



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERIA FORESTAL**

INFORME DE PRACTICA DE ESPECIALIDAD

**ANÁLISIS DE CRECIMIENTO Y PROYECCIÓN DE MATERIA PRIMA PARA
LAS PLANTACIONES DE *Tectona grandis* DE LA EMPRESA INVERSIONES
AGROFORESTALES S.A. PANAMA.**

RAUL PIEDRA QUESADA

CARTAGO, 2001

**ANALISIS DE CRECIMIENTO Y PROYECCION DE MATERIA PRIMA PARA
LAS PLANTACIONES DE *Tectona grandis* DE LA EMPRESA INVERSIONES
AGROFORESTALES S.A. PANAMA.**

Raúl Piedra Quesada¹

RESUMEN

Debido a la escasa información local acerca del crecimiento y rendimiento de las plantaciones de *Tectona grandis*, la empresa Inversiones Agroforestales S. A. dirigió sus fuerzas hacia la generación de esta información; a partir de un sistema de inventario forestal continuo, basado en parcelas permanentes de medición.

El objetivo principal del presente estudio fue realizar un análisis del crecimiento de las plantaciones forestales de *Tectona grandis* con edades entre 2 y 8 años.

Como resultados principales se obtuvo que los mejores incrementos medios anuales en volumen corresponden a las plantaciones establecidas en los años 1995 y 1996 en la Finca 6.a, con valores de 18.67 y 24.23 m³/ha/año respectivamente.

Con base en las mediciones efectuadas en el año 2001 y mediante las intervenciones silviculturales propuestas para cada plantación, se ajustaron las tablas de rendimiento para la realizar las proyecciones de materia prima de la empresa. Lo anterior sugiere que IASA contará aproximadamente con un total de 193632.9 trozas aserrables en el año 2002.

Se valoraron las plantaciones establecidas en 6 fincas, en la provincia de Panamá y 1 en la provincia de Darién.

¹ Informe de práctica de especialidad, Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. 2001.

**ANALISIS DE CRECIMIENTO Y PROYECCION DE MATERIA PRIMA PARA
LAS PLANTACIONES DE *Tectona grandis* DE LA EMPRESA INVERSIONES
AGROFORESTALES S.A. PANAMA.**

**INFORME PRESENTADO A LA ESCUELA DE INGENIERIA FORESTAL DEL INSTITUTO
TECNOLOGICO DE COSTA RICA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR POR EL
TITULO DE INGENIERO FORESTAL CON GRADO DE BACHILLER.**

MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Ing. Alejandro Meza Montoya

Profeso Guía

Técnico Forestal. Jorge Medina
Representante de la empresa

Ing. Gustavo Torres Córdoba
Lector

CARTAGO, 2001.

DEDICATORIA

A mi Dios todo poderoso por dejarme alcanzar mi sueño y el de mis familiares.

A mis padres, Raúl Piedra, Anita Quesada y Norma Angulo por estar siempre a mi lado y brindarme todo el apoyo que necesité.

A Don Mercedes Angulo por ser una persona justa y valiente.

A mis hermanos por creer en mi y tenderme la mano siempre.

A Molly por llegar a mi vida y darme el apoyo y la fuerza para alcanzar este sueño.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer especialmente a los ingenieros Alejandro Meza y Gustavo Torres por la ayuda brindada durante la elaboración del presente documento.

Mi cariñoso agradecimiento a mis padres y mis hermanos Dago, Geovany, Dennis, Greivin, Wueldin, Emanuel y Josué por compartir la hermosa y bendecida familia que dichosamente formamos.

Muchas gracias a mis compañeros, y amigos Abrahán Coto, Gilberto Rivera, Geiner Carrillo, Gustavo Hernández, Pablo Castillo, Osvaldo Corella, Oscar Arias y a todos los demás compañeros (as), por los momentos buenos y difíciles que compartimos durante nuestros años de estudio.

Mil gracias a las familias Angulo fallas, Angulo Duarte, Castillo Baldares, Corella Rodríguez y Mora Jiménez por el apoyo incondicional durante mis años de estudio.

Deseo agradecer a todas las personas la empresa Inversiones Agroforestales S.A. que de alguna manera colaboraron para la elaboración del presente documento. En forma especial a Moisés Esses por la oportunidad brindada; a Jorge Medina, Edwin Frías y Clímaco Delgado por su indispensable colaboración para con mi persona.

INDICE GENERAL

RESUMEN	2
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTOS	5
AGRADECIMIENTOS	5
INDICE GENERAL	6
INDICE DE CUADROS	8
INDICE DE FIGURAS	12
INTRODUCCION	13
INTRODUCCION	13
OBJETIVOS	14
OBJETIVOS	14
OBJETIVO GENERAL	14
OBJETIVOS ESPECIFICOS	14
REVISION DE LITERATURA	15
DESCRIPCION GENERAL DE LA ESPECIE	15
<i>Distribución</i>	15
<i>Requerimientos bioclimáticos</i>	15
<i>Requerimientos del suelo</i>	16
<i>Factores limitantes</i>	16
IMPORTANCIA ECONOMICA	17
MEDICION DE PLANTACIONES FORESTALES	17
PARCELAS PERMANENTES DE MEDICION (PPM)	18
CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO	19
ESTRATEGIAS DE ORDENACION	20
ESPECIFICACIONES DE MANEJO PARA TECA	21
<i>Poda</i>	21
<i>Raleo</i>	22
MATERIALES Y METODOS	24
DESCRIPCION GENERAL DEL AREA EN ESTUDIO	24
ANALISIS DE LA INFORMACION EXISTENTE	25
ESTABLECIMIENTO DE PARCELAS PERMANENTES DE MUESTREO	25

Cont siguiente pag.....

