaciones puras. Es no gregaria por naturaleza y presenta algún grado de alelopatismo. Tiene problemas en competencia con especies siempre verdes ya que se defolia en el periodo de sequía. En Centro América la *T. grandis* florece en los meses de Mayo a Julio y los frutos pueden empezar a caer en Julio y Septiembre (Chaves y Fonseca, 1991).

Según Weaver (1993), la floración ocurre entre los meses de Junio y Septiembre y la caída de frutos de Febrero a Abril. La semilla, por lo general, presenta latencia de 3 meses a 1 o 2 años. Germina en época lluviosa y con calor en el suelo y debe haber suficiente cantidad de luz para su máximo desarrollo.

2.1.6 Factores limitantes

El factor más limitante es, sin lugar a dudas, el suelo. Suelos poco profundos, compactados, arcillosos y con un mal drenaje, además con un bajo contenido de calcio o magnesio, limitan el crecimiento de la especie (Ugalde, 1993). Según Weaver (1991), la teca es sensible a la deficiencia de fósforo, calcio, magnesio y sílice. Además, por sus hojas anchas, capta gran cantidad de lluvia, lo que puede provocar erosión, si no hay ningún tipo de control de escorrentía, sobre todo en terrenos con pendiente fuerte.

De acuerdo con Chaves y Fonseca (1991), altitudes mayores a los 1000 msnm no son buenas para el desarrollo de la teca, o sitios bajos con alta precipitación, o sin un periodo seco marcado de por lo menos 3 meses (< 50 mm de lluvia). También reportan que hay problemas con matapalos, los cuales son parásitos pertenecientes a la familia Loranthaceae, los cuales infectan y dañan la copa de los árboles, lo que puede provocar raras veces la muerte de éstos.

2.2 ASPECTOS SILVICULTURALES

2.2.1 Uso como especie en plantaciones forestales

Por siglos la teca ha sido una de las maderas tropicales más exóticas y valoradas. La madera es de alta calidad debido a la presencia dentro, de los tejidos, de un aceite natural y a su alto contenido de sílice. Además, por su fácil establecimiento y manejo y por su rápido crecimiento, la teca ha sido muy bien aceptada alrededor del mundo (CANA TECA, 1994).

En Birmania y Tailandia las plantaciones son manejadas por el gobierno, el cual impone un estricto control. Antes de 1800, mucha teca fue introducida en Sri Lanka, Bangladesh y Pakistán. Para finales del S. XIX, las plantaciones de teca se extendieron a otras regiones tropicales y subtropicales. En 1880 la especie se introdujo en Trinidad, pero no fue sino hasta 1913 que se realizó la primera plantación. Luego se extendió por todo el área del Caribe y Centro América, creciendo año tras año. En el año de 1965, había cerca de 300,000 ha plantadas en todo el mundo. La teca es la especie mayormente utilizada para las reforestaciones en las regiones tropical y subtropical del mundo. Existen en Indonesia y Birmania, aproximadamente un 1,000,000 de ha (Weaver, 1993). En 1954, la teca fue introducida a El Salvador, la semilla fue traída desde Trinidad y Tobago. Desde esa fecha la especie fue de gran aceptación y expansión, ocupando el primer lugar entre las especies exóticas en El Salvador. Para 1986 había 2176 ha reforestadas con *T. grandis* en este país (Hernández, 1988).

El éxito de la teca ha sido tan grande, que en Costa Rica existe una compañía llamada CANA TECA, con 1007 acres, que vende sus acciones alrededor del mundo, siendo una de las inversiones más seguras y rentables en lo que se refiere a recursos naturales (CANA TECA, 1994).

2.2.2 Colección de semilla y almacenamiento

En Centro América, la teca florece entre los meses de Mayo a Julio, y los frutos se recolectan del mismo árbol o del suelo. Los frutos están maduros en los meses de Julio y Septiembre (Chaves y Fonseca, 1991). La producción de semilla puede comenzar desde los 5 años, pero su germinación es muy baja y desuniforme. Para el octavo año, la producción se vuelve estable y aumenta su porcentaje de germinación. Aproximadamente 1 de cada 3 frutos está vacío, 30% contiene 1 sola semilla, el otro 30% tiene 2, y un 5 % tiene 3 o 4 semillas. La semilla se puede almacenar durante dos años en seco, en sacos de yute o henequén y a una temperatura de 4°C (Weaver, 1993).

2.2.3 Producción de plántulas

Existen una serie de tratamientos de escarificación para aumentar el porcentaje y uniformidad de la germinación. Muchos autores hablan desde el uso de químicos, calor o inmersión en agua. El porcentaje de germinación varía de un 40 a un 60%, utilizando semilla fresca, aunque el rango puede oscilar desde 10% hasta 70% (Chaves y Fonseca, 1991).

La germinación es epigea y comienza de los 10 a 12 días después de la siembra. Se ha notado que la semilla fresca tiene un período de germinación de 26 a 31 días; en cambio, luego de almacenarse por un año, el período se acorta de 10 a 14 días (Weaver, 1993). Según Chaves y Fonseca (1991), el tratamiento de escarificación más barato y adecuado, es el de sumergir la semilla en agua durante la noche y secarla a pleno sol durante 4 días. Se obtiene un mayor porcentaje y uniformidad en la germinación.

La práctica de fertilización de las plántulas en el vivero es muy recomendable, ya que se mejora el color, el vigor y el crecimiento de las plántulas con la aplicación de N, P y K. Según Weaver (1993), un fertilizante completo (N, P, K, Ca, Mg y S) puede ser aplicado a una dosis de 1 kg/10000semillas.

Para la producción de plántulas se utilizan bancales, donde la semilla se siembra a 20x20cm. Luego, de 4 a 12 meses se retiran, siempre y cuando la planta tenga de 10 a 15cm de alto y un diámetro no menor de 2cm; con el fin de obtener una pseudo estaca de 3.5cm de tocón y de 15 a 25cm de raíz. Luego se hace el trasplante cuando la plantitas posean dos hojas, por lo que se requiere colocarlas bajo la sombra en los primeros 15 días. Se recomienda realizar una leve poda de raíces secundarias para mejorar la calidad de las plántulas (Chaves y Fonseca, 1991).

También se puede sembrar en eras, en un medio elaborado con una proporción de 3 a 2 partes de arena y suelo, respectivamente. Se siembra a chorro corrido con un distanciamiento de 10 cm entre hileras. Al cabo de 6 meses, se podan sus hojas y raíces, hasta dejar una pseudoestaca, con 9cm de raíz y 5cm de tronco. Se transporta en sacos llenos de lodo y se cubre la parte de la raíz con fungicida para evitar la entrada de patógenos (Ramos, 1998)¹. Según Weaver (1993), la siembra por pseudoestacas da mejores resultados que la siembra en bolsas, además que los costos por insumos, espacio y transporte se reducen considerablemente.

La siembra directa no se utiliza por la gran mortalidad y baja germinación. Esto se debe a la competencia por malezas, plagas y desuniformidad del sitio (Weaver, 1993). También se utiliza la reproducción de teca con injerto de tipo escudete, sumergiendo las ramas en solución de 0.2mg/cm³ de hormonas de ácido indolbutírico. Esta técnica se usa a una pequeña escala, por el tiempo y el costo que implica para una plantación de grandes dimensiones (Chaves y Fonseca, 1991).

¹ RAMOS, C. 1998. Manejo de plantaciones comerciales de *T. grandis*. "Forestal La Cueva", El Salvador. Comunicación personal.

Aún no se ha registrado en algún documento la propagación vegetativa a nivel clonal de *T. grandis*, pero podría ser una opción en el futuro, para mejorar la calidad genética de las plantaciones.

2.2.4 Preparación del sitio

De la selección del sitio dependerá el manejo, la rentabilidad, el tipo y momento del aprovechamiento y si esto va de acuerdo con las metas y objetivos del propietario. Debe conocerse su análisis químico, topográfico y su uso anterior, para la planificación de su manejo (Ayanoma, 1983).

En general, la preparación del sitio comienza con la chapea o disminución de toda la vegetación existente en el lugar, ya que las malezas pueden suprimir a la teca durante los primeros años de la plantación ocasionando hasta la pérdida de ésta (Chaves y Fonseca, 1991).

El trasplante ocurre a inicios de la estación lluviosa y debe garantizarse un control eficiente de las malezas, ya sea con herbicidas o en forma mecánica. La fertilidad del suelo puede tener efectos posteriores en los individuos (Ramos, 1998)². El sitio a plantar con teca, debe tener una buena aireación, por lo que en terrenos con pasto o compactados (ganadería, paso de maquinaria pesada, etc.) es recomendable arar para romper la capa dura del suelo, y así obtener mayor cantidad de pegue (Chavarría y Quirós, 1985).

2.2.5 Espaciamiento

Según Chaves y Fonseca (1991), del uso que se le va a dar a la madera dependerá el espaciamiento a dar, además de la topografía y condiciones del sitio. Para la producción de leña y carbón se utiliza un espaciamiento de 1.5x1.5m, y para la producción de madera para aserrío 3.0x3.0m.

De acuerdo con Keogh (1987), el espaciamiento entre plantas debería ser de 2.5m entre plantas y 2.0m entre hileras, obteniendo una densidad de 2000 árboles por ha. Chavarría y Quirós (1985), recomiendan un distanciamiento de 2.0x 2.0m, 2.0x2.5m o 2.3x2.3m, para obtener madera de aserrío con una densidad de 1900-2000-2500 árboles/ha, respectivamente. Si el espaciamiento es mayor, la masa se ve afectada negativamente, ya que el dosel no cierra adecuadamente, no se consiguen fustes limpios y hay presencia de malformaciones, aunque el diámetro aumenta.

² RAMOS, C. 1998. Manejo de plantaciones comerciales de *T. grandis*. "Forestal La Cueva", El Salvador. Comunicación personal.

2.2.6 Raleos

La teca, por ser una especie heliófila la intervención para un aclareo temprano y regular, con el fin de promover el crecimiento de los árboles. Cuando los rodales son muy densos las copas de los árboles están muy separadas y no responden a raleos posteriores. Además la ausencia de aclareo, no permite el desarrollo del sotobosque, causando una severa erosión (Chaves y Fonseca, 1991).

Muchos otros autores proponen diferentes parámetros para realizar aclareos, como la utilización de Índice de Densidad del Rodal –IDR-, Densidad del Área Basal en ciento por ciento de la Altura, Índice de Densidad de Hart-Becking, el número de árboles/ha –N- y altura media. En general muchos autores coinciden en que el primer raleo debe efectuarse entre los 3 y 5 primeros años de edad de la plantación, extrayendo en cada fila la mitad de los árboles eligiendo aquellos individuos con mejor fenotipo (fuste recto, grosor, vigor, ángulo de ramas, etc.). Los demás raleos se fundamentan en el método del área basal en por ciento de la altura, metodología ésta independiente de la edad del rodal (Chaves y Fonseca, 1991 y Agudelo, 1998).

Según esta técnica, debe dejarse que el área basal llegue a 20 ó 21m²/ha y reducirla a 14 ó 15m²/ha, mediante la remoción de 6m²/ha. La edad de intervención depende del crecimiento de la masa, el que a su vez esta en función de la calidad del sitio. El crecimiento deberá ser evaluado cada año, obteniendo la información a través de la medición de Parcelas de Monitoreo Permanente localizadas en cada rodal de la plantación. Los productos del raleo pueden ser aprovechados para leña, carbón, parquet, postes para cercos, obteniendo una ganancia adicional en cada intervención (Keogh, 1987 y Chavarría y Quirós, 1985).

2.2.7 Podas

La poda ayuda a mejorar la calidad de la madera y a homogenizar el fuste de los árboles. Cuando la plantación se maneja con rebrote o pseudoestaca, es necesario realizar una poda para disminuir los rebrotes, dejando 2 hijos por tocón en el primer año. A los 3 años se deja el mejor de los dos, el que cumpla con las características deseadas (Ramos, 1998)³.

Ya que la especie no se autopoda, es necesario ayudarla. Se recomienda una poda temprana antes de que los árboles tengan un diámetro de 10 cm. Se corta un 40% del total de la copa, si se cortara más de un 40%, se estanca el crecimiento. Dependiendo del uso que se le va a dar a la madera, el realizar podas tempranas ayuda a tener madera mucho más fuerte pero menos vistosa (Chaves y Fonseca, 1991).

³ RAMOS, C. 1998. Manejo de plantaciones comerciales de *T. grandis*. "Forestal La Cueva", El Salvador. Comunicación personal.

Ugalde (1993), recomienda podar el árbol hasta un tercio de su altura y antes de que las ramas alcancen diámetros mayores o iguales a los 5 cm. Las ramas deben cortarse con cuidado, para evitar que se quiebren y dañen los fustes. Las ramas cortadas pueden ser aprovechadas como leña, carbón, parquet, pulpa para papel, artesanías y una gama de usos más, obteniendo así un ingreso adicional.

2.2.8 Manejo bajo sistema de monte bajo

El sistema de monte bajo se refiere a la reposición de la plantación por medio del aprovechamiento de rebrotes una vez talado el árbol. El manejo de rebrotes tiene la ventaja de acortar el turno más corto que el de pseudoestaca, logrando mejores dimensiones (Murillo y Valerio, 1991). La teca produce una gran cantidad de rebrotes, desde 5 hasta 20 por tocón, lo que permite escoger el mejor individuo al momento de la poda. El número de rebrotes dependerá de la altura de corte y del genotipo del árbol. Además debe existir una entrada completa de luz para que los rebrotes crezcan rápidamente y no se deformen por la búsqueda de aquella (Ramos, 1998)⁴.

La teca produce 2 tipos de rebrotes: adventicios, que son los que salen sobre el corte del tocón, y los proventicios, que salen bajo el corte. Estos últimos son los que se utilizan para la renovación de la plantación porque están mejor adheridos al suelo. La elección del rebrote se hace de acuerdo a la rectitud del fuste, a su vigor y que sea de tipo proventicio. El corte se debe hacer lo más cercano al suelo. La selección de rebrotes se hace un año después de la tala, en la época lluviosa para que el rebrote elegido crezca con mucha mayor rapidéz y no sufra por estrés hídrico (Chaves y Fonseca, 1991 y Ramos, 1998⁵).

2.3 CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO

2.3.1 Clasificación de la calidad de sitio

Para la clasificación de la calidad de sitio es común utilizar el Índice de Sitio (IS) para cada especie en particular. El índice de sitio es "la capacidad de un sitio para producir bosque y otro tipo de vegetación, en un tiempo dado, como consecuencia de la interacción entre factores climáticos, edáficos, topográficos y bióticos" (Chaves y Fonseca, 1991). En otros términos, el IS es un indicador de la calidad de un lugar para el establecimiento de una especie determinada y se mide a través del crecimiento en altura a una edad base, comúnmente se utiliza la edad de 10 años. Se construyen modelos para la obtención de los IS y así se puede establecer comparaciones reales entre zonas.

⁴ RAMOS, C. 1998. Manejo de plantaciones comerciales de *T. grandis*. "Forestal La Cueva", El Salvador. Comunicación personal.

⁵ RAMOS, C. 1998. Manejo de plantaciones comerciales de *T. grandis*. "Forestal La Cueva", El Salvador. Comunicación personal.

Henaó (1982), con el propósito de comparar los bosques de teca en diversas zonas de Colombia, elaboró una clasificación de sitio, con el cual diseñó 2 fórmulas, una superior y otra inferior para una edad base de 10 años. Para índices de sitio superior a 10 años obtuvo el siguiente modelo:

$$\text{Log IS} = \log h + a \cdot (1/tIS - 1/t)$$

Para los índices de sitio inferior la fórmula fue:

$$\text{Log IS} = \log h - a \cdot (1/tIS - 1/t)$$

Donde:

Log = Logaritmo base 10

IS = Índice de Sitio

a = 1,2319

tIS = 10 años

t = Edad de la plantación

Estos modelos se construyeron utilizando la altura dominante, que no es afectada por la densidad del rodal y varía con las características del manejo. Por altura dominante se entiende el promedio de los 100 árboles más altos y bien distribuidos por hectárea. La importancia de calcular el IS, radica en que este indicador sirve para planificar los tratamientos a la masa y tener un estimado de la producción. Para que un IS sea bueno tiene que estar arriba de 19,00, un índice regular esta entre 19,00 y 17,00, abajo de 17,00 se considera un sitio malo (Chaves y Fonseca, 1991).

2.3.2 Crecimiento y rendimiento

El crecimiento de la especie varía de acuerdo al sitio en que ha sido plantada. En general, para América Central se estima una producción de 6 a 15 m³/ha/año, en sitios no muy pobres. Entre los 3 y 5 primeros años, el crecimiento medio anual en altura varía de 0,29 a 2,41 m, con un promedio de 1,5 m/año. Los sitios con menor altura son los que sufren de 6 a 8 meses de sequía, como lo son algunas estaciones de Nicaragua y El Salvador. Para los 5 y 10 años, el incremento medio anual en altura varía de 1,06 a 3,21 m, con un promedio de 1,7 m/año (Chaves y Fonseca, 1991).

Keogh (1979), elaboró una fórmula para calcular el volumen total por unidad de área a través del tiempo, utilizando las alturas de los rangos de índice de sitio, para El Salvador, Trinidad y Jamaica. La fórmula para El Salvador obedece a la forma:

$$V = 3.394 \cdot (h) - 0.344 \cdot (h^2) + 62.78$$

Donde:

V = Volumen sin corteza, expresado en m³/ha

h = Altura promedio en metros de los árboles dominantes

En 1987, Keogh, construye un modelo para la estimación de volumen de árboles individuales plantados en El Salvador, cuya función es:

$$V = -0,0111 + 0,000025*(D^2h)$$

$$\text{Ambito (D)} = 10-44 \text{ m}$$

$$\text{Error Standard} = 0,0118$$

Donde:

V = Volumen sin corteza, expresado en m³, desde 0,3 m de altura hasta 8cm de diámetro menor

D = Diámetro menor a 1,3 con corteza en cm

h = Altura total del árbol en m

A partir de esta ecuación, Keogh elabora una tabla de volumen para El Salvador, donde se utilizan diámetros desde 10 cm.

Cuadro 1. Tabla de volumen en m³, sin corteza hasta 8 cm de diámetro superior para teca (*Tectona grandis* L. f.) en EL Salvador.

dap (cm)	Altura (m)									
	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
10	0,02									
12	0,03									
14	0,05	0,06								
16	0,07	0,08	0,09							
18	0,09	0,10	0,12	0,13	0,15					
20	0,11	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23			
22	0,13	0,16	0,18	0,21	0,23	0,26	0,28	0,30		
24		0,19	0,22	0,25	0,28	0,31	0,33	0,36	0,39	0,42
26			0,26	0,29	0,33	0,36	0,39	0,43	0,46	0,50
28			0,30	0,34	0,38	0,42	0,46	0,50	0,54	0,58
30				0,39	0,44	0,48	0,53	0,57	0,62	0,66
32					0,50	0,55	0,60	0,65	0,71	0,76
34					0,57	0,62	0,68	0,74	0,80	0,86
36						0,70	0,77	0,83	0,90	0,96
38							0,86	0,93	1,00	1,07
40							0,95	1,03	1,11	1,19
42								1,14	1,22	1,31
44									1,34	1,44

Fuente: Keogh (1987).

La utilización de estas ecuaciones da una idea de la producción de una plantación, pero lo mejor es elaborar una tabla para cada sitio de la plantación, ya que una tabla de rendimiento con bases confiables es sumamente valiosa a la hora de hacer cálculos económicos, para evitar riesgos de sub o sobre estimar la producción (Henao, 1982).

Para la determinación del turno, se debe analizar cada año la condición de la plantación y otros indicadores de crecimiento como dap, altura, área basal. De esta forma se puede calcular la curva de crecimiento de la especie de acuerdo al sitio, utilizando los indicadores anteriormente mencionados (Ugalde, 1993).

2.4 CONCEPTO, ESTRUCTURA Y CONTENIDO DE LOS PLANES DE MANEJO

2.4.1 Concepto de manejo y plan de manejo

Durante los últimos años, los Planes de Manejo se han convertido en requisitos burocráticos y un obstáculo para el implemento de un manejo forestal sostenible. Por lo que ha sido necesario estandarizar los procedimientos administrativos, con el objetivo de conducir de mejor forma el manejo sostenible de los bosques forestales (CATIE, 1996).

Para Guise (1950), citado por Agudelo (1988), un plan de manejo es un esquema programado, con el que se persigue que todo terreno forestal deberá manejarse en forma continua, dentro de los límites impuestos por la naturaleza, accidentes, etc.

De acuerdo con CATIE (1996), un plan de manejo forestal es: "Un instrumento de gestión, control y evaluación, tanto para el propietario del bosque como para el Estado". COHDEFOR, citado por Agudelo (1988), considera que el manejo forestal es un plan a largo plazo, que tiene como objetivos el incremento en la producción y eficiencia de una propiedad forestal. Para Camino y Kotschwar s.f. la planificación debe basarse en la situación actual contando con su desarrollo en un futuro, seleccionando la mejor alternativa para la solución de los problemas, que vaya de acuerdo a los objetivos fijados anteriormente y en un plazo definido. Agudelo (1988), concluye que un plan de manejo tiene, por fuerza, que dar a conocer los objetivos y presentar un esquema con el cual se pretenda cumplir con dichos objetivos.

2.4.2 Estructura y contenido

CATIE (1996), propone que los planes de manejo deberían presentar formularios estandarizados, para su fácil ejecución y evaluación. Los planes generales de manejo se llevan a cabo a través de los Planes Operativos Anuales, que poseen la información detallada sobre las actividades a realizar en un determinado año.

Para Dawkins (1958, citado por Agudelo, 1988) un plan de manejo debe contener:

- * Una declaración por parte del dueño, sobre la política de manejo
- * Evaluación física, biológica y productiva de los recursos disponibles.
- * Definición del sistema de manejo y de los métodos silviculturales que serán ejecutados.

Según Camino y Kotschwar s.f. un plan de manejo debe poseer los siguientes objetivos:

- * Promover la conciencia forestal nacional.
- * Repoblar, conservar, proteger, aumentar y aprovechar racionalmente las riquezas.
- * Proteger las hoyas hidrográficas y manantiales.
- * Proteger las tierras de la erosión, formación de invasión de dunas.
- * Conservar e incrementar la fauna y flora autóctona y exótica.
- * Promover el desarrollo y mejoramiento de las Industrias forestales.

- * Desarrollo de vías de comunicación y obras públicas y socioeconómico de zonas apartadas.
- * Estudiar e investigar la importancia de la naturaleza del bosque y sus productos.
- * Promover el desarrollo del turismo, recreación, la pesca y caza en los terrenos forestales.
- * Consolidar el dominio de tierras fiscales.
- * Proteger el desarrollo de bosques en zonas áridas y semiáridas.

Para CATIE (1996), un Plan General de Manejo se le puede añadir, uno o más planes especiales, como:

- * Plan de incorporación de comunidades.
- * Plan de evaluación del crecimiento y rendimiento del bosque bajo manejo.
- * Estudio de mercado y factibilidad financiera o económica.
- * Estudio de impacto ambiental.

Estos planes especiales pueden servir para solucionar problemas que se encuentran en el proceso de elaboración del plan de manejo o de acuerdo con los objetivos antes definidos.

Según Camino y Kotschwar s.f., para la evaluación y control del plan de manejo y sus objetivos, es necesario:

- * Definir los criterios silvícolas, las clases de manejo y tratamiento.
- * Cálculo de la Posibilidad Silvícola.
- * Cálculo de la Posibilidad de Rendimiento Sostenido.
- * Compatibilidad de la posibilidad silvícola y la posibilidad de rendimiento sostenido y la comunión de los planes especiales.
- * Evaluación de los requerimientos de las alternativas con los medios disponibles de la unidad y determinación de nuevas necesidades.

3. MATERIALES Y METODOS

El trabajo se divide en tres etapas principales: La descripción del lugar en que se llevó a cabo el estudio, el levantamiento de la información y la evaluación.

En la primera, se describen todos aquellos factores que de una u otra forma influyen en el trabajo, cubriendo aspectos ecológicos, económicos y sociales.

En el levantamiento de la información, se recopiló los datos necesarios para efectuar el análisis de una forma ordenada y real.

La evaluación consiste en organizar y analizar la información recopilada, para obtener resultados valideros para el estudio.

3.1 DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO

3.1.1 Aspectos políticos

3.1.1.1 Ubicación geográfica y política. La plantación se encuentra ubicada entre los 13° 30' 30" y los 13° 30' 57" N y entre los 89° 10' 49" y 89° 10' 30" W. Está 22½ Km de la ciudad capital San Salvador y a 12½ Km del Puerto de La Libertad, en el municipio de Zaragoza, Departamento de La Libertad, El Salvador, Centro América. De acuerdo con el Proyecto Maestro de Desarrollo y Aprovechamiento de los Recursos Hidrológicos y Forestales, la plantación se encuentra en la región "E".

3.1.1.2 Límites. La superficie objeto de manejo limita al Norte con la propiedad del Señor Jorge Alvario Láinez, al Sur limita con la Quebrada "El Cordoncillo", al Este con el cementerio "La Aldea" y al Oeste con la propiedad perteneciente al Señor Juan José Ramírez.

3.1.1.3 Tenencia y uso de la tierra. "Forestal La Cueva" y "Hacienda Veracruz" son propiedad absoluta de la Sociedad Calderón Sol, presidida por el Dr. Armando Calderón Fournier. "Forestal La Cueva" es el nombre de la superficie de terreno donde se encuentra establecida la plantación de teca, con una superficie de 160 ha aproximadamente. Dentro de esta propiedad existe un remanente de bosque secundario, con una extensión de unas siete ha. En "Hacienda Veracruz" se ocupan 140 ha para la producción de cítricos, con las variedades: jaffa, valencia, washington nader, o'tangelo, mandarina, toronja, limón indio y persa. También posee 75 ha plantadas de teca y, además, a orilla de la carretera,

se ubican las fábricas de shampoo MAYCAL, de betún de zapatos LUZ-3, de pastas alimenticias RUSCCONI y la fábrica de muebles PROMASAL y sus oficinas.

3.1.1.4 Reseña histórica. "Forestal La Cueva" y "Hacienda Veracruz" han sido propiedad por décadas de la familia Calderón. En un principio, ambas fincas constituían una sola propiedad, pero posteriormente se decidió su segregación en atención a aspectos técnicos y de manejo. En el pasado, varios usos de la tierra caracterizaban el paisaje de estas tierras. Los cultivos agrícolas, principalmente maíz, ocupaban extensiones considerables de terreno, en algunos casos del orden de las 60 a 100 manzanas. En menor escala se tenían establecidos cultivos de yuca, tomate y chile picante. La ganadería de doble propósito fue también un uso importante de la tierra. Los bosques secundarios, distribuidos a nivel de bosques de galería y entre los diferentes usos de la tierra estaban constituidos por conacaste -*Enterolobium cyclocarpum*-, laurel -*Cordia alliodora*-, ceiba -*Ceiba pentandra*-, peño de mico -*Apeiba membranacea*-, copinol -*Hymenaea courbaril*- caulote -*Guazuma ulmifolia*-, cedro -*Cedrela odorata*-, mora -*Chlorophora tinctoria*-, castaño -*Sterculia apetala*-, guachipilin -*Diphysa robinooides*- y otras más.

En la década de los '50 se empezó a experimentar con la introducción de teca proveniente de Tailandia, pero no se logró germinación de la semilla por lo que se abandonó el proyecto. En 1971 y de acuerdo con las recomendaciones del programa ISIC.FAO para la diversificación agrícola en El Salvador, se implementaron tres cultivos experimentales: Teca *Tectona grandis* L.f., marañón -*Anacardium occidentale*, y naranja -*Citrus sinensis*. Se plantaron 200 arbolitos de marañón, 200 de naranja y 4000 de teca, tomando en cuenta la calidad de los suelos, topografía y condiciones climáticas. La semilla de teca había llegado hace unos 40 años procedente de Guatemala, Honduras y Turrialba. La procedencia de la semilla es Amapa, sitio entre Villa Nueva y el Lago de Yojoa, cerca de Río Lindo, Honduras. En Amapa, la United Fruit Company estableció una plantación que fue abandonada por problemas de crecimiento (lentitud). Esta semilla llegó a Honduras desde Trinidad y Tobago, procedente de Birmania.

Esta vez la adaptación de la teca fue calificada como excelente, con un vigor de crecimiento satisfactorio, muy superior al marañón y a la naranja. Para 1972 se desistió del marañón, debido a las enfermedades que lo atacaron y por daños en los puntos de crecimiento causado por los fuertes vientos en la región. En ese año se plantaron 10,000 arbolitos de teca, al siguiente año se sembraron 25,000 árboles más. Para la reducción de costos de siembra se abandonó la siembra de teca en bolsa, y se plantaron en forma de tocón 67,500 plantas, con un éxito mucho mejor de lo esperado, reduciendo en forma sustancial los costos de plantación. Durante este año se experimenta la siembra de Frijol Centa 101, el que por sus características no fue del agrado para su consumo.

En 1975 se siembran 100,000 tocones de teca y 2000 plantas de naranjas valencia y jaffa. Se plantan 105,000 y 25,000 tocones de teca en 1976 y 1977, respectivamente. También durante el año 1977 se introdujeron dos especies forestales más: Laurel -*Cordia alliodora* y pino -*Pinus caribaea*, plantando 75,000 plantas de la primera especie y 10,000 de la segunda. El laurel mostró lento crecimiento, en tanto que el pino no. Para 1979 se inicia una plantación masiva de 5 lotes de cítricos, abandonando por completo la

siembra de teca. Entre los años 1980 y 1989, las plantaciones son abandonadas por problemas de la guerra civil en el país. Se sufren incendios provocados en los bosques, destruyendo más del 80% de la plantación de laurel. Para 1990 las siembras son reanudadas en una forma mucho más continuas y controladas. Todo lo anterior trajo como consecuencia un desfase en la producción continua de madera. Hasta la fecha el bosque ha sido explotado sin ningún control, se desconoce el potencial verdadero de la plantación, debido a que no se ha hecho ningún inventario forestal ni ningún otro tipo de estudio a la masa.

La madera de los primeros raleos, se utilizó como soporte de un túnel en el aeropuerto de Ilopango. También se decide la elaboración de tacones y plataformas para la fábricas de zapatos CORSAL y ADOC, repuestos para cajas de refrescos y separadores de hamacas para esta industria. Observando el éxito económico del uso de una madera que aún estaba en estado verde, se pensó seguir desarrollando esta actividad y buscar mercado dentro del país. Se inició con la fabricación de muebles a pequeña escala y de elaboración sencilla. Para el año 1988 la fábrica es totalmente quemada por la guerrilla, causando una pérdida completa. Luego de este problema, se desarrolló un proyecto para la fabricación de muebles a gran escala, los cuales, por la belleza de la madera, tuvieron un gran éxito en el mercado, entonces nace lo que es hoy en día Productos de Madera Salvadoreña (PROMASAL, S.A. de C.V.). Esta situación facilitó el otorgamiento de financiamiento para ampliar las actividades. A partir de aquí, se empezó a estimar con mayor seriedad la opción de combinar el bosque y la fábrica, en forma paralela. También se han encontrado diversas formas para utilizar los desechos y obtener mayor provecho de la madera, entre los que se pueden citar la fabricación de carbón y el aserrín en los hornos de secado. PROMASAL presenta una demanda de materia prima que no puede ser cubierta por la plantación, apenas alcanza a cubrir aproximadamente un cuarto de la demanda, por lo que se ha realizado la compra de teca proveniente de otras empresas o cooperativas, lo que trae una pérdida económica al depender de madera de otras estaciones de crecimiento.

3.1.2 Aspectos físicos

3.1.2.1 Superficie. Las plantaciones de teca cubren una superficie de aproximadamente 250 ha, de las cuales 200 se encuentran en "Forestal La Cueva" y las restantes 50 ha en la "Hacienda Veracruz". La superficie total de "Forestal La Cueva" es de 153.80 ha, y de "Hacienda Veracruz" es de 186.31 ha. La Figura 1 muestra el plano planimétrico de la división de ambos terrenos.

3.1.2.2 Altitud. La parte más baja del terreno está a 200 msnm y la parte más alta se encuentra sobre los 260 m de altitud.

3.1.2.3 Relieve. La plantación se encuentra en un área bastante montañosa. Se estima que menos del 40% del terreno tiene una pendiente menor del 30% y la porción restante presenta pendientes que superan el 30%.

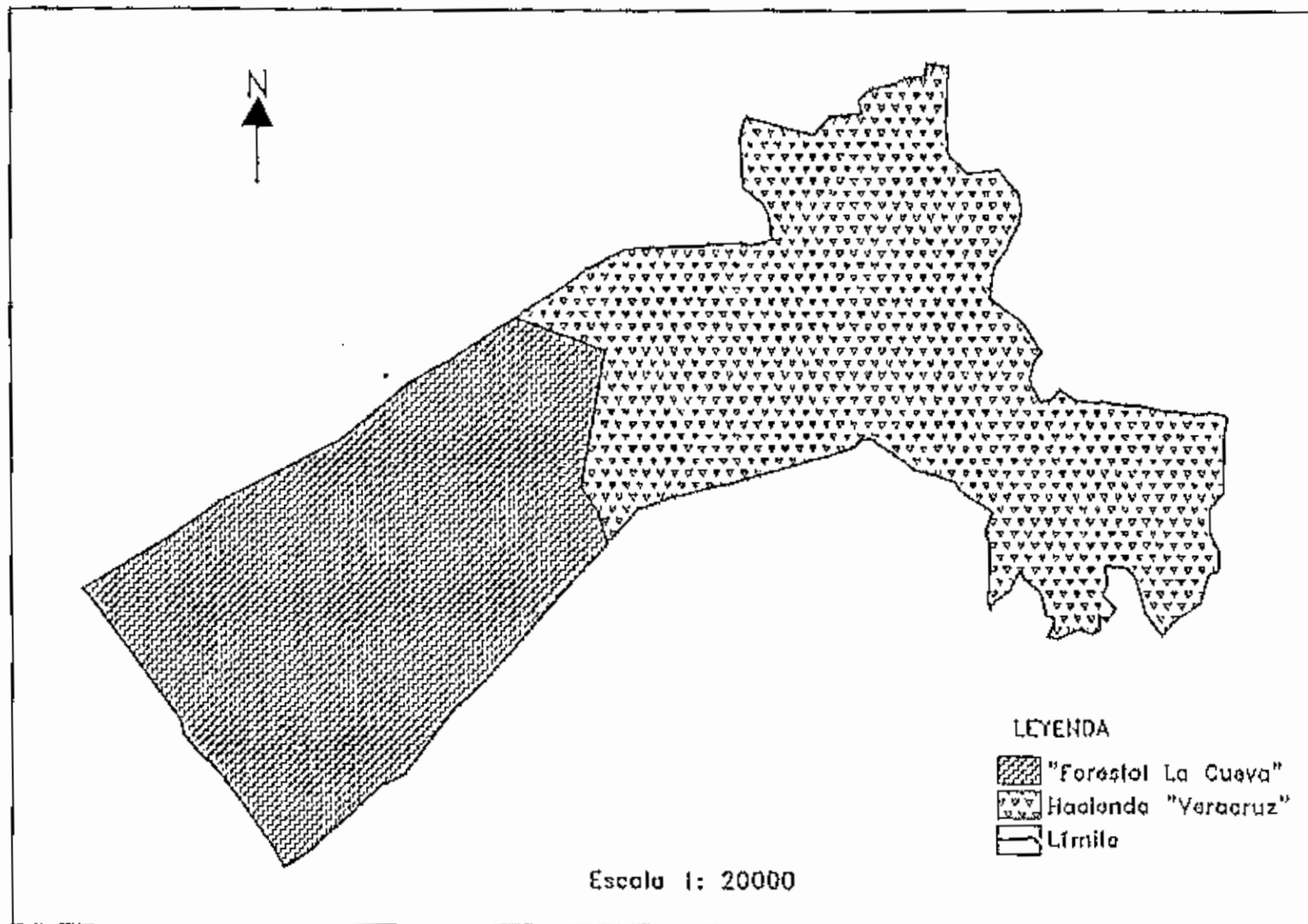


Figura 1. Mapa de divisiones de "Forestal La Cueva" y Hacienda "Veracruz"

3.1.2.4 Clima y ecología. Datos de la Estación Meteorológica ubicada en el Casco de La Cueva, del Ministerio de Agricultura y Ganadería, indican que la zona tiene una temperatura media anual de 29°C y una precipitación media anual del orden de los 1400mm. Información climática adicional del área aparece en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Condiciones meteorológicas en el Casco de La Cueva.

T° Máxima Media Anual	34°C
T° Mínima Media Anual	21°C
Velocidad Media del viento	6-10 Km/h
Humedad Relativa Media Anual	75%
Período Estación Lluviosa	Mayo-Octubre
Período Estación Seca	Noviembre-Abril

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería (1997).

De acuerdo con Holdridge, el área corresponde a la zona de vida bosque húmedo subtropical cálido, bh-s (c).

3.1.2.5 Vegetación. Existe un pequeño remanente de bosque natural secundario, con una diversidad de especies anteriormente descritas. Las plantaciones de teca y cítricos son puras, aunque en la teca existe un sotobosque formado por especies como el chufle, polvo de queso, cúrcuma y jengibre. Existe un pequeño lote de laurel y otro de pino, los cuales carecen de importancia para la empresa por no ser extensos ni productivos.

3.1.2.6 Geología y Suelos. Según el Levantamiento General de Suelos de El Salvador (1976), los suelos de "Forestal La Cueva" y "Hacienda Veracruz" son de origen volcánico. En el área se reconocen los siguientes tres tipos de suelos:

- **Apopa sobre suelos rojos alomado en planicies.**
Fisografía: Se encuentra en planicies inclinadas de pie de monte. Son áreas de moderada a fuertemente diseccionadas. El relieve local es moderado (15-30 m) y las pendientes predominantes son menores de 30%. Las capas inferiores están constituidas por depósitos poco profundos de cenizas blancas pominciricas sobre un suelo enterrado arcilloso rojizo. No hay problemas de drenaje, pero sí de erosión a causa de la topografía irregular. Son suelos moderadamente secos en la época lluviosa.
Suelos: Pertenecen al gran grupo Regosol. Los suelos superficiales, de 20-30 cm de espesor, son francos y franco arenosos finos, de color café grisáceo muy oscuro y estructura débilmente granular. Los subsuelos son francos y franco arenosos de color café grisáceo claro, estructura terronosa a débilmente granular y están formados por cenizas volcánicas pomiciticas. Los suelos predominantes son francos, friables, permeables, con moderada capacidad de retención de agua y con capacidad de producción variando de buena a moderada.
- **Apopa-ulapa accidentado en montañas.**
Fisografía: Se encuentra en áreas montañosas, fuertemente diseccionadas en las zonas intermedia y alta. El relieve local es de moderado a alto (entre 35 a 100 m y más). Son áreas cruzadas por quebradas profundas, sin valles de deposición. Las

pendientes predominantes fluctúan entre 30 y 60%. Las capas inferiores están constituidas mayormente por capas de cenizas blancas pomicíticas sin entemperización y, en menor escala, por conglomerados piroclásticos y lodos volcánicos bastante intemperizados, con intrusiones de estratos de tobas fundidas, brechas y lavas. El drenaje, debido a las pendientes, es bastante rápido y, por lo tanto, el peligro de erosión es bastante fuerte.