MEDICION DE PARCELAS PERMANENTES DE MUESTREO _____	25
ANÁLISIS DE LA INFORMACION RECOPIADA _____	26
<i>Fórmulas utilizadas</i> _____	26
EFFECTO DE LOS RALEOS EFECTUADOS _____	27
AJUSTE AL PLAN DE RALEOS DE IASA _____	27
TAMAÑO Y NUMERO DE TROZAS POR ARBOL _____	28
<i>Cálculo del factor de reducción del diámetro (FRD)</i> _____	29
NUMERO DE TROZAS Y VOLUMEN POR HECTAREA _____	30
PROYECCION DE MATERIA PRIMA _____	30
RESULTADOS Y DISCUSION _____	31
VALORACION DEL AREA PLANTADA _____	31
RESULTADOS DE CRECIMIENTO _____	32
COMPARACIÓN DEL CRECIMIENTO ENTRE FINCAS _____	54
EFFECTO DE LOS RALEOS REALIZADOS _____	59
AJUSTE AL PLAN DE RALEOS DE IASA _____	61
TAMAÑO Y NUMERO DE TROZAS POR ARBOL _____	62
NUMERO DE TROZAS Y VOLUMEN POR HECTAREA _____	62
PROYECCION DE MATERIA PRIMA POR FINCA PARA LA CLASE DE SITIO I _____	65
PROYECCION DE MATERIA PRIMA POR FINCA PARA LA CLASE DE SITIO II _____	75
PROYECCION DE MATERIA PRIMA TOTAL _____	79
CONCLUSIONES _____	83
RECOMENDACIONES _____	84
BIBLIOGRAFIA _____	85
ANEXOS _____	88

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Detalle del área plantada por año, raleos aplicados y ubicación política de las que conforman la unidad de manejo de IASA. Panamá. 2001.....	24
Cuadro 2. Factores de forma utilizados en el cálculo del volumen de las plantaciones de <i>Tectona grandis</i> en la Finca 1. IASA. Panamá. 2001.	26
Cuadro 3. Tabla de rendimiento para <i>Tectona grandis</i> . Clase de sitio I. IASA. Panamá. 2001.	28
Cuadro 4. Tabla de rendimiento para <i>Tectona grandis</i> . Clase de sitio II. IASA. Panamá. 2001... ..	28
Cuadro 5. Número de parcelas existentes y parcelas nuevas establecidas por año de plantación para cada finca en estudio. IASA. Panamá .2001.....	31
Cuadro 6. Valores estadísticos calculados con un 95% de confianza para las variables dasométricas evaluadas en las plantaciones de <i>Tectona grandis</i> de la Finca 1. IASA. Panamá. 2001.	32
Cuadro 7. Incremento medio anual de las principales variables relacionadas con el crecimiento de las plantaciones de <i>Tectona grandis</i> en la Finca 1. IASA. Panamá. 2001.	33
Cuadro 8. Valores promedios por edad de las variables dasométricas encontradas para las plantaciones de <i>Tectona grandis</i> en la Finca 1. IASA. Mediciones 1996-2001.Panamá. 2001.	34
Cuadro 9. Incremento medio anual por edad para las variables evaluadas en las plantaciones de <i>Tectona grandis</i> en la Finca 1. IASA. Mediciones 1996-2001. Panamá. 2001.	36
Cuadro 10. Valores estadísticos calculados con un 95% de confianza para las variables dasométricas evaluadas en las plantaciones de <i>Tectona grandis</i> de 6 años de edad en la Finca 2. IASA. Panamá. 2001.	37
Cuadro 11. Valores promedios por edad de las variables dasométricas encontradas, para las plantaciones de <i>Tectona grandis</i> en la Finca 2. IASA. Mediciones 1998-2001 Panamá. 2001.	38
Cuadro 12. Incremento medio anual por edad para cada variable en las plantaciones de <i>Tectona grandis</i> en la Finca 2. IASA. Mediciones 1998-2001 Panamá. 2001.	38
Cuadro 13. Valores estadísticos calculados con un 95% de confianza para las variables dasométricas evaluadas en las plantaciones de <i>Tectona grandis</i> de 4 años de edad en la Finca 3. IASA. Panamá. 2001.	39
Cuadro 14. Número de árboles por hectárea e IMA de las variables dasométricas evaluadas en las plantaciones de <i>Tectona grandis</i> de 4 años de edad en la Finca 3. IASA. Panamá. 2001.	40

Cont. siguiente pag...