Suelos: Pertenecen a los grandes grupos de los Regosoles y Latosoles Arcillo Rojizos. Predominan los primeros, tienen suelos superficiales francos, a veces ligeramente arenosos, de color café grisáceo muy oscuro, de 20-30 cm de espesor; las capas inferiores de texturas francas y franco arenosas finas tienen colores café grisáceo claros. A profundidades variando de 50-150 cm se encuentran los Latosoles Arcillo Rojizos, los cuales afloran a la superficie en las áreas muy erosionadas o con fuertes pendientes. Esta unidad está formada por una asociación de suelos francos y arcillosos, con intrusiones de áreas rocosas. La capacidad de producción varía de buena a moderada.

- **Chilata accidentado en montañas.**

Fisografía: Se encuentra en una extensa zona montañosa fuertemente diseccionada y erosionada en las zonas baja y media. El relieve local es de mediano a alto, las pendientes predominantes varían de 20 a 60%. Las capas inferiores están formadas por rocas piroclásticas moderadamente intemperizadas, tobas y conglomerados duros. El drenaje externo e interno son buenos; son suelos que guardan cierta humedad al final de la época seca y no presentan problemas de labranza en la estación lluviosa.

Suelos: La mayor parte de los terrenos (75%) pertenecen al gran grupo Latosol Arcillo Rojizo y el resto de ellos está comprendido en el grupo de los Litosoles. Los primeros son suelos friables, moderadamente profundos, bien desarrollados y algo pedregosos; tienen los horizontes superficial es de color café oscuro, franco con estructura granular y de 10-30 cm de espesor. El subsuelo es de color café rojizo, franco arcilloso o arenoso, y estructurado en bloques fuertes. Tienen películas de arcilla y estrato de rocas piroclásticas bien intemperizadas. El 25% del área está representada por suelos superficiales, pedregosos y sin desarrollo aparente de sus horizontes. Se encuentran sobre tobas poco permeables y conglomerados duros. En general, los suelos de esta unidad son de moderada capacidad de producción. Los afloramientos rocosos son comunes en la zona.

3.1.2.7 Hidrología. La plantación está establecida en terrenos pertenecientes a las cuencas hidrográficas de los Ríos El Jute, Chilama y Azuchío. Estos ríos desembocan directamente al Océano Pacífico. Hasta la fecha, no se tienen registros sobre el caudal de estos ríos. Por lo general, el agua no se utiliza con ningún propósito, excepto una pequeña porción del caudal del Río Chilama, la que se emplea para riego del vivero por parte de la empresa. Se ha pensado en varios proyectos para el aprovechamiento del volumen de agua que transportan estos ríos, como la generación de energía eléctrica por medio de pequeñas represas o riego de plantaciones de cítricos, pero ninguno de ellos se ha llevado a cabo por falta de información técnica.

Dentro de la plantación existen siete nacimientos u ojos de agua, los que son aprovechados por los colonos para suministro de agua para uso doméstico. Tales

manantiales, carecen de todo manejo hidrológico lo que provoca desperdicio de este líquido y deterioro de estas pequeñas pero importantes zonas de recarga. La Figura 2 muestra la distribución de los ríos dentro de las plantaciones.

3.1.3 Aspectos socioeconómicos.

Zaragoza es la comunidad más cercana a la plantación, a unos 6Km carretera hacia San Salvador. Consta de 11,400 habitantes, los cuales son de clase media baja o baja. La mayoría se dedica a vender su fuerza de trabajo en diversas ocupaciones (cortadores de café, albañiles, cargadores, pedreros, peones, etc.) Muchos viajan a San Salvador para obtener trabajo.

La mano de obra que se requiere en el sector forestal procede de los alrededores de la hacienda, aunque un pequeño número de trabajadores vive dentro de la misma. Existen 12 casas, de las cuales 11 están habitadas por los capataces de las áreas forestal de cítricos; las restantes por trabajadores antiguos. Aunque toda la familia labora para la hacienda establecen también, durante la época lluviosa, cultivos de maíz y frijol, en extensiones que varían desde un cuarto de ha hasta dos hectáreas. Los demás trabajadores, no residentes dentro de la hacienda, poseen algún espacio de tierra el cual utilizan para la siembra de granos básicos.

La dieta alimenticia se basa en maíz, frijoles, arroz, café, frutas y pequeños animales silvestres, algunas hortalizas como ayote, tomate, chile, pepino. Muy pocas veces consumen proteína de origen animal. Con esta dieta alimenticia es lógico esperar que la mayoría de la población presenta cierto grado de desnutrición.

El grado de analfabetismo es muy alto. Más del 80% de los trabajadores no saben leer ni escribir y los demás lo hacen con cierta dificultad. Su condición económica es muy crítica, ya que dependen únicamente del sueldo quincenal que reciben por su trabajo, el cual apenas les alcanza para subsistir. El trabajador de campo es extremadamente desposeído y pobre.

El próximo año se pretende establecer un programa de proyección hacia el trabajador de campo. Este programa consiste en establecer estímulos como aumentos, alimentos, ropa y otros, a cambio de un mejor desempeño en el campo. También se proveerá al trabajador de dos tiempos de comida con una dieta mejor balanceada. En un futuro se espera establecer un programa de alfabetización para adultos, jóvenes y niños.

3.1.4 Requerimientos de productos forestales

3.1.4.1 Objetivos generales. La plantación de teca provee de materia prima a PROMASAL, cuyo propósito es la obtención de madera para aserrío para la fabricación de muebles. El resto de la madera, considerada como desperdicio, sirve de materia prima para parquet y carbón, lo que significa un ingreso adicional.

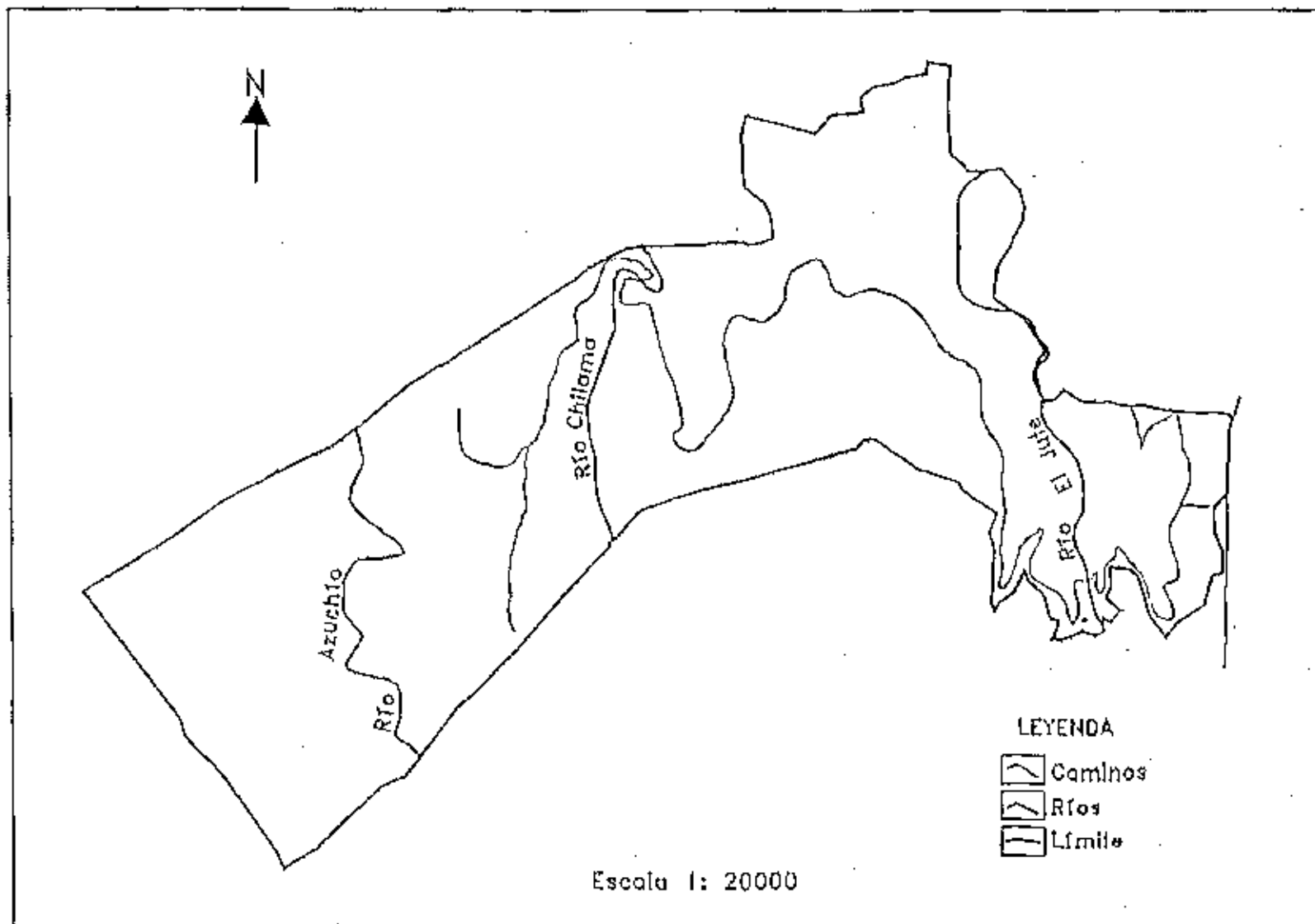


Figura 2. Mapa de ríos y caminos forestales de "Forestal Lo Cueva" y Hacienda "Veracruz"

3.1.4.2 Requerimientos de productos forestales. PROMASAL tiene una demanda mensual de 23m³ de madera de teca en rollo, la cual es utilizada únicamente para la fabricación de muebles. El desperdicio del proceso de aserrió y del corte de la madera son suficientes para la fabricación de parquet y carbón.

3.1.4.3 Costos de los productos. En el Cuadro 3 se presentan los precios de compra de madera por parte de PROMASAL. Estos precios son para la compra de madera fuera de la plantación, a la madera proveniente de la plantación no se le ha asignado ningún valor.

Cuadro 3. Precios de madera de teca en rollo pagados por PROMASAL.

Largo lineal m	Diámetro plg	Precio para pie cúbico		Precio para metro cúbico	
		colón	dólar	Colón	dólar
1	3 a 5	8,00	0,92	282,51	33,28
1	6 a 7	12,00	1,38	423,77	48,71
1	8 a 12	15,00	1,72	529,72	60,89
1	13 en adelante	18,00	2,07	635,66	73,06

Fuente: PROMASAL, 1998.

Cambio de moneda: 8,70 de colón/dólar, 1998.

3.2 METODOLOGIA DE LEVANTAMIENTO

3.2.1 Mapa base del área plantada.

El mapa planimétrico base de los dos terrenos se levantó por medio del Global Position System (GPS), fotografías aéreas y por la digitalización de dos mapas ya existentes. Se ubicaron dentro del mapa los diferentes lotes de la plantación de teca y de cítricos, las vías principales, los ríos y las casas de los colonos.

3.2.2 Rodalización.

Utilizando el GPS, se delimitaron los lotes o rodales por edades. El rodal en este caso es una superficie de árboles de la misma edad en un mismo sitio. Por lo tanto, la respuesta de crecimiento debe ser aproximadamente igual en todos los árboles.

3.2.3 Diseño e instalación de una red de Parcelas de Muestreo Permanente – PMP.

Las parcelas de muestreo permanente, son parcelas que se establecen en el terreno de manera permanente, y tienen que ser ubicadas en el mapa base. Estas parcelas son delimitadas por medio de mojones de cemento, madera, metal o por medio de marcas en las esquinas de la parcela u otra seña que sea duradera y fácil de identificar. Dichas parcelas tienen como propósito proveer datos sobre el crecimiento de la masa forestal, ya sea en condiciones naturales o de cualquier otro tipo de manejo. La información de la red de PMP es de gran utilidad para el diseño de modelos de crecimiento y rendimiento.

3.2.3.1 Establecimiento de la red. Las parcelas son rectangulares, debido a que la mayoría de las plantaciones se encuentran establecidas en terreno de ladera. Para minimizar variaciones edáficas y, por lo consiguiente de crecimiento dentro de la parcela, su lado mayor será localizado siguiendo curvas a nivel. Cada parcela tendrá una superficie variable, dependiendo del tamaño del rodal y de sus características topográficas.

3.2.3.2 Demarcación física. En cada rodal, como mínimo, se instaló una PMP. Si dentro de un rodal existía fuertes variaciones de sitio, se estableció una parcela por sitio. Cada parcela se delimitó mediante la construcción de zanjas en sus esquinas, de 2m de largo y 0,5m de profundidad.

El Cuadro 4 ilustra la red de PMP establecida, con su correspondiente sitio, número de la parcela, tamaño, número de árboles y edad.

3.2.4 Tablas de volumen

Para cualquier masas forestal las tablas de volumen revisten especial importancia por el hecho de que permiten determinar el volumen de un rodal en forma rápida. Si el volumen se obtiene utilizando las variables dap y altura se aplica, entonces, una tabla de volumen, función de volumen general o de doble entrada. En cambio, si el volumen se determina empleando sólo la variable dap, la tabla de volumen se convierte en una tarifa.

Para estimar el volumen de madera comercial sin corteza en las plantaciones de teca se propuso aplicar una tabla volumétrica de doble entrada, empleando un índice de utilización de madera comercial de 12cm. Se utilizaron las variables dap_{12} (diámetro a la altura del pecho con corteza) y altura total. El volumen a obtener fue expresado en volumen comercial sin corteza $-VC_{sc}$ y volumen total sin corteza $-VT_{sc}$.

Para cuantificar el volumen de madera en pie, por medio de tablas de volumen, se procedió a la cubicación de árboles individuales en dos rodales diferentes uno de 14 años de edad y otro de 22 años de edad. Para la selección de los árboles a colocar se utilizó un muestreo por clases diamétricas, determinándole el volumen a un mínimo de cinco individuos por cada clase. En el Cuadro 5 se presentan las clases diamétricas y el número de árboles cubicados por clase para los dos sitios de estudio.

A los árboles seleccionados se les midió en pie el dap en cm. Una vez apiados se les midió la altura total y comercial de dm. Luego los árboles se seccionaron en porciones de 1 m de longitud. En cada metro se midió el diámetro con corteza y el espesor de corteza. La porción no comercial de cada árbol fue también cubicada hasta un diámetro utilizable de 4cm, para la producción de parquet y carbón vegetal. Los datos se registraron en el formulario que se ilustra en el anexo 1.

Cuadro 4. Red de Parcelas de Muestreo Permanente con su correspondiente sitio, número de parcelas, tamaño, número de árboles y edad.

Sitio	No. de Parcela	Tamaño (m)	No. De Árboles	Edad (años)
El Salto	1	35x20	42	9
	2	34x24	42	9
El Salto	1	35x20	45	10
	2	35x20	45	10
El Salto	1	35x20	45	6
El Salto	1	35x20	45	4
Mate Piña	1	20x15	50	5
	2	20x15	50	5
	3	20x15	50	5
Mate Piña	1	20x15	50	7
	2	20x15	50	7
	3	20x15	50	7
Mate Piña	1	25x15	49	9
	2	25x15	50	9
Caulote	1	25x15	40	5
	2	20x20	40	5
Caulote	1	24x15	49	5
Caulote	1	25x15	50	5
	2	20x15	50	5
Caulote	1	20x15	49	5
	2	20x15	49	5
	3	20x15	49	5
Caulote	1	20x15	49	4
	2	20x15	49	4
	3	20x15	49	4
Conchaljo	1	20x15	49	4
	2	20x15	49	4

Cuadro 5. Clases diamétricas y número de árboles cubicados para los sitios El Jute y El Salto.

El Jute			El Salto		
Clases (cm)	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Clases (cm)	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
25-29	5	16.13	20-22	6	17.14
29-33	8	19.35	22-24	5	14.29
33-37	6	19.35	24-26	5	14.29
37-41	6	19.35	26-28	6	17.14
41-45	7	22.59	28-30	5	14.29
45-49	0	0	30-32	4	11.43
49-54	1	3.23	32-34	4	11.43
Total	31	100	Total	35	100

3.2.5 Selección de árboles superiores y establecimiento de un rodal semillero, en su primera fase.

Se seleccionaron 100 árboles porta-granos distribuidos por toda la plantación, los cuales debían de cumplir ciertas características: Fuste recto, tamaño de la copa no mayor de un tercio de la altura total del árbol, el ángulo de las ramas lo más recto posible, buen grosor y altura de acuerdo a su edad y buena producción de semilla.

Se estableció un rodal semillero, ya que más de un 70% de los individuos cumplían con las características antes descritas. La plantación original fue establecida en 1971 y fue cosechada en 1991 debido a la gran demanda de madera y porque no se podía extraer madera de otros lotes por problemas con la guerrilla en ese tiempo. Luego del corte se hizo la selección de rebrotes, donde se dejaron dos por cepa. A los seis meses se dejó el mejor rebrote.

El rodal tiene una extensión de aproximadamente 2ha, con una banda de aislamiento de 200m de ancho, es de señalar que este rodal se encuentra a más de 500m del siguiente rodal de teca, por lo que la contaminación por polen indeseable se reduce de manera significativa.

Se efectuó el 12 de mayo de 1998, el primer raleo al rodal semillero tomando en cuenta los datos recopilados en una parcela de 20x20m, utilizando el método del área basal, dichos datos se muestran en el anexo 2.

3.2.6 Inventario de caminos forestales.

Para la extracción de la madera se utiliza una carretera única que recorre un 70% de toda la plantación dejando un tercio sin acceso directo, por lo que las trozas son haladas por hombres hasta orillas de la carretera. Dicha carretera inicia desde PROMASAL, cruzando la plantación de cítricos y llega hasta un poco más de la mitad de la plantación de teca. Se intentó, en 1997, abrir una nueva carretera para facilitar el transporte en la parte Este de "Forestal La Cueva", pero no fue bien planificada por lo que no se puede utilizar para la extracción de madera. La extensión actual de la red vial es de casi 8km, como se muestra en la Figura 2 junto a los ríos.

3.2.7 Inventario de equipo y de fuerza de trabajo disponible.

La parte forestal tiene a su disposición:

- 1 camión Mack, año 1979.
- 1 camión Ford, año 1985.
- 1 moto sierra.
- 22 trabajadores de campo (10 hombres y 12 mujeres).

Dentro de los 10 hombres se encuentra el capataz de "Forestal La Cueva".

3.2.8 Costos de plantación.

El cuadro 6 presenta los costos de una ha de teca, desde la recolección de semilla hasta su cosecha. Cabe recalcar que estos costos son propios para 'Forestal La Cueva'.

3.3 METODOLOGIA DE LA EVALUACION

3.3.1 Delimitación de clases de manejo o rodales.

La clase de manejo es una entidad administrativa que se caracteriza por tener una relativa homogeneidad en clima, suelo y composición florística. Para propósito de este modelo, la clase de manejo será equivalente al rodal.

3.3.2 Determinación de funciones volumétricas y tablas de volumen

Los modelos que se utilizaron para la determinación de las funciones volumétricas fueron el de variable continua y el método de Shumacher en su variante de logaritmo natural. Para adaptar los datos de campo a los modelos anteriores se utilizó el paquete computacional LOTUS 1,2,3 versión 3. Dicho paquete es el más utilizado para la elaboración de funciones volumétricas, por tener mayor precisión.

A partir de estas dos modelos se construyeron dos grupos de seis tablas de volumen utilizando para cada grupo un modelo diferente y para seis diferentes usos de volumen.

3.3.3 Determinación del turno económico para la especie

Ante la ausencia de datos de crecimiento para la especie, el turno económico se determinó con base en los lotes plantados de mayor edad todavía existentes en el área. Para tal efecto, se hizo un muestreo de árboles en pequeños lotes, correspondientes a las edades de 22 y 27 años. Con esta información se determinó un incremento medio anual y a partir de allí se determinó un turno económico preliminar.

3.3.4 Procedimiento para el cálculo de la posibilidad o cosecha del bosque

Para calcular la posibilidad o cosecha del bosque se tomaron en consideración aspectos dasométricos y requerimientos de la industria de muebles instalada en la empresa. En términos dasométricos se procedió así: con fundamento en los árboles cubicados por clases diamétricas para la construcción de tablas de volumen en los rodales maduros, se obtuvo el diámetro medio aritmético. La media aritmética del diámetro es el parámetro más utilizado en estadística y en evaluaciones biológicas y caracteriza bastante bien la distribución diamétrica de un rodal determinado. El diámetro medio es especialmente

Cuadro 6. Costos de producción en dólares para una ha de teca, desde semilla hasta cosecha (20 años).

Actividad	Insumos					Mano de obra			Maquinaria y equipo				Costo por actividad	
	Insumo	Unidad	Precio	Cantidad	Total	Horas	Precio/hora	Total	Equipo	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Recolección de semilla						11.4	0.35	3.99						3.99
Vivero														60.74
Preparación de bancales						5.71	0.35	2						
Mantenimiento de bancales						154	0.35	54						
Siembrá						11.4	0.35	4						
Fertilización	15-15-15	qq	13.1	0.02143	0.28	1.43	0.35	0.5						
Plantación								0						136.56
Arranque de plántulas						5.71	0.35	2						
Preparación de estacas	Cupravit	303g	10	4.29	14.28	34.3	0.35	12						
Preparación de terreno						91.4	0.35	32						
Transporte de estacas	gasolina	gal	1.95	4.29	8.36	11.4	0.35	4	Pick-up	horas	11.43	1.06	12.344	
Transplante						151	0.35	53						
Limpia						731	0.35	256						256
Tufareo						11.4	0.35	4						2
Fertilización	15-15-15	qq	13.1	4.86	63.67	68.6	0.35	24						87.78
Deshierbe						91.4	0.35	32						32
Podas						1741	0.35	609.42						600
Raleos	gasolina	gal	1.95	4.29	8.36	343	0.35	120	Motosierra	horas	0.14	24	3.36	958.59
	aceite	gal	5.52	1.07	5.91			0	Camión	viajes	40.24	15	603.6	
Cosecha								0						0
Corte	gasolina	gal	1.95	2.86	5.57			0	Motosierra	horas	0.14	40	5.6	
	aceite	gal	5.52	0.36	1.99			0						0
Transporte menor						183	0.35	64						0
Transporte mayor								0	Camión	viaje	82.11	0	738.99	
TOTAL					108.4			1276.91					1303.9	2749.228

importante en rodales de distribución diamétrica regular, como las plantaciones (Prodan et al, 1997).

Determinado el diámetro medio se busca dentro de los árboles cubitados aquel cuyo dap fuese el más próximo a este diámetro. Encontrando el árbol con este diámetro, se le determinó su volumen comercial sin corteza. El volumen de este ejemplar corresponde al volumen del árbol de diámetro medio.

El volumen del árbol de diámetro medio multiplicado por el número de árboles cosechables por ha, arroja el volumen medio por ha del rodal.

Desde el punto de vista de la industria de muebles se procedió así: con base en los registros de la demanda de madera que tiene la industria, se determinó el volumen máximo mensual de materia prima en m³ durante los dos últimos años. Este valor se extrapoló al año normal de 12 meses para obtener la demanda anual de madera.

La posibilidad o cosecha del bosque durante la vigencia del primer modelo de manejo se obtiene, entonces, multiplicando la demanda anual de madera por el tiempo de duración del plan.

La superficie anual de corta se termina dividiendo la demanda anual de madera por el volumen medio por ha del rodal.

3.3.5 Cortas intermedias.

Para la determinación de cortas intermedias, se tomaron en consideración las técnicas propuestas al respecto para el área de América Central, la experiencia de personal involucrado con el manejo de la plantación y evaluación en el sitio sobre la respuesta de algún tratamiento, hechos a la masa.

3.2.6 Selección de árboles superiores y establecimiento de un rodal semillero, en su primera fase.

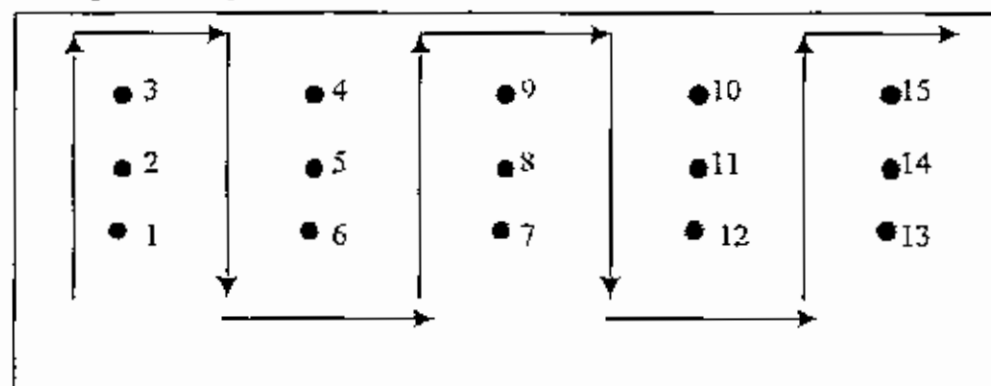
Para iniciar el programa preliminar de mejoramiento genético de la masa forestal, se procedió con dos enfoques diferentes: selección de árboles superiores y establecimiento de un rodal semillero, en su primera fase.

- Selección de árboles superiores: Sobre las 37 ha plantadas de edad madura, del orden de los 20-22 años, se seleccionó un total de 100 árboles portagranos, distanciados entre sí más de 50 m. La selección de cada individuo se hizo con base en las siguientes características fenotípicas: rectitud del fuste, tamaño de copa, ángulo y grosor de ramas y ausencia de bifurcaciones. Los árboles se marcaron en el terreno con un número de 1 a 100. Los árboles fueron escalados para la recolección de sus semillas. La semilla de cada progenitor fué empacada en un recipiente que lleva el número del árbol productor. La semilla de todos los árboles semilleros está conservada en un banco de semillas hasta su siembra en el vivero.
- Establecimiento de un rodal semillero, en su primera fase: En el sitio "El Convento" se estableció en 1971 una plantación de teca, cuyos árboles resultaron ser,

en la mayoría de los casos, de buen fenotipo. Todavía es posible observar árboles remanentes de esta plantación cerca de esta localidad. En 1991 la plantación fue cortada a tala rasa y los rebrotes fueron adecuadamente manejados. A la fecha, los rebrotes tienen siete años de edad y más del 70% de la masa presenta individuos fenotípicamente deseables. El lote, que cubre una superficie aproximada de 2,0 ha se seleccionó para el establecimiento de la primera fase de un rodal semillero. Como la densidad de la plantación y el crecimiento de los árboles era más o menos uniforme se estableció en mayo de 1998 una parcela de raleo, en las proximidades del centro del rodal. La parcela fue cuadrada y de 20x20m. A todos los árboles de la parcela se les midió el dap en cm, con cinta métrica, y la altura total en dm, con clinómetro. Los datos de campo aparecen en el Anexo 3.

3.3.7 Frecuencia de las evaluaciones de las PMP y variables a evaluar. Como la red de PMP fue establecida en el terreno, pero no medida, las evaluaciones deberán hacerse siguiendo el siguiente esquema: una medición deberá efectuarse en el momento de instalación de la parcela y se continuarán haciendo evaluaciones anuales durante los primeros cinco años. Después del quinto año, las evaluaciones serán bianuales hasta el turno económico. Las mediciones deberán hacerse durante el periodo de menor crecimiento de la masa. Si en un momento determinado un rodal joven, de 1 ó 2 años de edad, es sometido a un tratamiento intermedio, como poda, raleo o cosecha, la o las parcelas existentes en el mismo deberán recibir el mismo trato. En cambio, si un rodal de edad media o adulta es sometido a intervención, la o las parcelas pueden ser podada y/o raleadas, pero no cosechadas, hasta tanto hayan generado información suficiente para el desarrollo de modelos de crecimiento y rendimiento.

Para cada parcela se levantará un plano y los árboles serán medidos dentro de la misma, según el siguiente esquema:



A todos los árboles de las parcelas se les pintará el dap y en cada uno de ellos se evaluarán las siguientes variables:

- dap en cm. Se utilizará una cinta diamétrica con aproximación al mm.
- Altura total. Se utilizará clinómetro y se expresará en m
- Altura comercial: Se mide desde la base hasta un diámetro de 12cm. Se utilizará un clinómetro, y al igual que la altura total se expresa en m.
- Clasificación del árbol: se toman en cuenta la copa, sanidad, forma y vitalidad.

3.3.8 Procesamiento de datos

Para la obtención de funciones volumétricas se creó una base de datos (anexo 3), con la información de campo, en el programa computacional LOTUS 1,2,3; luego se procesó esta base de datos y se generaron las regresiones necesarias para la elaboración de las funciones para dos tipos de modelos. Esto se hizo en la Escuela de Ciencias Forestales (ESNACIFOR) ubicada en la ciudad de Siguatepeque.

Las tablas de volumen se construyeron en el programa EXCEL, Microsoft Office '98, procesando la misma base de datos para las funciones volumétricas y estas últimas también fueron procesadas, y se obtuvieron las tablas de los dos modelos para cada uso de madera.

Para la elaboración de los mapas se utilizaron los programas; ARC INFO para la creación de una base de datos recogidos por el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y por la mesa digitalizadora. Luego esta base de datos fue trasladada al programa AUTOCAD realase 13 para la impresión de los mapas.

4. RESULTADOS

4.1 OBJETIVOS DEL MODELO DE MANEJO

- Garantizar la producción sostenible de madera y otros productos forestales para el complejo forestal que tiene establecido la empresa: Muebles, postes, leña, carbón vegetal, semillas y plántulas.
- Reorganizar la distribución espacial de los rodales o clases de manejo, de manera tal que al concluir la vigencia del presente modelo de manejo exista un número de rodales equivalente al turno económico de la especie. La superficie de cada rodal estará determinado por la posibilidad o cosecha anual permisible.
- Iniciar un programa preliminar de mejoramiento genético de la masa forestal, con fundamento en dos líneas de acción: árboles portagranos y rodales semilleros.
- Generar información sobre crecimiento y rendimiento durante el quinquenio, para diseñar modelos reales de crecimiento y rendimiento.

4.2 SEPARACION DE LAS CLASES DE MANEJO O RODALES

En el Cuadro 7, se presentan las clases de manejo o rodales con su superficie y porcentaje correspondiente.

La Figura 3, presenta el plano planimétrico base que muestra la existencia de 14 rodales, en donde no aparecen los rodales de las edades 8, 13, 15, 16, 17, 19, 20 y 21 años. En el Cuadro 8 se presenta la descripción detallada de los rodales de la Figura 3.

4.3 FUNCIONES PARA LA DETERMINACION DE VOLUMEN DE MADERA EN PIE Y TABLAS DE VOLUMEN

Se creó una base de datos utilizando los registros de cubicación de árboles individuales. Luego, utilizando el paquete computacional LOTUS 1,2,3; se ajustaron dos modelos matemáticos, obteniéndose así las siguientes funciones volumétricas para madera en pie.

Cuadro 7. Superficie y distribución porcentual de las clases de manejo o rodales para "Forestal La Cueva".

Clase de Manejo o rodal	Superficie (ha)	%
1	11,2	5,42
2	4,9	2,37
3	11,9	5,77
4	18,9	9,16
5	29,4	14,24
6	25,9	12,55
7	14,0	6,78
9	8,4	4,01
10	2,8	1,36
11	6,3	3,26
12	21,7	10,51
14	12,6	6,10
18	1,4	0,68
22	37,00	17,93
TOTAL	208,4	100,00

▪ MODELO DE VARIABLE CONTINUA.

◆ Volumen total con corteza

$$V = 0,0182235 + 0,00003295 * dap^2 * h \quad r^2 = 0,9101$$

Donde:

V = Volumen en m³

dap = Diámetro a la altura del pecho en cm

h = Altura total del árbol en m

r = Coeficiente de regresión

◆ Volumen total sin corteza

$$V = 0,00037349 + 0,00002971 * dap^2 * h \quad r^2 = 0,915156$$

◆ Volumen de madera comercial con corteza

$$V = -0,026122 + 0,00002801 * dap^2 * h \quad r^2 = 0,912410$$

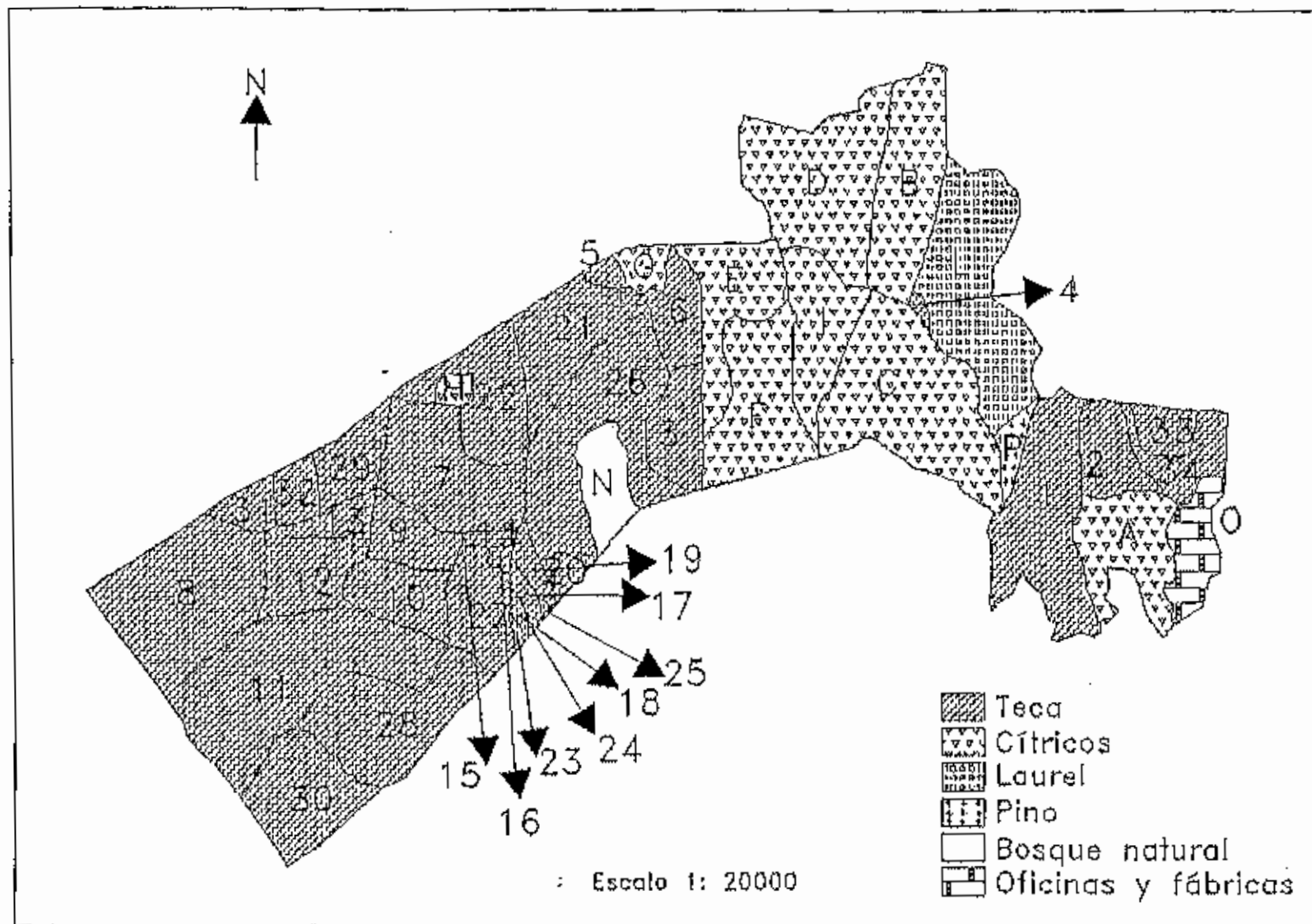


Figura 3. Mapa de Rodales de "Forestal La Cueva" y lotes de Hacienda "Veracruz"

Cuadro 8. Descripción detallada de los rodales de la Figura 3.

Identificador	Area (ha)	Cobertura	Edad (años)	Lugar
A	9.8	Cítricos	17	Hacienda "Veracruz"
B	16.8	Cítricos	18	Hacienda "Veracruz"
C	16.1	Cítricos	16	Hacienda "Veracruz"
D	24.15	Cítricos	17	Hacienda "Veracruz"
E	22.75	Cítricos	19	Hacienda "Veracruz"
F	16.1	Cítricos	20	Hacienda "Veracruz"
G	2.1	Cítricos	17	Hacienda "Veracruz"
H	4.9	Cítricos	17	"Forestal La Cueva"
I	8.4	Cítricos	16	Hacienda "Veracruz"
L	17.5	Laurel	21	Hacienda "Veracruz"
P	2.1	Pino	21	Hacienda "Veracruz"
O	5.6	Oficinas	-	Hacienda "Veracruz"
N	7	Bosque Natural	-	"Forestal La Cueva"
1	8.4	Teca	22	Hacienda "Veracruz"
2	7	Teca	22	Hacienda "Veracruz"
3	3.5	Teca	12	"Forestal La Cueva"
4	1.4	Teca	5	Hacienda "Veracruz"
5	5.6	Teca	12	"Forestal La Cueva"
6	8.4	Teca	12	"Forestal La Cueva"
7	7	Teca	7	"Forestal La Cueva"
8	25.9	Teca	6	"Forestal La Cueva"
9	3.5	Teca	4	"Forestal La Cueva"
10	5.25	Teca	3	"Forestal La Cueva"
11	28	Teca	5	"Forestal La Cueva"
12	15.4	Teca	4	"Forestal La Cueva"
13	4.9	Teca	3	"Forestal La Cueva"
14	0.7	Teca	18	"Forestal La Cueva"
15	0.7	Teca	18	"Forestal La Cueva"
16	1.75	Teca	3	"Forestal La Cueva"
17	4.2	Teca	2	"Forestal La Cueva"
18	2.8	Teca	14	"Forestal La Cueva"
19	4.2	Teca	12	"Forestal La Cueva"
20	5.6	Teca	14	"Forestal La Cueva"
21	6.3	Teca	11	"Forestal La Cueva"
22	0.7	Teca	10	"Forestal La Cueva"
23	0.7	Teca	2	"Forestal La Cueva"
24	0.7	Teca	1	"Forestal La Cueva"
25	10.5	Teca	1	"Forestal La Cueva"
26	4.2	Teca	14	"Forestal La Cueva"
27	8.4	Teca	9	"Forestal La Cueva"
28	5.6	Teca	22	"Forestal La Cueva"
29	8.4	Teca	22	"Forestal La Cueva"
30	8.4	Teca	22	"Forestal La Cueva"
31	2.1	Teca	7	"Forestal La Cueva"
32	2.1	Teca	10	"Forestal La Cueva"
33	2.1	Teca	7	Hacienda "Veracruz"
34	2.8	Teca	7	Hacienda "Veracruz"

- ◆ Volumen de madera comercial sin corteza

$$V = -0.020587 + 0.00002546 * dap^2 * h \quad r^2 = 0.909695$$

- ◆ Volumen de madera para parquet con corteza

$$V = 0.019058 + 0.000003141 * dap^2 * h \quad r^2 = 0.091658$$

- ◆ Volumen de madera para parquet sin corteza

$$V = 0.004847 + 0.0000025 * dap^2 * h \quad r^2 = 0.259591$$

A partir de estas fórmulas se construyeron tablas de volumen para cada uso , aplicando el modelo de variable continua. Las tablas se ilustran de los cuadros 9 al 14.