Cuadro 15. Valores estadísticos calculados con un 95% de confianza para las variables dasométricas evaluadas en las plantaciones de <i>Tectona grandis</i> de la Finca 4. IASA. Panamá. 2001.	41
Cuadro 16. Número de árboles por hectárea e IMA de las variables dasométricas evaluadas en las plantaciones de <i>Tectona grandis</i> en la Finca 4. IASA. Panamá. 2001.....	42
Cuadro 17. Valores estadísticos calculados con un 95% de confianza para las variables dasométricas evaluadas en las plantaciones de <i>Tectona grandis</i> de la Finca 5. IASA. Panamá. 2001.	44
Cuadro 18. Valores promedios por edad de las variables dasométricas evaluadas en las plantaciones de <i>Tectona grandis</i> en la Finca 5. IASA. Panamá. 2001.....	44
Cuadro 19. Incremento medio anual para las variables evaluadas en las plantaciones de <i>Tectona grandis</i> en la Finca 5. IASA. Panamá. 2001.	44
Cuadro 20. Valores estadísticos calculados con un 95% de confianza para las variables dasométricas evaluadas en las plantaciones de <i>Tectona grandis</i> de la Finca 6. IASA. Panamá. 2001.	46
Cuadro 21. Incremento medio anual para las variables evaluadas en las plantaciones de <i>Tectona grandis</i> en la Finca 6. IASA. Panamá. 2001.	47
Cuadro 22. Valores promedios por edad de las variables dasométricas evaluadas en las plantaciones de <i>Tectona grandis</i> en la Finca 6. IASA. Mediciones 1999-2001.Panamá. 2001.	48
Cuadro 23. Incremento medio anual por edad para las variables evaluadas en las plantaciones de <i>Tectona grandis</i> en la Finca 6. IASA. Mediciones 1999-2001. Panamá. 2001.	50
Cuadro 24. Valores de las variables estadísticas calculadas con un 95% de confianza para las plantaciones de <i>Tectona grandis</i> establecidas en 1997 en la Finca 7. IASA. Panamá. 2001.	51
Cuadro 25. Incremento medio anual de las principales variables relacionadas con el crecimiento actual de las plantaciones de <i>Tectona grandis</i> en la Finca 7. IASA. Panamá. 2001...	52
Cuadro 26. Valores promedios por edad de las variables dasométricas evaluadas para las plantaciones de <i>Tectona grandis</i> en la Finca 7. IASA. Mediciones 1999-2001.Panamá. 2001.	53
Cuadro 27. Incremento medio anual por edad para las variables evaluadas en las plantaciones de <i>Tectona grandis</i> en la Finca 7. IASA. Mediciones 1999-2001. Panamá. 2001.	53
Cuadro 28. Incremento medio anual de las principales variables relacionadas con el crecimiento de las plantaciones de <i>Tectona grandis</i> que conforman la unidad de manejo de IASA. Panamá. 2001.	54

Cont. siguinet pag...

Cuadro 29. Valores promedios por edad de las variables dasométricas evaluadas para las plantaciones de <i>Tectona grandis</i> que conforman la unidad de manejo de IASA. Mediciones 1996-2001. Panamá. 2001.	55
Cuadro 30. Incremento medio anual por edad de las principales variables relacionadas con el crecimiento de las plantaciones de <i>Tectona grandis</i> que conforman la unidad de manejo de IASA. Panamá. 2001.....	57
Cuadro 31. Valores promedios de las variables dasométricas evaluadas en el análisis de crecimiento realizado para las plantaciones de <i>Tectona grandis</i> de la Finca 6.a. IASA. Panamá. 20001.	59
Cuadro 32. Área a ralear por finca en el año 2002, en las plantaciones de <i>Tectona grandis</i> . IASA. Panamá. 2001.	61
Cuadro 33. Número de árboles cortados y determinación del diámetro menor de las trozas de las plantaciones de <i>Tectona grandis</i> establecidas en 1994 (categoría de sitio I) en la Finca 1. IASA. Panamá. 2001.	63
Cuadro 34. Número de árboles cortados y determinación del diámetro menor de las trozas de las plantaciones de <i>Tectona grandis</i> establecidas en 1993 (categoría de sitio II) en la Finca 1. IASA. Panamá. 2001.	63
Cuadro 35. Número de trozas y volumen esperado por clase diámetrica para cada una de las intervenciones de las plantaciones de <i>Tectona grandis</i> establecidas en 1994 (categoría de sitio I) en la Finca 1. IASA. Panamá. 2001.	64
Cuadro 36. Número de trozas y volumen esperado por clase diámetrica para cada una de las intervenciones de las plantaciones de <i>Tectona grandis</i> establecidas en 1993 (categoría de sitio II) en la Finca 1. IASA. Panamá. 2001.....	64
Cuadro 37. Proyección de número de trozas y volumen para las plantaciones forestales de <i>Tectona grandis</i> en Clase de Sitio I. Finca 1.	68
Cuadro 38. Proyección de número de trozas y volumen para las plantaciones forestales de <i>Tectona grandis</i> en Clase de Sitio I. Finca 2.	68
Cuadro 39. Proyección de número de trozas y volumen para las plantaciones forestales de <i>Tectona grandis</i> en Clase de Sitio I. Finca 3.	70
Cuadro 40. Proyección de número de trozas y volumen para las plantaciones forestales de <i>Tectona grandis</i> en Clase de Sitio I. Finca 4.	71
Cuadro 41. Proyección de número de trozas y volumen para las plantaciones forestales de <i>Tectona grandis</i> en Clase de Sitio I. Finca 5.	72
Cuadro 42. Proyección de número de trozas y volumen para las plantaciones forestales de <i>Tectona grandis</i> en Clase de Sitio I. Finca 6.	73

Cont. siguiente pag.....