MODELO DE SHUMACHER, FORMULA DEL LOGARITMO NATURAL

- ◆ Volumen total con corteza

$$V = \frac{e^{(-3.365310 + 1.873580 * dap + 1.138945 * h)}}{1000}$$

$$r^2 = 0.119514$$

Donde:

V = Volumen en m³

e = Constante de logaritmo natural, 2.71828

dap = Diámetro a la altura del pecho en cm

h = Altura total del árbol en m

r = Coeficiente de regresión

- ◆ Volumen total sin corteza

$$V = \frac{e^{(-4.343737 + 1.881969 * dap + 1.1415056 * h)}}{1000}$$

$$r^2 = 0.947264$$

Cuadro 9. Tabla de volumen total con corteza en m³ para la plantación de teca de "Forestal La Cueva
Modelo de variable continua.

DAP (cm)	ALTURA (m)													
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
20	0,203	0,216	0,229	0,242	0,255	0,269								
21	0,222	0,236	0,251	0,265	0,280	0,294								
22	0,241	0,257	0,273	0,289	0,305	0,321								
23	0,262	0,280	0,297	0,315	0,332	0,349								
24	0,284	0,303	0,322	0,341	0,360	0,379								
25	0,307	0,327	0,348	0,368	0,389	0,410								
26	0,330	0,352	0,375	0,397	0,419	0,441								
27	0,355	0,379	0,403	0,427	0,451	0,475	0,499	0,523						
28	0,380	0,406	0,432	0,457	0,483	0,509	0,535	0,561						
29	0,406	0,434	0,462	0,489	0,517	0,545	0,572	0,600						
30	0,433	0,463	0,493	0,522	0,552	0,582	0,611	0,641	0,671	0,700	0,730	0,760	0,789	
31	0,462	0,493	0,525	0,557	0,588	0,620	0,652	0,683	0,715	0,747	0,778	0,810	0,842	
32		0,524	0,558	0,592	0,626	0,659	0,693	0,727	0,761	0,794	0,828	0,862	0,895	
33				0,628	0,664	0,700	0,736	0,772	0,808	0,844	0,879	0,915	0,951	
34				0,666	0,704	0,742	0,780	0,818	0,856	0,894	0,932	0,970	1,009	
35				0,704	0,745	0,785	0,825	0,866	0,906	0,947	0,987	1,027	1,068	
36				0,744	0,787	0,830	0,872	0,915	0,958	1,000	1,043	1,086	1,129	
37					0,830	0,875	0,920	0,965	1,011	1,056	1,101	1,146	1,191	
38					0,875	0,922	0,970	1,017	1,065	1,113	1,160	1,208	1,255	
39					0,920	0,970	1,021	1,071	1,121	1,171	1,221	1,271	1,321	
40					0,967	1,020	1,073	1,125	1,176	1,231	1,284	1,336	1,389	
41					1,015	1,071	1,126	1,181	1,237	1,292	1,348	1,403	1,458	
42					1,064	1,123	1,181	1,239	1,297	1,355	1,413	1,471	1,529	
43					1,115	1,176	1,237	1,298	1,359	1,419	1,480	1,541	1,602	
44							1,294	1,358	1,422	1,485	1,549	1,613	1,677	
45							1,353	1,419	1,486	1,553	1,620	1,686	1,753	
46							1,413	1,482	1,552	1,622	1,692	1,761	1,831	
47							1,474	1,547	1,620	1,692	1,765	1,838	1,911	
48									1,638	1,764	1,840	1,916	1,992	
49									1,759	1,838	1,917	1,996	2,075	
50									1,830	1,913	1,995	2,078	2,160	
51									1,904	1,989	2,075	2,161	2,248	
52									1,978	2,067	2,157	2,246	2,335	

Cuadro 10. Tabla de volumen total sin corteza en m³ para la plantación de teca de "Forestal La Cueva". Modelo de variable continua.

DAP (cm)	ALTURA (m)													
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
20	0,167	0,179	0,191	0,202	0,214	0,226								
21	0,184	0,197	0,210	0,223	0,236	0,249								
22	0,202	0,216	0,230	0,245	0,259	0,274								
23	0,220	0,235	0,252	0,268	0,283	0,299								
24	0,240	0,257	0,274	0,291	0,308	0,326								
25	0,260	0,279	0,297	0,316	0,335	0,353								
26	0,282	0,302	0,322	0,342	0,362	0,382								
27	0,304	0,325	0,347	0,369	0,390	0,412	0,434	0,455						
28	0,326	0,350	0,373	0,396	0,420	0,443	0,466	0,490						
29	0,350	0,375	0,400	0,425	0,450	0,475	0,500	0,525						
30	0,375	0,401	0,428	0,455	0,482	0,508	0,535	0,562	0,589	0,615	0,642	0,669	0,696	
31	0,400	0,429	0,457	0,486	0,514	0,543	0,571	0,600	0,629	0,657	0,686	0,714	0,743	
32		0,457	0,487	0,518	0,548	0,578	0,609	0,639	0,670	0,700	0,731	0,761	0,791	
33				0,550	0,583	0,615	0,647	0,680	0,712	0,745	0,777	0,809	0,842	
34				0,584	0,619	0,653	0,687	0,722	0,756	0,790	0,825	0,859	0,893	
35				0,619	0,655	0,692	0,728	0,765	0,801	0,837	0,874	0,910	0,947	
36				0,655	0,693	0,732	0,770	0,809	0,847	0,886	0,924	0,963	1,001	
37					0,732	0,773	0,814	0,855	0,895	0,936	0,977	1,017	1,058	
38					0,773	0,815	0,858	0,901	0,944	0,987	1,030	1,073	1,116	
39					0,814	0,859	0,904	0,949	0,995	1,040	1,085	1,130	1,175	
40					0,856	0,904	0,951	0,999	1,046	1,094	1,141	1,189	1,236	
41					0,899	0,949	0,999	1,049	1,099	1,149	1,199	1,249	1,299	
42					0,944	0,996	1,049	1,101	1,153	1,206	1,258	1,311	1,363	
43					0,989	1,044	1,099	1,154	1,209	1,264	1,319	1,374	1,429	
44								1,151	1,208	1,266	1,323	1,381	1,438	1,496
45								1,204	1,264	1,324	1,384	1,444	1,504	1,565
46								1,258	1,321	1,383	1,446	1,509	1,572	1,635
47								1,313	1,379	1,444	1,510	1,575	1,641	1,707
48									1,506	1,575	1,643	1,712	1,780	
49									1,570	1,641	1,712	1,784	1,855	
50									1,634	1,709	1,783	1,857	1,932	
51									1,700	1,778	1,855	1,932	2,010	
52									1,768	1,848	1,928	2,009	2,089	

Cuadro 11. Tabla de volumen comercial con corteza en m³ para la plantación de teca de "Forestal La Cueva". Modelo de variable continua.

DAP (cm)	ALTURA (m)												
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
20	0,131	0,142	0,153	0,164	0,176	0,187							
21	0,147	0,159	0,172	0,184	0,196	0,209							
22	0,164	0,177	0,191	0,204	0,218	0,231							
23	0,181	0,196	0,211	0,226	0,241	0,255							
24	0,200	0,216	0,232	0,248	0,264	0,280							
25	0,219	0,237	0,254	0,272	0,289	0,307							
26	0,239	0,258	0,277	0,296	0,315	0,334							
27	0,260	0,280	0,301	0,321	0,341	0,362	0,382	0,403					
28	0,281	0,303	0,325	0,347	0,369	0,391	0,413	0,435					
29	0,304	0,327	0,351	0,374	0,398	0,422	0,445	0,469					
30	0,327	0,352	0,377	0,402	0,428	0,453	0,478	0,503	0,529	0,554	0,579	0,604	0,629
31	0,351	0,378	0,405	0,432	0,458	0,485	0,512	0,539	0,566	0,593	0,620	0,647	0,674
32		0,404	0,433	0,462	0,490	0,519	0,548	0,576	0,605	0,634	0,662	0,691	0,720
33				0,492	0,523	0,554	0,584	0,615	0,645	0,676	0,706	0,737	0,767
34				0,524	0,557	0,589	0,622	0,654	0,686	0,719	0,751	0,783	0,816
35				0,557	0,592	0,626	0,660	0,695	0,729	0,763	0,797	0,832	0,866
36				0,555	0,627	0,664	0,700	0,736	0,773	0,809	0,845	0,882	0,918
37					0,664	0,703	0,741	0,779	0,816	0,856	0,894	0,933	0,971
38					0,702	0,742	0,783	0,823	0,864	0,904	0,945	0,985	1,026
39					0,741	0,783	0,826	0,869	0,911	0,954	0,998	1,039	1,082
40					0,781	0,826	0,870	0,915	0,960	1,005	1,050	1,094	1,139
41					0,822	0,869	0,916	0,963	1,010	1,057	1,104	1,151	1,198
42					0,863	0,913	0,962	1,012	1,061	1,110	1,160	1,209	1,259
43					0,906	0,958	1,010	1,062	1,113	1,165	1,217	1,269	1,321
44							1,069	1,113	1,167	1,221	1,276	1,330	1,384
45							1,108	1,165	1,222	1,279	1,335	1,392	1,449
46							1,159	1,219	1,278	1,337	1,397	1,456	1,515
47							1,212	1,273	1,335	1,397	1,459	1,521	1,583
48									1,394	1,458	1,523	1,587	1,652
49									1,454	1,521	1,588	1,655	1,723
50									1,515	1,585	1,655	1,725	1,795
51									1,577	1,650	1,723	1,796	1,868
52									1,640	1,716	1,792	1,868	1,943

Cuadro 12. Tabla de volumen comercial sin corteza en m³ para la plantación de teca de "Forestal La Cueva". Modelo de variable continua.

DAP (cm)	ALTURA (m)													
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
20	0,122	0,132	0,142	0,153	0,163	0,173								
21	0,137	0,148	0,159	0,170	0,182	0,193								
22	0,152	0,164	0,177	0,189	0,201	0,214								
23	0,168	0,181	0,195	0,208	0,222	0,235								
24	0,185	0,199	0,214	0,229	0,243	0,258								
25	0,202	0,218	0,234	0,250	0,266	0,282								
26	0,220	0,238	0,255	0,272	0,289	0,306								
27	0,239	0,258	0,276	0,295	0,313	0,332	0,351	0,369						
28	0,259	0,279	0,299	0,319	0,339	0,359	0,379	0,399						
29	0,279	0,301	0,322	0,343	0,365	0,386	0,408	0,429						
30	0,300	0,323	0,346	0,369	0,392	0,415	0,438	0,461	0,484	0,508	0,529	0,552	0,575	
31	0,322	0,346	0,371	0,395	0,420	0,444	0,469	0,493	0,518	0,542	0,567	0,591	0,616	
32		0,370	0,397	0,423	0,449	0,475	0,501	0,527	0,553	0,579	0,605	0,631	0,657	
33				0,451	0,478	0,506	0,534	0,562	0,589	0,617	0,645	0,673	0,700	
34				0,460	0,509	0,539	0,568	0,597	0,627	0,656	0,686	0,716	0,745	
35				0,510	0,541	0,572	0,603	0,634	0,666	0,697	0,728	0,759	0,790	
36				0,540	0,573	0,606	0,639	0,672	0,706	0,738	0,771	0,804	0,837	
37					0,607	0,642	0,677	0,711	0,746	0,781	0,816	0,851	0,886	
38					0,641	0,678	0,715	0,751	0,788	0,825	0,862	0,899	0,935	
39					0,676	0,715	0,754	0,793	0,831	0,870	0,909	0,948	0,986	
40					0,713	0,753	0,794	0,835	0,878	0,916	0,957	0,998	1,039	
41					0,750	0,793	0,835	0,878	0,921	0,964	1,007	1,049	1,092	
42					0,788	0,833	0,878	0,923	0,967	1,012	1,057	1,102	1,147	
43					0,827	0,874	0,921	0,968	1,015	1,062	1,109	1,156	1,203	
44							0,985	1,015	1,064	1,113	1,162	1,212	1,261	
45							1,011	1,062	1,114	1,165	1,217	1,268	1,320	
46							1,057	1,111	1,165	1,219	1,272	1,326	1,380	
47							1,104	1,160	1,217	1,273	1,329	1,385	1,442	
48									1,270	1,329	1,387	1,446	1,505	
49									1,324	1,385	1,447	1,508	1,569	
50									1,380	1,443	1,507	1,571	1,634	
51									1,436	1,503	1,569	1,635	1,701	
52									1,494	1,563	1,632	1,701	1,769	

Cuadro 13. Tabla de volumen para parquet con corteza en m³ para la plantación de teca de "Forestal La Cueva". Modelo de variable continua.

DAP (cm)	ALTURA (m)													
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
20	0,037	0,038	0,039	0,040	0,042	0,043								
21	0,038	0,040	0,041	0,043	0,044	0,045								
22	0,040	0,042	0,043	0,045	0,046	0,048								
23	0,042	0,044	0,046	0,047	0,049	0,051								
24	0,044	0,046	0,048	0,050	0,052	0,053								
25	0,047	0,049	0,050	0,052	0,054	0,056								
26	0,049	0,051	0,053	0,055	0,057	0,059								
27	0,051	0,053	0,056	0,058	0,060	0,063	0,065	0,067						
28	0,054	0,056	0,058	0,061	0,063	0,066	0,068	0,071						
29	0,056	0,058	0,061	0,064	0,067	0,069	0,072	0,075						
30	0,059	0,061	0,064	0,067	0,070	0,073	0,076	0,078	0,081	0,084	0,087	0,090	0,093	
31	0,061	0,064	0,067	0,070	0,073	0,076	0,079	0,082	0,085	0,088	0,092	0,095	0,099	
32		0,067	0,071	0,074	0,077	0,080	0,083	0,087	0,090	0,093	0,096	0,099	0,103	
33				0,077	0,081	0,084	0,087	0,091	0,094	0,098	0,101	0,105	0,108	
34				0,081	0,084	0,088	0,092	0,095	0,099	0,103	0,106	0,110	0,113	
35				0,084	0,088	0,092	0,096	0,100	0,104	0,108	0,111	0,115	0,119	
36				0,088	0,092	0,096	0,100	0,105	0,109	0,113	0,117	0,121	0,125	
37					0,096	0,101	0,105	0,109	0,114	0,118	0,122	0,127	0,131	
38					0,101	0,105	0,110	0,114	0,119	0,123	0,126	0,132	0,137	
39					0,105	0,110	0,115	0,119	0,124	0,129	0,134	0,138	0,143	
40					0,110	0,115	0,120	0,125	0,130	0,135	0,140	0,145	0,150	
41					0,114	0,119	0,125	0,130	0,135	0,140	0,146	0,151	0,159	
42					0,119	0,124	0,130	0,135	0,141	0,146	0,152	0,158	0,163	
43					0,124	0,129	0,135	0,141	0,147	0,153	0,158	0,164	0,170	
44							0,141	0,147	0,153	0,159	0,165	0,171	0,177	
45							0,146	0,153	0,159	0,165	0,172	0,178	0,184	
46							0,152	0,159	0,165	0,172	0,179	0,185	0,192	
47							0,158	0,165	0,172	0,179	0,186	0,192	0,199	
48									0,178	0,185	0,193	0,200	0,207	
49									0,185	0,192	0,200	0,208	0,215	
50									0,192	0,200	0,207	0,215	0,223	
51									0,199	0,207	0,215	0,223	0,231	
52									0,206	0,214	0,223	0,231	0,240	

Cuadro 14. Tabla de volumen para parquet sin corteza en m³ para la plantación de teca de "Forestal La Cueva". Modelo de variable continua.

DAP (cm)	ALTURA (m)													
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
20	0,019	0,020	0,021	0,022	0,023	0,024								
21	0,020	0,021	0,022	0,024	0,025	0,026								
22	0,022	0,023	0,024	0,025	0,027	0,028								
23	0,023	0,025	0,026	0,027	0,029	0,030								
24	0,025	0,026	0,028	0,029	0,031	0,032								
25	0,027	0,028	0,030	0,031	0,033	0,035								
26	0,029	0,030	0,032	0,034	0,035	0,037								
27	0,030	0,032	0,034	0,036	0,038	0,039	0,041	0,043						
28	0,032	0,034	0,036	0,038	0,040	0,042	0,044	0,046						
29	0,034	0,036	0,038	0,041	0,043	0,045	0,047	0,049						
30	0,036	0,039	0,041	0,043	0,045	0,048	0,050	0,052	0,054	0,057	0,059	0,061	0,063	
31	0,039	0,041	0,043	0,046	0,048	0,050	0,053	0,055	0,058	0,060	0,063	0,065	0,067	
32		0,043	0,046	0,048	0,051	0,053	0,056	0,059	0,061	0,064	0,066	0,069	0,071	
33				0,051	0,054	0,057	0,059	0,062	0,065	0,067	0,070	0,073	0,076	
34				0,054	0,057	0,060	0,063	0,066	0,068	0,071	0,074	0,077	0,080	
35				0,057	0,060	0,063	0,066	0,069	0,072	0,075	0,078	0,081	0,084	
36				0,060	0,063	0,066	0,070	0,073	0,076	0,079	0,083	0,086	0,089	
37					0,066	0,070	0,073	0,077	0,080	0,084	0,087	0,090	0,094	
38					0,070	0,073	0,077	0,081	0,084	0,088	0,091	0,095	0,099	
39					0,073	0,077	0,081	0,085	0,089	0,092	0,096	0,100	0,104	
40					0,077	0,081	0,085	0,089	0,093	0,097	0,101	0,105	0,109	
41					0,080	0,085	0,089	0,093	0,097	0,102	0,106	0,110	0,114	
42					0,084	0,089	0,093	0,097	0,102	0,106	0,111	0,115	0,120	
43					0,088	0,093	0,097	0,102	0,107	0,111	0,116	0,120	0,125	
44							0,102	0,106	0,111	0,116	0,121	0,126	0,131	
45							0,106	0,111	0,116	0,121	0,126	0,131	0,136	
46							0,111	0,116	0,121	0,127	0,132	0,137	0,142	
47							0,115	0,121	0,126	0,132	0,137	0,143	0,148	
48									0,132	0,137	0,143	0,149	0,155	
49									0,137	0,143	0,149	0,155	0,161	
50									0,142	0,149	0,155	0,161	0,167	
51									0,148	0,154	0,161	0,167	0,174	
52									0,154	0,160	0,167	0,174	0,181	

- ♦ Volumen comercial con corteza

$$V = \frac{e^{(-4,445752+2,001820*dap+1,268925*h)}}{1000}$$

$$r^2 = 0,935508$$

- ♦ Volumen comercial sin corteza

$$V = \frac{e^{(-5,181340+1,920165*dap+1,583981*h)}}{1000}$$

$$r^2 = 0,943883$$

- ♦ Volumen para parquet con corteza

$$V = \frac{e^{(1,326208+1,717417*dap-1,086557*h)}}{1000}$$

$$r^2 = 0,146764$$

- ♦ Volumen para parquet sin corteza

$$V = \frac{e^{(0,423745+1,692141*dap-0,891367*h)}}{1000}$$

$$r^2 = 0,119514$$

A partir de estas fórmulas se construyeron tablas de volumen para cada uso, aplicando la fórmula de Shumcher, las que son mostradas desde el Cuadro 15 hasta el 20.

Cuadro 15. Tabla de volumen total con corteza en m³ para la plantación de teca de "Forestal La Cueva". Modelo de Shumacher, logaritmo natural.

DAP (cm)	ALTURA (m)												
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
20	0.191	0.207	0.223	0.238	0.255	0.271							
21	0.209	0.227	0.244	0.261	0.279	0.297							
22	0.229	0.247	0.266	0.285	0.304	0.324							
23	0.248	0.269	0.289	0.310	0.331	0.352							
24	0.269	0.291	0.313	0.336	0.358	0.381							
25	0.290	0.314	0.338	0.362	0.387	0.411							
26	0.313	0.338	0.364	0.390	0.416	0.443							
27	0.335	0.363	0.391	0.418	0.447	0.476	0.504	0.532					
28	0.359	0.388	0.418	0.448	0.478	0.508	0.539	0.570					
29	0.383	0.415	0.446	0.478	0.511	0.543	0.576	0.609					
30	0.409	0.442	0.476	0.510	0.544	0.579	0.613	0.648	0.684	0.719	0.755	0.791	0.827
31	0.435	0.470	0.506	0.542	0.579	0.615	0.652	0.690	0.727	0.765	0.803	0.841	0.879
32	0.461	0.499	0.537	0.575	0.614	0.653	0.692	0.732	0.772	0.812	0.852	0.893	0.933
33	0.489			0.609	0.650	0.692	0.733	0.775	0.817	0.860	0.903	0.946	0.989
34	0.517			0.645	0.688	0.732	0.776	0.820	0.864	0.909	0.955	1.000	1.046
35	0.545			0.680	0.726	0.772	0.819	0.866	0.913	0.960	1.008	1.056	1.104
36	0.575			0.717	0.766	0.814	0.863	0.913	0.962	1.012	1.062	1.113	1.164
37	0.605				0.806	0.857	0.909	0.961	1.013	1.065	1.118	1.172	1.225
38	0.636				0.847	0.901	0.955	1.010	1.065	1.120	1.176	1.232	1.288
39	0.668				0.889	0.946	1.003	1.060	1.118	1.176	1.234	1.293	1.352
40	0.701				0.933	0.992	1.052	1.112	1.172	1.233	1.294	1.356	1.418
41	0.734				0.977	1.039	1.101	1.164	1.226	1.291	1.356	1.420	1.485
42	0.768				1.022	1.087	1.152	1.218	1.284	1.351	1.418	1.486	1.554
43	0.802				1.069	1.136	1.204	1.273	1.342	1.412	1.482	1.553	1.624
44	0.837						1.257	1.329	1.401	1.474	1.547	1.621	1.695
45	0.874						1.311	1.385	1.462	1.538	1.614	1.691	1.768
46	0.910						1.366	1.444	1.523	1.602	1.682	1.762	1.842
47	0.948						1.423	1.504	1.586	1.668	1.751	1.834	1.918
48	0.986								1.649	1.735	1.821	1.908	1.995
49	1.025								1.714	1.803	1.893	1.983	2.074
50	1.064								1.781	1.873	1.966	2.060	2.154
51	1.104								1.848	1.944	2.040	2.138	2.235
52	1.145								1.916	2.016	2.116	2.217	2.318

Cuadro 16. Tabla de volumen total sin corteza en m³ para la plantación de teca de "Forestal La Cueva", Modelo de Shumacher, logaritmo natural.

DAP (cm)	ALTURA (m)													
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
20	0.153	0.168	0.184	0.201	0.218	0.235								
21	0.167	0.185	0.202	0.220	0.239	0.258								
22	0.183	0.201	0.221	0.240	0.261	0.281								
23	0.199	0.219	0.240	0.261	0.283	0.306								
24	0.215	0.237	0.260	0.283	0.307	0.332								
25	0.232	0.258	0.281	0.306	0.332	0.358								
26	0.250	0.278	0.302	0.329	0.357	0.385								
27	0.269	0.296	0.325	0.354	0.383	0.414	0.445	0.477						
28	0.288	0.317	0.347	0.379	0.411	0.443	0.477	0.511						
29	0.307	0.339	0.371	0.404	0.439	0.473	0.509	0.545						
30	0.328	0.361	0.396	0.431	0.467	0.505	0.543	0.581	0.621	0.661	0.702	0.744	0.787	
31	0.348	0.384	0.421	0.459	0.497	0.537	0.577	0.618	0.660	0.703	0.747	0.791	0.837	
32	0.370	0.408	0.447	0.487	0.528	0.570	0.613	0.656	0.701	0.747	0.793	0.840	0.888	
33	0.392			0.516	0.559	0.604	0.649	0.696	0.743	0.791	0.840	0.890	0.941	
34	0.415			0.546	0.592	0.639	0.687	0.736	0.786	0.837	0.889	0.942	0.995	
35	0.438			0.576	0.625	0.674	0.725	0.777	0.830	0.884	0.939	0.994	1.051	
36	0.462			0.608	0.659	0.711	0.765	0.819	0.875	0.932	0.990	1.049	1.108	
37	0.486				0.694	0.749	0.805	0.863	0.921	0.981	1.042	1.104	1.167	
38	0.511				0.729	0.787	0.847	0.907	0.969	1.032	1.096	1.161	1.227	
39	0.537				0.765	0.827	0.889	0.953	1.017	1.083	1.151	1.219	1.289	
40	0.563				0.803	0.867	0.932	0.999	1.067	1.136	1.207	1.279	1.352	
41	0.590				0.841	0.908	0.977	1.047	1.118	1.190	1.264	1.339	1.416	
42	0.617				0.880	0.950	1.022	1.095	1.170	1.246	1.323	1.402	1.482	
43	0.645				0.920	0.994	1.068	1.145	1.223	1.302	1.383	1.465	1.549	
44	0.673						1.116	1.195	1.277	1.360	1.444	1.530	1.617	
45	0.703						1.164	1.247	1.332	1.418	1.506	1.596	1.687	
46	0.732						1.213	1.300	1.388	1.478	1.570	1.663	1.758	
47	0.762						1.263	1.353	1.445	1.539	1.635	1.732	1.831	
48	0.793								1.504	1.601	1.701	1.802	1.905	
49	0.825								1.563	1.665	1.768	1.873	1.980	
50	0.857								1.624	1.729	1.837	1.946	2.057	
51	0.889								1.686	1.795	1.906	2.020	2.135	
52	0.922								1.748	1.862	1.977	2.095	2.214	

Cuadro 17. Tabla de volumen comercial con corteza en m³ para la plantación de teca de "Forestal La Cueva". Modelo de Shumacher, logaritmo natural.

DAP (cm)	ALTURA (m)													
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
20	0.134	0.147	0.159	0.172	0.185	0.198								
21	0.146	0.162	0.175	0.189	0.204	0.218								
22	0.163	0.177	0.193	0.208	0.224	0.239								
23	0.178	0.194	0.210	0.227	0.244	0.262								
24	0.193	0.211	0.229	0.247	0.266	0.285								
25	0.210	0.229	0.249	0.269	0.289	0.309								
26	0.227	0.248	0.269	0.290	0.312	0.335								
27	0.245	0.267	0.290	0.313	0.337	0.361	0.385	0.410						
28	0.263	0.287	0.312	0.337	0.362	0.388	0.414	0.441						
29	0.283	0.308	0.335	0.361	0.389	0.416	0.444	0.473						
30	0.302	0.330	0.358	0.387	0.416	0.445	0.475	0.506	0.537	0.568	0.599	0.631	0.663	
31	0.323	0.352	0.382	0.413	0.444	0.476	0.508	0.540	0.573	0.606	0.640	0.674	0.708	
32	0.344	0.376	0.408	0.440	0.473	0.507	0.541	0.576	0.611	0.646	0.682	0.718	0.755	
33	0.366			0.468	0.503	0.539	0.575	0.612	0.649	0.687	0.725	0.764	0.803	
34	0.389			0.497	0.534	0.572	0.611	0.650	0.689	0.729	0.770	0.811	0.852	
35	0.412			0.527	0.566	0.606	0.647	0.689	0.730	0.773	0.816	0.859	0.903	
36	0.436			0.557	0.599	0.642	0.685	0.729	0.773	0.818	0.863	0.909	0.955	
37	0.460				0.633	0.676	0.723	0.770	0.816	0.864	0.912	0.960	1.009	
38	0.485				0.668	0.715	0.763	0.812	0.861	0.911	0.962	1.013	1.065	
39	0.511				0.703	0.753	0.804	0.855	0.907	0.960	1.013	1.067	1.121	
40	0.538				0.740	0.792	0.846	0.900	0.954	1.010	1.055	1.122	1.180	
41	0.565				0.777	0.832	0.888	0.945	1.003	1.061	1.120	1.179	1.239	
42	0.593				0.816	0.874	0.932	0.992	1.052	1.113	1.175	1.238	1.301	
43	0.622				0.855	0.916	0.977	1.040	1.103	1.167	1.232	1.297	1.363	
44	0.651						1.023	1.089	1.155	1.222	1.290	1.358	1.428	
45	0.681						1.070	1.139	1.208	1.278	1.349	1.421	1.493	
46	0.711						1.119	1.190	1.262	1.336	1.410	1.485	1.561	
47	0.743						1.168	1.242	1.316	1.394	1.472	1.550	1.629	
48	0.775								1.375	1.454	1.535	1.617	1.699	
49	0.807								1.433	1.516	1.600	1.685	1.771	
50	0.841								1.492	1.578	1.666	1.754	1.844	
51	0.875								1.552	1.642	1.733	1.825	1.919	
52	0.909								1.614	1.707	1.802	1.898	1.995	

Cuadro 18. Tabla de volumen comercial sin corteza en m³ para la plantación de teca de "Forestal La Cueva", Modelo de Shumacher, logaritmo natural.

DAP (cm)	ALTURA (m)													
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
20	0.116	0.129	0.143	0.157	0.172	0.188								
21	0.127	0.142	0.157	0.173	0.189	0.206								
22	0.139	0.155	0.172	0.189	0.207	0.225								
23	0.161	0.169	0.167	0.206	0.226	0.245								
24	0.164	0.183	0.203	0.223	0.245	0.266								
25	0.178	0.198	0.219	0.242	0.264	0.288								
26	0.192	0.214	0.237	0.260	0.285	0.311								
27	0.206	0.230	0.254	0.280	0.307	0.334	0.362	0.391						
28	0.221	0.246	0.273	0.300	0.329	0.358	0.388	0.420						
29	0.236	0.263	0.292	0.321	0.352	0.383	0.416	0.449						
30	0.252	0.281	0.311	0.343	0.376	0.409	0.444	0.479	0.515	0.553	0.592	0.632	0.672	
31	0.268	0.299	0.332	0.365	0.400	0.435	0.472	0.510	0.549	0.589	0.630	0.673	0.716	
32	0.285	0.318	0.353	0.388	0.425	0.463	0.502	0.542	0.584	0.628	0.670	0.715	0.761	
33	0.303			0.412	0.451	0.491	0.533	0.575	0.619	0.665	0.711	0.758	0.807	
34	0.321			0.436	0.477	0.520	0.564	0.609	0.656	0.704	0.753	0.803	0.855	
35	0.339			0.461	0.505	0.550	0.596	0.644	0.693	0.744	0.796	0.849	0.903	
36	0.358			0.487	0.533	0.580	0.629	0.680	0.732	0.785	0.840	0.896	0.954	
37	0.377				0.561	0.612	0.663	0.717	0.772	0.828	0.886	0.945	1.005	
38	0.397				0.591	0.644	0.698	0.754	0.812	0.871	0.932	0.994	1.058	
39	0.417				0.621	0.677	0.734	0.793	0.854	0.916	0.980	1.045	1.112	
40	0.438				0.652	0.710	0.771	0.832	0.896	0.961	1.029	1.097	1.168	
41	0.459				0.684	0.745	0.808	0.873	0.940	1.008	1.078	1.151	1.224	
42	0.481				0.716	0.780	0.846	0.914	0.984	1.056	1.130	1.205	1.282	
43	0.503				0.749	0.816	0.885	0.956	1.030	1.105	1.182	1.261	1.341	
44	0.526						0.925	1.000	1.076	1.155	1.235	1.318	1.402	
45	0.549						0.966	1.044	1.124	1.205	1.290	1.378	1.464	
46	0.573						1.008	1.089	1.172	1.257	1.345	1.435	1.527	
47	0.597						1.050	1.135	1.221	1.310	1.402	1.496	1.591	
48	0.622								1.272	1.365	1.460	1.557	1.657	
49	0.647								1.323	1.420	1.519	1.620	1.724	
50	0.672								1.375	1.476	1.579	1.684	1.792	
51	0.696								1.429	1.533	1.640	1.749	1.862	
52	0.725								1.483	1.591	1.702	1.816	1.932	

Cuadro 19. Tabla de volumen para parquet con corteza para la plantación de teca de "Forestal La Cueva". Modelo de Shumacher, logaritmo natural.

DAP (cm)	ALTURA (m)													
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
20	0,037	0,034	0,032	0,030	0,028	0,026								
21	0,040	0,037	0,035	0,032	0,030	0,029								
22	0,043	0,040	0,037	0,035	0,033	0,031								
23	0,047	0,043	0,040	0,038	0,036	0,034								
24	0,050	0,047	0,043	0,041	0,038	0,036								
25	0,054	0,050	0,047	0,044	0,041	0,039								
26	0,058	0,053	0,050	0,047	0,044	0,041								
27	0,062	0,057	0,053	0,050	0,047	0,044	0,042	0,040						
28	0,065	0,061	0,057	0,053	0,050	0,047	0,044	0,042						
29	0,070	0,065	0,060	0,056	0,053	0,050	0,047	0,045						
30	0,074	0,068	0,064	0,060	0,056	0,053	0,050	0,047	0,045	0,043	0,041	0,039	0,038	
31	0,078	0,072	0,067	0,063	0,059	0,056	0,053	0,050	0,048	0,045	0,043	0,042	0,040	
32		0,076	0,071	0,067	0,063	0,059	0,056	0,053	0,050	0,048	0,046	0,044	0,042	
33				0,070	0,066	0,062	0,059	0,056	0,053	0,051	0,048	0,046	0,044	
34				0,074	0,070	0,066	0,062	0,059	0,056	0,053	0,051	0,049	0,047	
35				0,078	0,073	0,069	0,065	0,062	0,059	0,056	0,053	0,051	0,049	
36				0,082	0,077	0,072	0,068	0,065	0,062	0,059	0,056	0,054	0,051	
37					0,080	0,076	0,072	0,068	0,065	0,062	0,059	0,056	0,054	
38					0,084	0,079	0,075	0,071	0,068	0,064	0,062	0,059	0,056	
39					0,088	0,083	0,078	0,074	0,071	0,067	0,064	0,062	0,059	
40					0,092	0,087	0,082	0,078	0,074	0,070	0,067	0,064	0,062	
41					0,096	0,090	0,086	0,081	0,077	0,073	0,070	0,067	0,064	
42					0,100	0,094	0,089	0,085	0,080	0,077	0,073	0,070	0,067	
43					0,104	0,098	0,093	0,088	0,084	0,080	0,076	0,073	0,070	
44							0,097	0,092	0,087	0,083	0,079	0,076	0,073	
45							0,100	0,095	0,090	0,086	0,082	0,079	0,075	
46							0,104	0,099	0,094	0,090	0,085	0,082	0,076	
47							0,108	0,103	0,098	0,093	0,089	0,085	0,081	
48									0,101	0,096	0,092	0,088	0,084	
49									0,105	0,100	0,095	0,091	0,087	
50									0,108	0,103	0,099	0,094	0,090	
51									0,112	0,107	0,102	0,098	0,094	
52									0,116	0,111	0,106	0,101	0,097	

Cuadro 20. Tabla de volumen para parquet sin corteza en m³ para la plantación de teca de "Forestal La Cueva". Modelo de Shumacher, logaritmo natural.

DAP (cm)	ALTURA (m)												
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
20	0,023	0,022	0,021	0,019	0,018	0,018							
21	0,025	0,024	0,022	0,021	0,020	0,019							
22	0,027	0,026	0,024	0,023	0,022	0,021							
23	0,029	0,028	0,026	0,025	0,023	0,022							
24	0,031	0,030	0,028	0,026	0,025	0,024							
25	0,034	0,032	0,030	0,028	0,027	0,026							
26	0,036	0,034	0,032	0,030	0,029	0,027							
27	0,038	0,036	0,034	0,032	0,031	0,029	0,028	0,027					
28	0,041	0,038	0,036	0,034	0,033	0,031	0,030	0,028					
29	0,043	0,041	0,038	0,036	0,035	0,033	0,032	0,030					
30	0,046	0,043	0,041	0,039	0,037	0,035	0,033	0,032	0,031	0,029	0,028	0,027	0,026
31	0,049	0,046	0,043	0,041	0,039	0,037	0,035	0,034	0,032	0,031	0,030	0,029	0,028
32		0,048	0,045	0,043	0,041	0,039	0,037	0,036	0,034	0,033	0,032	0,031	0,029
33				0,045	0,043	0,041	0,039	0,038	0,036	0,035	0,033	0,032	0,031
34				0,048	0,045	0,043	0,041	0,040	0,038	0,036	0,035	0,034	0,033
35				0,050	0,048	0,045	0,043	0,042	0,040	0,038	0,037	0,036	0,034
36				0,053	0,050	0,048	0,045	0,044	0,042	0,040	0,039	0,037	0,036
37					0,052	0,050	0,048	0,046	0,044	0,042	0,040	0,039	0,038
38					0,055	0,052	0,050	0,048	0,046	0,044	0,042	0,041	0,039
39					0,057	0,055	0,052	0,050	0,048	0,046	0,044	0,043	0,041
40					0,060	0,057	0,054	0,052	0,050	0,048	0,046	0,045	0,043
41					0,062	0,059	0,057	0,054	0,052	0,050	0,048	0,046	0,045
42					0,065	0,062	0,059	0,057	0,054	0,052	0,050	0,048	0,047
43					0,067	0,064	0,061	0,059	0,056	0,054	0,052	0,050	0,049
44							0,064	0,061	0,059	0,056	0,054	0,052	0,051
45							0,066	0,064	0,061	0,059	0,056	0,054	0,053
46							0,069	0,066	0,063	0,061	0,059	0,056	0,054
47							0,071	0,068	0,066	0,063	0,061	0,059	0,057
48								0,068	0,065	0,063	0,061	0,059	
49								0,070	0,068	0,065	0,063	0,061	
50								0,073	0,070	0,067	0,065	0,063	
51								0,075	0,072	0,070	0,067	0,065	
52								0,078	0,075	0,072	0,069	0,067	

4.4 PLANES ESPECIALES

4.4.1 Plan de intervenciones silvícolas

El plan de intervenciones silvícolas tiene como propósito proponer un plan de acción ordenado para el tratamiento de la masa desde su establecimiento hasta su cosecha. La cosecha siempre deberá ser considerada un tratamiento a la masa y no la única intervención a la misma.