Cuadro 43. Proyección de número de trozas y volumen para las plantaciones forestales de <i>Tectona grandis</i> en Clase de Sitio I. Finca 7.	74
Cuadro 44. Proyección de número de trozas y volumen para las plantaciones forestales de <i>Tectona grandis</i> en Clase de Sitio II.	77
Cuadro 45. Proyección de número de trozas y volumen para las plantaciones forestales de <i>Tectona grandis</i> en Clase de Sitio II.	78
Cuadro 46. Proyección de número de trozas y volumen para las plantaciones forestales de <i>Tectona grandis</i> en Clase de Sitio I y II. Todas las Fincas. IASA. Panamá. 2001.	81
Cuadro 47. Valores promedios por edad de las variables dasométricas relacionadas con el crecimiento de las plantaciones de <i>Tectona grandis</i> en la Finca 1. IASA. Panamá. 2001.	88
Cuadro 48. Clasificación de rendimiento y producción para <i>Tectona grandis</i> (edades cercanas a los 15 años) en Guanacaste, Costa Rica.	88
Cuadro 49. Clasificación del crecimiento de <i>Tectona grandis</i> según los resultados de 10 años de investigación silvicultural del Proyecto MADELEÑA en Panamá.	88
Cuadro 50. Valores promedios e incremento medio anual de las variables dasométricas evaluadas en las plantaciones de <i>Tectona grandis</i> que componen la unidad de manejo de IASA. Medición 2001. Panamá. 2001.	89

INDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Distribución del diámetro promedio por edad para plantaciones de *Tectona grandis* en la Finca 1. IASA. Mediciones 1996-2001. Panamá. 2001. Fuente: Cuadro 8..... 34
- Figura 2. Distribución del área basal promedio por edad para plantaciones de *Tectona grandis* en la Finca 1. IASA. Mediciones 1996-2001. Panamá. 2001. Fuente: Cuadro 8..... 35
- Figura 3. Distribución del volumen promedio por edad para plantaciones de *Tectona grandis* en la Finca 1. IASA. Mediciones 1996-2001. Panamá. 2001. Fuente: Cuadro 8..... 35
- Figura 4. Distribución del diámetro promedio por edad para plantaciones de *Tectona grandis* en la Finca 6. IASA. Mediciones 1996-2001. Panamá. 2001. Fuente: Cuadro 22..... 49
- Figura 5. Distribución del área basal promedio por edad para plantaciones de *Tectona grandis* en la Finca 6. IASA. Mediciones 1996-2001. Panamá. 2001. Fuente: Cuadro 22..... 49
- Figura 6. Distribución del volumen promedio por edad para plantaciones de *Tectona grandis* en la Finca 6. IASA. Mediciones 1996-2001. Panamá. 2001. Fuente: Cuadro 22..... 49
- Figura 7. Distribución del diámetro promedio por edad para plantaciones de *Tectona grandis*. IASA. Mediciones 1996-2001. Panamá. 2001. Fuente: Cuadro 29. 56
- Figura 8. Distribución del área basal promedio por edad para plantaciones de *Tectona grandis*. IASA. Mediciones 1996-2001. Panamá. 2001. Fuente: Cuadro 29. 56
- Figura 9. Distribución del volumen promedio por edad para plantaciones de *Tectona grandis*. IASA. Mediciones 1996-2001. Panamá. 2001. Fuente: Cuadro 29. 57

INTRODUCCION

La escasez de bosques y políticas mundiales de protección del ambiente, son algunas de las razones por las que la reforestación comercial gana terreno rápidamente en Centroamérica y especialmente en Panamá.

Las plantaciones forestales aumentan los suministros de madera y otros productos forestales a futuro, con la ventaja de que su establecimiento y desarrollo colaboran con la conservación del medio ambiente y pueden contribuir además a hacer más extensa la cubierta forestal de los países reforestadores, disminuyendo así la presión sobre las escasas áreas de bosque natural con las que aún cuentan países como Panamá.

Por estas razones, la empresa Inversiones Agroforestales Sociedad Anónima (IASA), ha establecido en forma gradual, un total de 1277 hectáreas de plantaciones forestales, distribuidas en diferentes fincas que conforman la unidad de manejo. La especie más importante utilizada por la empresa es la Teca (*Tectona grandis*) con 1183.66 hectáreas, lo cual representa el 92.7 % del total plantado.

El manejo de plantaciones forestales debe prescribirse en función del conocimiento del crecimiento de los rodales, para generar este conocimiento un elemento de vital importancia es el establecimiento de un sistema de monitoreo forestal continuo, basado en parcelas permanentes de medición (PPM) que correctamente evaluadas, garanticen la generación de la información requerida por la toma de decisiones.

Como parte de este proceso, IASA inició en el año de 1996 un sistema de inventario forestal continuo utilizando PPM, a través del cual y mediante el establecimiento de nuevas parcelas en este año, se ha realizado un análisis del crecimiento de estas plantaciones, el cual se presenta en este documento.

Se espera que el estudio contribuya a satisfacer la escasez de información sobre el crecimiento de esta especie y al mismo tiempo brinde información para orientar la toma de decisiones de manejo forestal, con el fin de avanzar hacia mejores estimaciones en las proyecciones de materia prima de las plantaciones actuales y futuras en el proyecto de producción de madera de alta calidad de la empresa.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Realizar un análisis del crecimiento de las plantaciones forestales de *Tectona grandis* de la Empresa Inversiones Agroforestales S.A.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- a) Revisar, corregir y homogenizar los archivos de las mediciones de las plantaciones forestales realizadas en años anteriores.
- b) Revisar y homogeneizar la intensidad de muestreo en todas las fincas de la empresa.
- c) Realizar las mediciones correspondientes al año 2001 de las parcelas permanentes establecidas en las plantaciones forestales.
- d) Establecer y medir las parcelas necesarias para alcanzar la intensidad de muestreo definida.
- e) Determinar el incremento medio anual (IMA) de las principales variables (diámetro, altura, área basal, volumen) por hectárea.
- f) Evaluar el efecto de los raleos realizados en las plantaciones forestales, con base en los resultados de las mediciones efectuadas.
- g) Elaborar una proyección anual de materia prima disponible, con base en el análisis de las mediciones efectuadas.

REVISION DE LITERATURA

DESCRIPCION GENERAL DE LA ESPECIE

Nombre botánico: *Tectona grandis* L. F.

Familia: Verbenaceae.

Nombres comunes: Teca (en América Central), Sagun, sagon, saguan, skhu, toak, shilp tru, Indian oak en la India (Benthall, 1993 citado por Chaves y Fonseca, 1991).

Distribución

La teca sólo se da en forma natural en la India, Myanmar, la República Democrática Popular Lao y Tailandia, y se ha aclimatado en Java (Indonesia), donde probablemente se introdujo de 400 a 600 años atrás. También se ha establecido en toda la zona tropical de Asia, en el África tropical (Cote d'Ivoire, Nigeria, Sierra Leona, La República Unida de Tanzania y Togo) y en América Latina y el Caribe (Costa Rica, Colombia, Ecuador, El Salvador, Panamá, Trinidad y Tobago y Venezuela). La teca se ha introducido también en algunas islas de la región del Pacífico (Papua Nueva Guinea, Fiji y la Islas Salomón) y en el norte de Australia en forma experimental (Pandey y Brown, 2000).

Requerimientos bioclimáticos

En la mayor parte de su área de distribución, la teca se da en bosques de frondosas húmedos y secos por debajo de una altitud de 1000 msnm (Pandey y Brown, 2000). En América Central se ha plantado hasta los 600 de altitud (Chaves y Fonseca, 1991); (Arguedas y Torres, 1995). Donde mejor crece es en lugares con unas precipitaciones anuales de 1250 a 3750 mm al año (Pandey y Brown, 2000), sin embargo según Arguedas y Torres (1995), la precipitación óptima está en un ámbito entre 1500 y 2000 mm anuales. No obstante, para la producción de madera de buena calidad la especie requiere una estación seca bien definida de 3 a 5 meses de duración (IRENA, 1992; Luján y Camacho, 1994).

La especie requiere una temperatura mínima de 13 a 17 °C y una temperatura máxima de 39 a 43 °C (Pandey y Brown, 2000); su mayor desarrollo lo alcanza entre los 22 °C y los 27 °C. (Badilla *et al*, 1992). En Panamá ha crecido en sitios con temperatura de 26.6 hasta 27.9 °C. (González *et al*, 1997).

Las zonas de vida donde se desarrolla la teca en América Central son: bosque seco Tropical, bosque húmedo y muy húmedo Premontano y bosque húmedo Tropical (Chavarría y Quirós, 1985 citado por Pérez, 1998).

La teca es una especie con altos requerimientos de luz, marcadamente heliófita desde su desarrollo inicial, no tolera la sombra ni la supresión en ninguna fase de su ciclo vital y para conseguir un desarrollo adecuado requiere que no se impida el paso de luz desde arriba (Pandey y Brown, 2000). El libre crecimiento de las malezas puede matar por completo las plántulas en sus primeras etapas (Rojas, 1981 citado por Pérez, 1998).

Requerimientos del suelo

El árbol de teca puede crecer en diversos suelos. La calidad de su crecimiento, no obstante, depende de la profundidad, la estructura, la porosidad, el drenaje y la capacidad de retención de la humedad del suelo. El desarrollo es mejor en suelos profundos, bien drenados y fértiles, especialmente sobre substratos como suelos volcánicos o aluviales de diversos orígenes. El pH óptimo del suelo es de 6,5 a 7,5. Su contenido de calcio es también un factor importante, ya que la falta del mismo en el suelo se traduce en el raquitismo de los árboles (Kaosa-ard, 1981 citado por Krishnapillay, 2000).

En general los mejores bosques de teca, tanto naturales como de plantación, crecen en terrenos aluviales profundos bien drenados (Seth y Yadav, 1959; Citado por Pandey y Brown, 2000). Los mejores sitios para teca se ubican en áreas de pendiente media o planos, al pie de monte o en fondos de valles y en áreas donde la profundidad del suelo es mayor (Vásquez y Ugalde, 1995 citados por Pérez, 1998)

Factores limitantes

Entre los factores limitantes más importantes para la especie se consideran los suelos poco profundos, compactados o arcillosos, con bajo contenido de calcio o magnesio, con pendiente, mal drenaje y altitudes mayores a los 1000 msnm. No soporta las inundaciones ni el encharcamiento, por eso no se desarrolla bien en suelos arcillosos pesados y rígidos (Chaves y Fonseca, 1991). Por tal razón, casi todos los bosques de teca se hallan situados en terrenos ondulados (Rojas, 1981; Arguedas y Torres, 1992; Chaves y Fonseca, 1991 citados por Pérez, 1998).

Los peores sitios para teca se ven afectados por vientos fuertes, con suelos de menos de 80 cm de profundidad y con altos contenidos de hierro y bajos contenidos de calcio en el primer horizonte (Vásquez y Ugalde, 1995; Citado por Pérez, 1998). Las plantaciones de teca han fracasado totalmente cuando se han establecido en tierras bajas mal drenadas de suelo arcilloso (Seth y Yadav, 1959; Citados por Pandey y Brown, 2000).