4.4.1.1 Sistemas silvícolas y método de reproducción. Para este primer modelo de manejo se trabajará esencialmente con el Sistema Silvícola de Monte Alto. En otros términos, la regeneración de la nueva masa estará sustentada en la semilla procedente de árboles progenitores seleccionados en rodales jóvenes y/o maduros. Esta técnica difiere del método clásico de reproducción de árboles padres en el sentido de que la semilla es recolectada de árboles portagranos, pero ellos no son responsables directos de regenerar la masa en el mismo sitio.

El manejo interno de la plantación será hecho aplicando el Sistema Silvícola de Monte Bajo, de Brotes o Tallar. Dentro de este sistema se aplicará la variante de Monte Bajo, Sencillo, que consiste en el corte a tala rasa del rodal que ha llegado a su madurez económica.

4.4.1.2 Posibilidad o cosecha del bosque y superficie anual de corta.

- Parámetros dasométricos

$$dap_{\text{promedio cc}} = 35,75 \text{ cm, diámetro medio aritmético del rodal}$$

$$dap_{\text{promedio cc}} = 35 \text{ cm, diámetro del árbol más próximo al diámetro medio aritmético}$$

$$VC_{sc} = 0,4344 \text{ m}^3$$

$$N = 150$$

$$V = 150 \text{ árboles/ha} \times 0,4344 \text{ m}^3 = 65,16 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Donde:

$$dap_{\text{promedio cc}} = \text{diámetro medio a la altura del pecho con corteza}$$

$$VC_{sc} = \text{volumen comercial sin corteza}$$

$$N = \text{número de árboles/ha}$$

$$V = \text{volumen medio comercial sin corteza del rodal/ha}$$

- Parámetros de la industria de muebles

$$\text{Demanda mensual de madera sin corteza} = 23 \text{ m}^3$$

$$\text{Demanda anual de madera sin corteza} = 336 \text{ m}^3$$

- Posibilidad y superficie anual de corta

Posibilidad anual = 336m³

Posibilidad para el quinquenio = 1680m³

Superficie anual de corta = $\frac{336m^3}{65,16m^3/año} = 5,00ha/año$

4.4.1.3 Plan de aprovechamiento para el período 1999-2003. Con fundamento en el Cuadro 7, distribución de rodales por edad, se puede apreciar que la plantación contiene actualmente rodales de las edades 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 14, 18 y 22 años, faltando las edades de 8, 13, 15, 16, 17, 19, 20 y 21 años.

Si se toma como base el turno económico de la especie de 20 años faltarían en términos teóricos para garantizar la sostenibilidad anual durante la vigencia del plan, los rodales con edades de 15, 16, 17, 19 y 20 años. Ahora bien, existen rodales relativamente sobre maduros con edad actual de 22 años, los que cubren una superficie aproximada de 37 ha. Por suerte, el volumen de madera en pie existente en estos rodales es más que suficiente para cubrir la posibilidad durante el quinquenio y aún queda un remanente que podría ser cosechado en cualquier momento, si la empresa desea utilizarlo o venderlo. De igual manera, el rodal de 18 años de edad también podría ser aprovechado a partir del año 2001.

El siguiente Plan de Aprovechamiento está sustentado únicamente en los rodales de 22 años de edad. Los rodales a cosechar aparecen en el cuadro 21 por orden de accesibilidad. En otros términos, se aprovecharán primero los rodales más accesibles y después del tercer año, cuando la red vial esté totalmente habilitada, se procederá a la cosecha de las demás clases de manejo.

A la fecha, existen 5 rodales de 22 años, cada uno cubriendo superficies diferentes. En todos los rodales la superficie plantada excede a la superficie anual de corta. En este caso, se comienza con el aprovechamiento del rodal más accesible, respetando la superficie de corta de 5 ha. El excedente en superficie de ese rodal deberá cosecharse en el año 2. Por lo tanto, ese excedente del rodal 1 tiene que cosecharse en el segundo año y complementarse la superficie anual de corta, con parte del área del rodal 2. Este procedimiento se continúa en forma sucesiva para los 5 rodales. Al finalizar el quinto año habrá un excedente de superficie.

La superficie real de clases de manejo que podría ser cosechada es del orden de 37 ha. Durante la vigencia del plan, sólo se requieren 25 ha. Este excedente de 12 ha, traducibles en un volumen promedio de 781,92 m³, podría ser aprovechado en el momento en que la empresa lo decida.

Cuadro 21. Plan de Cosecha para el periodo 1999-2003.

Año de cosecha	Nombre del rodal	Edad futura del rodal (años)	Clase de manejo o rodal	Superficie (ha)	
				real	cosechar
1999	El Jute	23	1	8,38	5,00
2000	El Jute	24	1	8,38	3,38
2000	Zincuyal	24	2	6,98	1,61
2001	Zincuyal	25	2	6,98	5,00
2002	Zincuyal	26	2	6,98	0,38
2002	Zacatillo	26	3	5,59	4,62
2003	Zacatillo	27	3	5,59	0,97
2003	Copinol	27	4	8,38	4,03
2003	Los Pajales	27	5	8,38	-
TOTAL				37,00	25,00

4.4.1.4 Selección de rebrotes, plan de podas y limpieas.

- Selección de rebrotes:** En vista de que las plantaciones, a partir del primer turno, serán manejadas con el sistema de Monte Bajo Sencillo, es vital una adecuada selección de rebrotes en el momento más oportuno.

Al año de cosechado el rodal se hace la selección de rebrotes, dejando los dos mejores rebrotes preferiblemente opuestos en el tocón. Luego, entre el segundo y tercer año se selecciona el mejor rebrote, en cuanto a vigor y forma. Durante los seis años siguientes deberá hacerse un control de rebrotes o deshije, para eliminarle competencia al rebrote seleccionado.

La selección de rebrotes y deshije debe hacerse antes del inicio de la época lluviosa, con el fin de concentrar el crecimiento en el rebrote escogido.
- Plan de Podas:** Las podas, en el caso específico de especies plantadas que pierden su capacidad de autopoda por cambio de hábitat, tiene como propósito fundamental mejorar la calidad de la madera, si es que el objetivo del manejo es la producción de madera de alta calidad. Siendo que las plantaciones de teca de la empresa han sido establecidas para abastecer madera de la más alta calidad, es necesario diseñar un programa de podas a lo largo de los primeros años del turno, más que a todo lo largo del mismo. Tal consideración se hace con virtud de que la poda de árboles adultos conduce a la formación de grandes nudos que demerita la calidad y la resistencia de la madera.

Todos los rodales de las edades de 1 a 12 años, deberán recibir podas anuales, durante la temporada de sequía. La altura de poda debe ser tal que deje aproximadamente las 2/3 partes de la altura del árbol libre de ramas.
- Limpieas:** Las limpieas son una actividad necesaria durante el establecimiento de cualquier tipo de plantación. Las limpieas tienen como objetivo eliminar la competencia por nutrientes, luz y agua, de especies indeseables para con la especie plantada, esto se debe de realizar desde la siembra hasta que el árbol haya alcanzado una cobertura que suprima el crecimiento de otras especies.

Todos los rodales de 1 a 6 años, deberán recibir dos limpiezas por año. La primera al inicio de la época lluviosa y la segunda durante la finalización de la misma. Los primeros rodales a limpiarse serán los de más corta edad, terminando por los rodales más viejos. También es necesario efectuar una limpieza al momento de la siembra para asegurar el establecimiento de esta.

4.4.1.5 Plan de raleos. Durante la vigencia del presente modelo y mientras se genere más información sobre otros indicadores de raleos, tales como: Índice de Densidad del Rodal -IDR-, Densidad del Área Basal en por ciento de la Altura, Índice de Densidad de Hart-Becking, Índice Espacio-Crecimiento y otros, las entresacas se realizarán con base en el número de árboles/ha (N).

Los raleos más intensos o más fuertes se harán durante el período de mayor crecimiento de la especie, que ocurre aproximadamente entre el 1 y 10 a 12 años. De ahí en adelante el o los raleos serán más suaves. Con base en la literatura disponible sobre el manejo de la especie en el aspecto de aclareo y la experiencia local en este campo, se propone el esquema de raleo que aparece en el cuadro 22.

Cuadro 22. Plan de raleos para las plantaciones de teca de "Forestal La Cueva".

Edad del rodal (años)	N a ralear	N después de raleo	Espaciamiento después de raleo (m)
5	1250	1250	2,8 x 2,8
10	850	400	5,0 x 5,0
14	244	156	8,0 x 8,0

N= Número de árboles/ha

Los raleos serán siempre por lo bajo nunca sistemáticos. El raleo por lo bajo trata siempre de favorecer los dominantes y codominantes de mejor forma. Un raleo no sistemático, es decir, más bien subjetivo, trata de jugar más con los espaciamientos y la calidad de los individuos. Un raleo sistemático funcionaría muy bien, a futuro, en la medida en que se tengan establecidas plantaciones bajo un esquema de mejoramiento genético forestal.

4.4.2 Plan de mejoramiento genético de la masa forestal

El mejoramiento genético será evaluado en dos líneas generales de acción: A través de la semilla de árboles portagranos individuales procedentes de plantaciones adultas y a partir de semillas de árboles portagranos individuales procedentes del rodal semillero.

En el primer caso es necesario realizar pruebas de vigor genético de la semilla de cada progenitor, con el fin de determinar la calidad de la semilla con fines de reforestación a escala operativa. En ambos casos es menester realizar un ensayo de familias o progenie. La Figura 4 sintetiza el plan de mejoramiento genético:

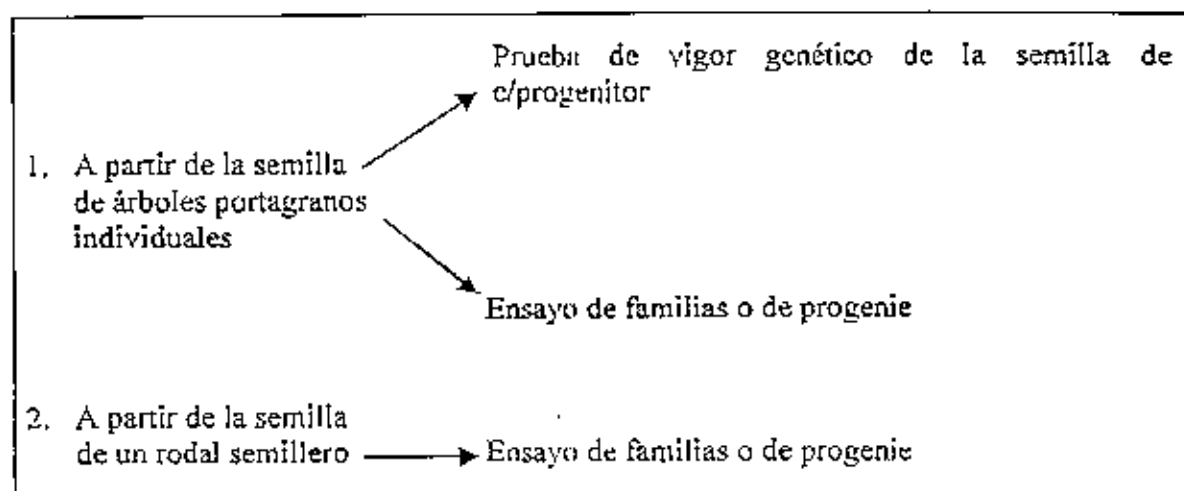


Figura 4. Síntesis del plan de mejoramiento genético.

4.4.3 Plan de rehabilitación de caminos forestales y suelos

La red vial de caminos forestales existente en el área plantada, carente de toda planificación, se encuentra en estado crítico. En estos momentos, la red es prácticamente intransitable con propósitos madereros. Debido a la topografía del terreno y a la vulnerabilidad de los suelos a los procesos de erosión, en especial los terrenos plantados con cítricos presentan síntomas severos de erosión. En las plantaciones de teca es posible observar daños a nivel de suelos, especialmente donde existen caminos peatonales. Sobre esta base se propone un plan de rehabilitación de caminos forestales y suelos

- **Rehabilitación de caminos forestales:**
 - Debido a la existencia de tramos de carreteras con pendientes mayores al 12% y algunas curvas horizontales mal construidas se debe proceder, durante el primer año, a la rectificación de pendientes y curvas.
 - Simultáneamente con las actividades anteriores se debe implementar de inmediato un programa de mantenimiento de caminos, en el que se excluya por completo el tractor de oruga. Este mantenimiento debe considerar los siguientes componentes:
 - + Construcción de filtros franceses a base de piedra.
 - + Protección con material selecto de la banca o rasante, incluyendo la conformación de hombros.
 - + Construcción de cunetas y control de torrentes en las mismas.
 - + Estabilización de la banca y taludes, con muros de piedras en los sitios donde sea necesario.
- **Rehabilitación de suelos degradados:**
 - **Prácticas mecánicas:**
 - + Canales de desviación, en la parte superior de pendientes, relativamente desnudas en donde la escorrentía son muy fuerte.

- + Control de torrentes en sitios bajo cárcavas o que presentan indicios de éste proceso (canales).
- Prácticas culturales y agronómicas:
 - + Si el cultivo de cítricos se continua manteniendo y/o estableciendo, es vital la introducción de barreras vivas distanciadas según la pendiente. Algunas de las especies potenciales podrían ser: Vetiver (*Vetiveria zizanioides*), limoncillo (*Andropogum citratus*), pasto imperial (*Paspalum fourmerianum*) piñuela (*Bromelia pinguin*).
 - + Las plantaciones de teca a establecerse en un futuro deberán ser plantadas siguiendo curvas a nivel del terreno.

4.4.4 Plan de investigación

El plan de investigación está orientado fundamentalmente a generar información básica para el diseño del segundo modelo de manejo. Es lógico, que un primer esquema de manejo sea formulado con información faltante. El primer plan de manejo debe utilizarse para generar la información faltante y/o deficiente, si es que se pretende manejar el bosque bajo el concepto de la sostenibilidad o del rendimiento sostenido.

El plan de investigación comprende dos componentes: Investigaciones absolutamente necesarias desde el punto de vista del manejo forestal, e investigaciones no relacionadas directamente con el manejo pero de interés para la silvicultura y el ambiente.

- Investigaciones relativas al manejo forestal:
 - Crecimiento y rendimiento de la masa forestal: A la evaluación periódica de la red de Parcelas de Muestreo Permanente -PMP- permitirá generar, al término del cuarto o quinto año, modelos reales de crecimiento y rendimiento. Tales modelos serán determinantes para la fijación del verdadero turno económico y del rendimiento volumétrico medio/ha a edad de cosecha.
 - Índices de Sitio: Es necesario en el menor tiempo posible, preferiblemente en el primer año, determinar las calidades de estación y estimar los índices de sitio para cada estación con fundamento en una edad base. Las diferentes estaciones deberán mapearse en un mapa topográfico a una escala apropiada para fines de manejo.
 - Indicadores de Raleo: Ante la ausencia de indicadores locales de raleos, es necesario proceder a la instalación de una red de Parcelas de Raleo por clase de estación de sitio y también por edades. La información de esta red permitirá desarrollar durante el quinquenio verdaderos indicadores de raleos, con la aplicación de diferentes técnicas de aclareos.
- Investigaciones no relacionadas directamente con el manejo del bosque:
 - Estudio de suelos: La mayoría de la información disponible sobre teca indica claramente que los terrenos plantados con esta especie presentan grados variables de erosión del suelo. La plantación de teca de "Forestal La Cueva" muestra suelos con características físicas y posiblemente químicas aparentemente superiores a terrenos bajo cultivos agrícolas o ganadería. Una investigación orientada a demostrar esta hipótesis sería para las condiciones de América Tropical y

Subtropical e incluso para el ámbito forestal mundial, de tremendo impacto y de gran utilidad técnica. El estudio de suelos debería comparar, mediante análisis de perfiles y de propiedades físicas y químicas, las características de suelos bajo condiciones de plantación a diferentes edades, con suelos cultivados con cítricos, granos básicos y pastoreo.

- Recurso hídrico: Los terrenos de la empresa tienen alrededor de siete manantiales de agua dulce. Este recurso único no sólo es valioso sino escaso y debe merecer especial consideración. En este sentido, se debe realizar una ubicación espacial de los nacimientos en un mapa y evaluar sus zonas de recarga, cuantificar el caudal, analizar sus propiedades físicas, químicas y biológicas y proceder a su recolección.

5. DISCUSION

Desde el punto de vista dasométrico en las plantaciones de teca de "Forestal La Cueva" fue posible separar 13 clases de manejo o rodales, correspondientes a las edades de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 18 y 22 años.

La presente discusión trata, en una primera sección de analizar las limitaciones que se tuvieron en materia de información para el diseño del presente modelo de manejo forestal. En una segunda sección se exponen los posibles efectos de las prácticas de manejo a nivel de toda la plantación. En una tercera y última sección, se presenta el estado real del bosque desde el punto de vista estrictamente dasométrico.

5.1 LIMITACIONES DE TIPO INFORMATIVO

El presente modelo de manejo que entrará en vigencia en enero de 1999, tiene como característica principal el hecho de que su base epidométrica de crecimiento y rendimiento de la masa era prácticamente inexistente.

La ausencia total de zonificación de sitios para plantación, complementada con la ausencia total de datos de crecimiento, condujo a que tanto la posibilidad como las demás intervenciones silvícolas se fundamentarán en información dasométrica recopilada *in situ*, durante un corto período de tiempo. La manipulación de la masa con una base de datos tan rudimentaria tiene que ser extremadamente cautelosa, para no propiciar desestabilización de los rodales y provocar la no sostenibilidad del recurso. Con estos antecedentes y con datos reales de rendimiento de las masas maduras, se determinó la cosecha anual permisible del bosque tomando como base la máxima demanda de madera mensual aserrada de los dos últimos años y el volumen medio del rodal por hectárea, determinado a partir del árbol de diámetro medio aritmético. La posibilidad así calculada garantiza la producción sostenible de madera a lo largo del período de manejo, sin provocar presión sobre la masa forestal.

5.2 POSIBLES EFECTOS DE LAS PRACTICAS DE MANEJO A NIVEL DE TODA LA PLANTACION

Si la actual masa forestal hubiese sido establecida mediante un criterio de bloques o lotes debería tenerse, a la fecha, tantos rodales cuantos años tiene el turno. Como el turno económico de la especie en este sitio es del orden de 20 años aproximadamente, deberían de tenerse como mínimo 20 rodales, independientemente de su tamaño. Esto puede afirmarse porque la empresa inició plantaciones en 1971.

Sin embargo, el mapeo de los rodales muestra la presencia de 13 bloques o clases de manejo, faltando rodales con las edades de 8, 13, 15, 16, 17, 19, 20 y 21 años. Este desfase en el proceso de rodalización hubiese sido crítico para la empresa de no contar en el terreno con suficiente superficie plantada de árboles maduros y sobremaduros. Esta favorable situación facilita la manipulación de la masa durante el quinquenio, en términos de podas, raleos y cosecha, hasta alcanzar al final del mismo la rodalización esperada, es decir, 20 rodales de 20 edades diferentes.

Además de alcanzar la rodalización de la masa, su manipulación estará también orientada a mejorar el rendimiento individual de los árboles y, por lo consiguiente, del rodal. Esto puede lograrse mediante la selección de semilla y producción de plántulas de excelente calidad, podas y raleos oportunos.

5.3 ESTADO REAL DEL BOSQUE DESDE EL PUNTO DE VISTA ESTRUCTURALMENTE DASEMÉTICO

En el caso de "Forestal La Cueva", la teca ha tenido una excelente adaptación y un crecimiento satisfactorio. No obstante, el estado actual de la masa no es del todo deseable desde el punto de vista de la calidad fenotípica de los árboles y de tratamientos a la misma.

Remanentes de las primeras plantaciones evidencian que el fenotipo de la mayoría de los árboles es superior al que hoy en día se observa en la mayor parte de los lotes plantados. La obtención de masas plantadas de calidad fenotípica inferior puede obedecer a una deficiente selección de semillas, complementada con prácticas inadecuadas de producción de plántulas y ausencia de manejo, en especial, durante las primeras fases de crecimiento.

A la fecha, el rendimiento medio esperado de masas de 22 años de edad es del orden de 65m³/ha. Con una buena selección de semilla, buenas técnicas de producción en vivero y adecuadas prácticas culturales de la plantación, podría esperarse un incremento en el rendimiento de un 50% como mínimo. Tal incremento no es inmediato y sino a mediano plazo. Ello depende de la implementación de una serie de actividades orientadas al mejoramiento de la masa y que están contenidas en el presente modelo.

6. CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio permiten emitir las siguientes consideraciones:

- Las plantaciones de "Forestal La Cueva" contienen 14 rodales o clases de manejo, cuyas edades son 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 18 y 22 años. La teca en este sitio tiene un turno medio de aproximadamente 20 años. Los rodales de 22 años con base en la técnica del árbol con dap promedio aritmético del rodal arrojan un volumen promedio de 65m³/ha. Este rendimiento volumétrico es aparentemente adecuado pero podría mejorarse a futuro con un buen manejo dadas las condiciones especiales de clima y suelo de los sitios de la plantación.
- Aunque para la formulación del presente esquema de manejo no se dispuso de la información dasométrica suficiente, fue posible determinar para la masa forestal una cosecha anual permisible que no sólo satisface las necesidades de la empresa sino que no genera presiones a la masas, que podrían ser contraproducentes en términos del rendimiento forestal sostenido. La superficie actualmente plantada no sólo es capaz de abastecer la demanda actual de la empresa PROMASAL, sino que presenta excedentes de madera en pie que podrían ser eventualmente cosechados para sufragar gastos de otra índole.
- La red de caminos forestales, vital para la extracción maderera y carente de toda planificación, se encuentra en un estado verdaderamente crítico. Tratamientos urgentes al sistema de extracción son determinantes para agilizar las diferentes intervenciones a las masas, plasmadas en el presente modelo.

7. RECOMENDACIONES

A nivel de política se recomienda:

- Iniciar la validación de este modelo de manejo a principios del año 1999. Sin la implementación de un esquema de manejo de esta naturaleza, las plantaciones se seguirán estableciendo sin objetivos específicos. Un esquema de esta índole pretende la reorganización espacial de los rodales y el mejoramiento de la masa, factores determinantes para el logro de una sostenibilidad de este importante recurso forestal, respaldado en las mejores calidades de madera.

A nivel técnico se recomienda:

- Dadas las características topográficas y edáficas de los sitios de plantación, se sugiere la posibilidad de introducción de un sistema aéreo de cable vía para la extracción de madera. El sistema debe ser articulado y de largo alcance. La inversión es inicial es de hecho costosa, pero a largo plazo redundaría en beneficios, desde el punto de vista ambiental y de costos de extracción y en una posible reducción de costos si se establecen comparaciones con las técnicas convencionales de explotación y transporte.
- Si la implementación de los sistemas de cable vía no fuese posible, se tendría que recurrir para el aprovechamiento forestal a la red vial de caminos forestales. En estos momentos la red es insuficiente e inadecuada para llevar a cabo las operaciones madereras. En este caso, la red actual debería ser levantada y transferida a un mapa topográfico a escala adecuada, y cualquier expansión de ésta debería ser planificada con fundamento en criterios ambientales y económicos.
- Incorporar a la superficie plantada de teca todos los terrenos de ladera que están bajo cultivos de cítricos. Dejar sólo en cítricos las superficies planas u onduladas bajo un manejo intensivo.

8. BIBLIOGRAFÍA

- AGUDELO, N. 1988. Plan de Manejo para el bosque del Uyuca de la Escuela Agrícola Pnamericana, Honduras: Primeros cinco años. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R. Departamento de Recursos Naturales, CATIE. 327p.
- AGUDELO, N. 1998. Modelo validado para el manejo de pinares nativos en la región subtropical de América Central: un estudio de caso. CIFOR/EAP. Zamorano, Honduras. 42p.
- AYANOMA, S. 1983. Un modelo de simulación de crecimiento en plantaciones de teca (*Tectona grandis*). Tesis Mag. Sc. Mérida, Ven., Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias Forestales. 92p.
- CAMINO, R.; KOTSCHWAR, A. s.f. Manual de Planes de Manejo. PNUD/FAO. Santiago Chile.
- CANA TECA. 1993. Bussiness Plan of CANA TECA INTERNACIONAL S.A. Vancouver, British, Cánada. 41p.
- CANA TECA. 1994. Bussiness Plan of CANA TECA INTERNACIONAL S.A. Vancouver, British, Cánada. 37p.
- CATIE. 1996. Modelo Simplificado de Planes de Manejo para Bosques Naturales Latifoliados en Guatemala. CONAP. Turrialba, C.R. 55p.
- CODHEFOR, citado por AGUDELO, N. 1988. Plan de Manejo para el bosque del Uyuca de la Escuela Agrícola Pnamericana, Honduras: Primeros cinco años. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R. Departamento de Recursos Naturales, CATIE. 327p.
- CHAVARRIA, M.; QUIROS, L. 1985. *Tectona grandis* (Revisión de Literatura). Componente de Investigación Teórica, Doc. de Trabajo no. 21. FAO, San José, C.R. 11p
- CHAVES, E; FONSECA, W. 1991. Teca: especie de árbol de uso múltiple en América Central. CATIE, C.R. Colección de guías silviculturales no. 179. 60p.
- DAWKINS, H. citado por AGUDELO, N. 1988. Plan de Manejo para el bosque del Uyuca de la Escuela Agrícola Pnamericana, Honduras: Primeros cinco años. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R. Departamento de Recursos Naturales, CATIE. 327p

- GUISE, C. citado por AGUDELO, N. 1988. Plan de Manejo para el bosque del Uyuca de la Escuela Agrícola Pnamericana, Honduras: Primeros cinco años. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R. Departamento de Recursos Naturales, CATIE. 327p.
- HENAO, I. 1982. Estudio de Rendimientos y Rentabilidad en una Plantación de Teca (*Tectona grandis*, L.f.). Crónica Forestal y del Medio Ambiente. Vol II no 1 y 2. Medellín, Col. 1-78p.
- HERNANDEZ, A. 1988. Manejo de plantación de Teca (*Tectona grandis*) en El Salvador. Turrialba, CATIE, C.R. 305-311p.
- KEOGH, R. 1979. El futuro de la teca en la América Tropical. Unasyva no 31. 126 p.
- KEOGH, R. 1987. The Care and management of teak (*Tectona grandis* L.f.) Plantations. Guía de campo práctica para forestales en el Caribe, Centro América, Venezuela y Colombia. Heredia, C.R. Universidad Nacional de Heredia, C.R. Facultad de Ciencias de la tierra y el mar. 48p
- MAG. 1997. Reporte de condiciones meteorológicas de la Base Meteorológica del Casco de La Cueva.
- MURILLO, O.; VALERIO, J. 1991. Melina: especie de árbol de uso múltiple en América Central. CATIE, C.R. Colección de guías silviculturales no. 10. 70p.
- PRODAN, M; PETERS, R.; COX, F.; REAL, P. 1997. Mensura Forestal. IICA, San José, C.R. 561p.
- PROMASAL. 1998. . Reporte de precios de compra de madera de teca en rollo.
- RAMOS, C. 1998. Manejo de plantaciones de *Tectona grandis* de "Forestal La Cueva", La Libertad, El Salv. "Forestal La Cueva" (Comunicación personal).
- TORRES, L. 1982. Influencia del sitio y la espesura en el crecimiento de plantaciones de teca (*Tectona grandis*) en Caparo, Venezuela. Mérida, Ven., Universidad de los Andes, Facultad de Ciencia Forestales. 67p.
- UGALDE, L. 1993. Crecimiento y Calidad de Sitio de Teca en América Central. Curso de Manejo de Plantaciones Forestales en la región Chorotega, Costa Rica. Chorotega, C.R. 9p.
- UMAÑA, T. 1993. Estudio preliminar sobre calidad de sitio en plantaciones de teca (*Tectona grandis*) ubicado en la unidad II de la Reserva Tropical de Ticoporo, Estado de Barinas, Venezuela. Tesis Mag. Sc. Mérida, Ven., Universidad de los Andes, Centro de Estudio Forestales de Post grado. 55p.

- WEAVER, P. 1991. Growth of teak, mahogany and spanish cedar on St. Croix. U.S. Virgin Islands. Turrialba, vol 33, no 4. CATIE, C.R. 308-317p.
- WEAVER, P. 1993. *Tectona grandis* L.f. Teak. Departamento de Agricultura, Servicio Forestal, Río Piedra, P. R. 18p.
- YAP, S.; WONG, M. 1983. Seed biology of *Acania mangium*, *Albiza falcataria*, *Eucaliptus* spp., *Gmelina arborea*, *Maesopsis emini*, *Pinus caribaeae* and *Tectona grandis*. The Malaysian Forester, vol 46 no. 1. 26-45p.

9. ANEXOS

Anexo 2. Datos del primer raleo en el Rodal Semillero
Parcela 20x20m

Arbol No.	DAP cm	Altura total m	<i>g</i> m ² /árbol
1	10,0	15,5	0,078540
2	12,3	16,9	0,011882
3	12,0	13,6	0,011310
4	13,5	14,4	0,014314
5	21,0	15,1	0,034636
6	16,2	16,6	0,020612
7	22,0	16,2	0,038013
8	19,5	12,4	0,029865
9	10,6	12,7	0,008824
10	16,2	13,5	0,020612
11	11,2	13,2	0,009852
12	8,0	7,8	0,005027
13	19,2	14,7	0,028953
14	7,3	9,1	0,004185
15	14,0	13,7	0,015394
16	11,3	10,7	0,010029
17	9,8	8,7	0,007543
18	17,2	15,4	0,023236
19	13,4	15,1	0,014103
20	18,6	12,9	0,021642
21	20,0	14,0	0,031416
22	29,0	16,1	0,066052
23	22,1	15,3	0,038360
24	29,4	17,8	0,067887
25	17,6	14,6	0,024328
26	11,2	14,1	0,009852
27	18,8	15,8	0,027759
28	14,4	10,9	0,016286
29	12,4	12,3	0,012076
30	8,7	9,4	0,005945
31	8,0	11,5	0,005027
32	16,8	14,8	0,022364
33	7,7	11,6	0,004657
34	9,5	8,6	0,007088
35	16,5	14,1	0,021385
36	17,0	12,9	0,022698
37	13,5	13,7	0,014314
38	12,9	14,5	0,013069
39	9,7	10,2	0,007390
40	8,4	8,8	0,005542
41	12,3	18,4	0,011882
42	13,5	16,7	0,014314
TOTAL=			0,853085

Para 1 ha: $g=21,3271m^2$

ANEXO 3. VOLUMENES EN m³ PARA LOS SITIOS EL JUTÍ Y EL SALTO, EL SALVADOR

DAP	ALT	VTCC	VTSC	VCCC	VCSC	VPCC	VPSC
0.2	16.8	0.262465679	0.20466503	0.200256187	0.168116834	0.046295403	0.04441128
0.2	18.1	0.248458091	0.201118556	0.177770578	0.147949332	0.04638808	0.030377309
0.2	14.5	0.175948842	0.143395976	0.121819074	0.110091874	0.0520545	0.017911832
0.21	17.5	0.229198962	0.20466503	0.162507114	0.141027209	0.033231245	0.02849549
0.21	16.8	0.250045704	0.197111053	0.187356741	0.157353319	0.040453205	0.030871325
0.22	15.4	0.229245982	0.185295102	0.174641937	0.149289225	0.038830961	0.035170212
0.22	18.8	0.360404221	0.2692308	0.259537786	0.245494442	0.031229075	0.024094501
0.22	17.6	0.365757481	0.346178009	0.290140112	0.280606534	0.014449789	0.010953188
0.23	15.4	0.29463904	0.258432728	0.21290152	0.21290152	0	0
0.23	16.1	0.329725843	0.257376365	0.238590383	0.197058431	0.081498995	0.070658118
0.24	16.2	0.306401609	0.274081753	0.23037824	0.215072365	0.036948358	0.029463103
0.25	19.3	0.419063469	0.328026237	0.301131392	0.251787459	0.060211906	0.052648504
0.25	18.4	0.428751588	0.33768273	0.240624569	0.277254054	0.079209554	0.07810076
0.25	19.6	0.350638688	0.305637625	0.260927159	0.244183216	0.078100176	0.01745041
0.25	16.9	0.376970271	0.274149761	0.302030282	0.23329718	0.048995601	0.044364497
0.25	14.8	0.331942241	0.266519207	0.241415467	0.195760557	0.097784656	0.081111792
0.252	16	0.296586585	0.258578813	0.224201855	0.199279935	0.032507313	0.016859789
0.255	17.1	0.365367138	0.343506078	0.269409872	0.256911409	0	0.008332309
0.26	13.2	0.302885039	0.292751567	0.265801467	0.226038905	0.081839465	0.0672055
0.26	15.3	0.307400795	0.29626741	0.275739803	0.253428945	0.023229778	0.018612802
0.27	19.7	0.436370675	0.401983035	0.332418597	0.319934796	0.019779514	0.015161362
0.27	14.9	0.37385417	0.284178926	0.277505913	0.207483438	0.093758696	0.078959011
0.27	16.4	0.395348681	0.35257038	0.30332148	0.281781492	0.030522215	0.023892376
0.275	18.4	0.422080793	0.372699789	0.33076532	0.318747521	0.023186188	0.008011865
0.278	10.7	0.566374533	0.502953667	0.453502526	0.425251688	0.041573186	0.024244905
0.28	17.3	0.500740095	0.466539381	0.367406193	0.307406193	0	0
0.28	17.4	0.503560257	0.387419758	0.379095301	0.281964883	0.090573113	0.067309656
0.283	17.3	0.471656445	0.437289122	0.358591256	0.340638583	0.02046041	0.014181102
0.29	17.4	0.390149021	0.346369647	0.302710439	0.281964883	0.022543729	0.017861174
0.29	17.4	0.639621506	0.403418354	0.379448375	0.304808242	0.133474018	0.098910527
0.29	18.9	0.542996919	0.522306315	0.410470068	0.410470068	0	0
0.292	17.7	0.401539825	0.34622317	0.29319414	0.269476238	0.038403311	0.019790992
0.3	18.7	0.434411678	0.386305032	0.335167278	0.3048428	0.037118004	0.00950334

0.3	14.1	0.426712951	0.326593275	0.328434024	0.260092566	0.076896943	0.077279826
0.3	15.6	0.572605295	0.430994664	0.312293497	0.298356967	0.022214846	0.016493793
0.31	17	0.678378378	0.44686394	0.41498661	0.304808242	0.0756028	0.036927076
0.31	19.8	0.669892007	0.683021328	0.541569428	0.541569428	0	0
0.32	16.9	0.562089574	0.463163733	0.443082232	0.397252964	0.070712704	0.0477319
0.32	20.2	0.636834705	0.610155785	0.488453219	0.469053839	0.052955988	0.047616053
0.32	18.4	0.543502141	0.523482452	0.436004069	0.417534348	0	0
0.328	20.3	0.760659334	0.709119	0.582844555	0.554868999	0.046024083	0.027976555
0.33	17.4	0.57373271	0.530722269	0.449836279	0.449836279	0	0
0.332	24.4	1.244748494	1.195148585	1.053983631	1.02125269	0.027544371	0.023246665
0.333	20.9	0.876882973	0.770087449	0.735949263	0.668197807	0.095679784	0.067751746
0.339	19.4	0.901531077	0.829899193	0.760507034	0.693990436	0.079297911	0.058516599
0.34	18.6	0.487598191	0.464267689	0.398936683	0.377390591	0.033728822	0.027385327
0.34	19.4	0.604035982	0.583244112	0.426912417	0.411647776	0.010028773	0.001584427
0.34	21	1.082125691	0.860336585	0.720985026	0.606015033	0.103059796	0.048745969
0.348	21.7	0.604137351	0.621174824	0.513183502	0.587981646	0.070793993	0.053193179
0.35	17.5	0.616822592	0.507933103	0.479513011	0.434374109	0.58611853	0.04513802
0.35	21.9	0.932440755	0.798763974	0.763871008	0.689343161	0.109842094	0.080527847
0.363	21	1.082120225	0.923695588	0.918712618	0.834012333	0.117209562	0.08470285
0.367	19.4	0.742815062	0.700020059	0.602282812	0.583323877	0.02017025	0.015958935
0.37	21.7	0.991348321	0.950891533	0.818449715	0.81016484	0.010028773	0.008332305
0.371	19.6	0.937741551	0.840145551	0.728272753	0.702827275	0	0
0.381	21.6	1.249276482	1.167851315	1.076957759	1.016456454	0.074694289	0.058588877
0.382	23.6	1.133667532	1.113836608	0.955866754	0.955866754	0	0
0.395	22.2	1.12242606	0.983853301	0.842485283	0.849163977	0.122818496	0.097074655
0.41	19.8	1.194951883	1.138113715	0.995915082	0.966701736	0.040124123	0.036598516
0.41	21	1.060845001	0.982625721	0.823389227	0.77832119	0.05133933	0.045067037
0.42	18.4	1.413448644	0.976270284	1.161761325	0.844296381	0.420850307	0.338340803
0.421	21.9	1.43482185	1.37330096	1.231311636	1.191081091	0.049049015	0.040230544
0.432	20.2	1.185085846	1.029190124	0.984710456	0.866720337	0.141084936	0.115855119
0.44	25	1.855593501	1.517134011	1.375312452	1.116477123	0.315079703	0.268895329
0.45	22.6	1.291131914	1.218098454	1.042033584	1.019005957	0.041762495	0.030026927
0.515	23.3	1.801277463	1.528791703	1.546524326	1.349242194	0.24646792	0.198925719