Otros factores que limitan el desarrollo de la especie son: Presencia de maleza en los primeros años de plantación, lo que se refleja en árboles de mala forma (González *et al*, 1997). En cuanto a plagas y enfermedades, Briscoe (1995) señala que la teca tiene relativamente pocas, Además añade que esta especie no soporta la sombra continua, malezas vigorosas, ni plantas trepadoras.

En Panamá las principales plagas y enfermedades que afectan el desarrollo de la especie dentro de los Patógenos: *fusarium* sp. “Mal de almácigo” causando daños al nivel del tallo y la raíz, *Phyllophaga* sp. “jogotos o gallina ciega” ocasionando daños en las raíces. Dentro de los insectos: *Atta* sp. “arrieras” y *Difaulaca panamensis* “Chinilla” provocando defoliación, *Neoclytus cacticus* el cual es un barrenador del xilema. Además dentro de los animales vertebrados se encuentra *Orthogeomys underwoodi* “taltusa”, la cual ataca plantas jóvenes (González *et al*, 1997).

IMPORTANCIA ECONOMICA

Apreciada durante más de 2000 años en su ámbito natural en Asia como madera de construcción extraordinariamente duradera, la teca es hoy día codiciada en todo el mundo. Por su excelente estabilidad dimensional y sus cualidades estéticas se utiliza, por ejemplo, para construcciones navales, mobiliario fino y marcos de puertas y ventanas (UNASYLVA, 2000).

Son las cualidades físicas y estéticas de su madera las que han dado a la teca, la reputación de la que goza a escala mundial. Es muy apreciada para el revestimiento suntuario de interiores y exteriores (Maldonado y Louppe, 2000).

La madera de teca es fina y dura, cualidad muy apreciada para diversos usos, es una de las maderas que contiene sílice, con una densidad de 0.61 a 0.69; fácil de trabajar, secar y preservar; su durabilidad natural es buena, no se corroe fácilmente, tiene resistencia a las termitas, los hongos y a la intemperie. Es considerada una de las especies más valiosas del mundo (Webb, 1980; Littlely y Dixon, 1969; Torres y Siverbong, 1972; Keogh, 1979; Universidad de Costa Rica, 1979; Grupo de Tecnología Apropiada, 1984; González, 1991, citados por Chaves y Fonseca, 1991; González *et al*, 1997).

La teca, con una producción que se cifra actualmente en tan sólo 1.5 a 2 millones de metros cúbicos anuales (Wint, 1995 citado por Maldonado y Louppe, 2000), ocupa una posición secundaria respecto de la producción mundial de madera, pero compite en mercados especializados de madera de frondosas de gran valor. Según Keogh (1996) citado por Maldonado y Louppe (2000), la teca supone la mejor oportunidad de producir madera de calidad para un gran número de países tropicales. El crecimiento de la demanda internacional ha ampliado el suministro tradicional para incluir trozas de pequeño diámetro cultivadas en plantaciones, especialmente de África y América Latina (Maldonado y Louppe, 2000).

En Panamá comenzó a utilizarse la madera de teca en la década de los 80, en la elaboración de muebles de acabados finos, difundiéndose su uso en todo el país. Países como Japón y Estados Unidos, han demostrado interés por la madera de teca producida en este país (González *et al*, 1997).

MEDICION DE PLANTACIONES FORESTALES

Uno de los objetivos centrales de la mensura forestal es describir poblaciones (bosques) en términos del valor total de algún atributo de todos los árboles (área basal, volumen) (Prodan *et al.*, 1997).

Dado que las poblaciones forestales son por lo general muy extensas y de difícil acceso, su descripción se basa en una pequeña muestra de árboles, seleccionados de modo que representen a toda la población (Prodan *et al.*, 1997).

Por razones prácticas, los árboles no se seleccionan individualmente, sino en grupos, llamados unidades muestrales (Prodan *et al.*, 1997).

Una herramienta útil para prescribir el manejo de plantaciones forestales es el establecimiento de parcelas permanentes de muestreo, donde se evalúa el estado de las plantaciones forestales por medio de la medición de variables silviculturales como el DAP (diámetro a la altura del pecho), la altura total, calidad de los árboles, estado fitosanitario, entre otros².

PARCELAS PERMANENTES DE MEDICION (PPM)

Según Quirós (1998), las parcelas de medición permanentes (PMP) son unidades de área establecida para registrar y controlar diversos parámetros a lo largo del tiempo, básicamente son utilizadas con gran frecuencia en proyectos con fines de investigación y experimentación, donde se requiere una serie de mediciones para obtener resultados confiables.

Pinelo (2000), define una PPM como una superficie de terreno debidamente delimitada y ubicada geográficamente, en donde se registran datos ecológicos y dasométricos con la finalidad de obtener resultados sobre incremento, mortalidad, reclutamiento (ingresos), o de otro tipo de información previamente determinada.

Hutchinson (1995^a; citado por Pinelo, 2000) señala que las PPM deben ser marcadas en forma conspicua, de tal manera que se facilite la ubicación exacta cuando se regrese a efectuar mediciones periódicas.

Las PMP, desde su establecimiento, tienen como objetivo principal permitir mediciones de crecimiento por un período largo de años, y si éstas se hacen de un tamaño adecuado, podrían servir para monitorear el crecimiento de los árboles hasta el final del turno de corta (Ugalde, 1995).

La necesidad fundamental de las PMP, radica en que son éstas la herramienta más eficaz para conocer y monitorear el crecimiento y rendimiento de los árboles individuales y de los rodales. Además proporcionan información valiosa para establecer estrategias de manejo, desarrollar modelos de crecimiento, elaborar tablas de rendimiento en volumen y de área basal, entre otros (Ugalde, 1995).

Según Silva (1971; citado por Zúñiga, 1990), las parcelas permanentes de aclareo y rendimiento o PMP tienen como finalidad suministrar la siguiente información:

- a. Datos básicos que interrelacionen el crecimiento, forma y edad, tomados en cada una de las edades del rodal.
- b. Información que permita la clasificación de sitios. Utilizándose para esto la altura del rodal versus la edad.

² Torres, G. 2001. Manejo de Plantaciones Forestales. Escuela de Ingeniería Forestal del ITCR. (Comunicación Personal).

- c. Mediciones periódicas para la determinación del incremento medio anual (IMA) y corriente anual (ICA) de diámetro, altura y volumen.
- d. Registro de la mortalidad a diferentes edades de la plantación.
- e. Datos de informaciones periódicas muestrales de la plantación para el desarrollo de tablas de volumen, predicciones de aclareos y otras tablas de manejo.

En Costa Rica existe una metodología para valorar cualitativa y cuantitativamente la calidad de los árboles de una plantación específica (Murillo, 1991).

La productividad de las plantaciones de teca se ha estudiado en una gran diversidad de países mediante parcelas permanentes de muestreo. Gracias a éstas se han elaborado datos y tablas de rendimiento para las plantaciones de teca establecidas fuera y dentro de su área de distribución natural (Pandey y Brown, 2000).

CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO

Una de las características importantes de todas las tablas de rendimiento de la teca es que se alcanza prontamente el incremento medio anual (IMA), generalmente, entre los 6 y los 20 años. La edad de rotación de la teca cultivada en plantaciones en su área de distribución natural oscila entre 50 y 90 años, en tanto que fuera de esa área oscila entre 40 y 60 años, con un promedio de 50 años (Pandey y Brown, 2000). Sin embargo, según las tablas de rendimiento y las observaciones personales de Schmincke (2000), en muchas plantaciones africanas y también en Trinidad el crecimiento del árbol de teca es más lento después de los 25 años. El crecimiento lento favorece la formación de duramen, la densidad de la madera y su color oscuro. Puesto que las técnicas modernas de elaboración permiten utilizar troncos de diámetro menor, los árboles con un diámetro de 35 a 45 cm a la altura del pecho tras una rotación de 30 años son aceptables para la corta (Schmincke, 2000).

Las tasas de crecimiento de las plantaciones de teca son moderadas. En condiciones favorables al comienzo de su vida, una plantación puede alcanzar tasas de crecimiento entre 10 y 20 m³ por hectárea por año. Sin embargo, el crecimiento desciende hasta el nivel generalmente comprobado de 4 a 8 m³ por hectárea por año cuando la plantación tiene más edad (Htwe, 1999; Cao, 1999 citados por Schmincke, 2000).

Centeno (1997), señala que la mayoría de las plantaciones en la región tropical de América son manejadas con turnos de rotación entre 20 y 30 años, el incremento medio anual a estas edades puede oscilar entre 3 y 10 m³/ha/año.

Según datos de El Salvador, en los sitios mejores la teca puede producir en promedio 9 m³/ha/año hasta los 20 años y en sitios pobres se dan aproximadamente 6 m³/ha/año en el mismo período. En Jamaica, en los sitios mejores, esta especie alcanza cerca de 7 m³/ha/año en 20 años. En el mismo período se ha logrado, en buenos sitios en Trinidad y Tobago, desarrollos de 12 m³/ha/año. En sitios regulares en mismo país el incremento se ha reducido a 9 m³/ha/año y en sitios malos a 7 m³/ha/año. En Quepos, Costa Rica, se han producido alrededor de 8 m³/ha/año en 27 años (Rojas, 1981 citado por Pérez, 1998).

Mediante otros estudios, Vásquez y Ugalde (1995) señalan que la teca en sitios de mediana producción en Costa Rica puede manejarse con áreas basales entre 15 y 20 m²/ha, e IMA entre 12 y 18 m³/ha/año. Mientras que para sitios de alta producción el manejo puede basarse en áreas basales superiores a los 20 m²/ha, e IMA arriba de 18 m³/ha/año.

Los árboles de teca cultivados en plantaciones en suelos buenos pueden alcanzar un promedio de 60 cm de diámetro y 30 m de altura a una edad de 50 años. En comparación, el árbol en pie más grande, encontrado en la Reserva Forestal de Baw en Myanmar en abril de 1996 medía 2.4 m de diámetro y 46 metros de altura (Centeno, 1997 citado por Pérez, 1998).

En Cáceres Forestal S.A., una empresa privada de Mato Grosso (Brasil), haciendo uso de suelos adecuados y un manejo intensivo, lograron reducir el ciclo de cultivo de la teca a 25 años, con un incremento de 10 m³/ha/año. Esta madera mostró las mismas propiedades valiosas que hicieron famosa la teca del sudeste asiático (Centeno, 1997 citado por Pérez, 1998).

Para Costa de Marfil se reportan productividades en teca que varían entre 5 m³/ha/año y 16 m³/ha/año. En función de la fertilidad, los diámetros explotables al turno de rotación varían entre 30 cm y 60 cm (Dupuy y Verhaegen, 1993 citados por Pérez, 1998).

En Panamá, González *et al* (1997) reportan para el IMA de la altura total valores mínimos de 0.18 m/año y máximos de 3,4 m/año. La información esta basada en la matriz de investigación silvicultural para la especie, en la cual se realizaron mediciones de 47 parcelas en 8 experimentos establecidos en el país. Sin embargo, según Luján *et al* (1997) la teca en linderos obtuvo en promedio a los 5 años un IMA en altura total de 3,3 m/año en el distrito de Changuinola, Panamá.

ESTRATEGIAS DE ORDENACION

Los regímenes de ordenación de las plantaciones de teca varían entre los países y dentro de ellos en función de las condiciones de la estación y de los mercados existentes (Pandey y Brown, 2000).

Dado que la actividad forestal de un país se desarrolla en torno a cómo poner eficiente y permanentemente, al servicio de la sociedad, los bienes y servicios derivados de ecosistema bosque. Consecuentemente, el objetivo básico de la producción forestal a través de plantaciones forestales es obtener la máxima cantidad de un determinado producto, de la mejor calidad, en el menor tiempo, al menor costo posible, y sin dañar la capacidad productiva del ecosistema (Ortíz, 1994).

Una plantación forestal puede ser manejada para maximizar su crecimiento por hectárea o para maximizar el crecimiento de los árboles individuales de la misma. Bajo la primera opción se obtendrá de la plantación en el menor tiempo posible, la máxima cantidad de material leñoso de diámetro pequeño, que puede utilizarse para leña, astillas, postes, pulpa, etc. Bajo la segunda opción se obtendrá de la plantación un volumen menor, pero compuesto de árboles grandes para aserrar, laminar, entre otros (Ortíz, 1994).

ESPECIFICACIONES DE MANEJO PARA TECA

Según Pandey y Brown (2000), se recomienda una densidad inicial de 1000 a 2000 árboles por hectárea para compensar las tasas de mortalidad temprana y tener la oportunidad de seleccionar los individuos de mayor calidad durante las operaciones de aclareo. Sin embargo, Krishnapillay (2000) propone un dato más exacto para la densidad inicial, la cual según este autor suele ser entre 1200 a 1600 plantas por hectárea.

El espaciamiento inicial de los árboles y el número, la época y la intensidad de los aclareos influyen mucho sobre el ritmo de crecimiento y el rendimiento de la plantación. Si el aclareo se demora, las tasas de crecimiento descienden o se paralizan, mientras que si el aclareo es prematuro o demasiado intenso, los árboles tienen mayor tendencia a producir ramas laterales y brotes superficiales, lo cual también reduce el rendimiento potencial de la plantación (Krishnapillay, 2000).

Las operaciones de aclareo y poda condicionan fuertemente el rendimiento y la calidad de la madera. Para producir troncos largos sin nudos, la estrategia usual es mantener rodales cerrados con plantaciones de alta densidad, que permanecen sin enredarse durante los tres o cuatro primeros años de la plantación (Krishnapillay, 2000).

Poda

En el sentido de manejo silvicultural, se considera la poda como la eliminación, muy cerca o pegada al tallo, de las ramas de los costados, vivas o muerta, y de múltiples líderes (bifurcaciones) de un árbol en pie, para el mejoramiento del árbol o de su madera (Ford-Robertson, 1971 citado por Briscoe, 1995; Pérez, 1996).

Como la madera de teca es de alta calidad, el mejor manejo será con la finalidad de producir madera. En este sentido se deben hacer podas y raleos para mejorar la calidad y selección del fuste. La poda no debe ser hecha antes de los 3 años para no permitir la regeneración de la rama y será realizada en los mejores 500 árboles / Ha. (IRENA, 1992).

En muchas ocasiones, se relaciona la operación de poda con el crecimiento de los árboles, con el acceso a la plantación, con el riesgo de incendios, etc., pero el verdadero sentido de las podas está en la calidad de la madera que producen los árboles (Meza, 2000).

Las podas cumplen un papel importante para mejorar la calidad de la madera. Se puede mejorar la forma del árbol al eliminar bifurcaciones o ramas dominantes. También se mejora la calidad de la madera, al eliminar ramas bajas que por falta de luz morirán y producirán nudos muertos. Al cortar la rama antes que muera la cicatrización será más efectiva y la madera quedará con un nudo sano, que para aserrío no se tornará negro o café (Luján y Camacho, 1994).

Siendo la calidad de la madera un aspecto fundamental en el mercado, es lógico pesar que a la operación de poda se le debe dar mucha importancia en el sistema de producción. En un proyecto de producción de madera con base en reforestación con teca, no existe

justificación alguna para no ejecutar las podas en forma oportuna y con los instrumentos y métodos tecnológicamente más apropiados (Meza, 2000).

Según Meza (2000) en plantaciones de teca las podas deben ser tempranas, para que el crecimiento diametral del árbol produzca madera libre de nudos. Aunque el momento oportuno dependerá del sitio específico, generalmente la primera poda se realiza cuando los árboles alcanzan un altura promedio de 3 a 4 metros, realizándose una intervención del 50% de la altura total del árbol, es decir de 1.5 a 2 metros.

Una operación de poda temprana y bien ejecutada, promueve la producción de madera de mayor calidad y permite tener mayores expectativas de ingresos al introducir los productos en el mercado (Meza, 2000).

Raleo

Un raleo, es una práctica silvicultural, en la cual se reduce el número de árboles en la plantación, con el propósito de concentrar el crecimiento en los mejores individuos (Galloway, 1993).

Según Meza (2000), para definir el momento de ejecutar el primer raleo, basta con realizar una observación de tres aspectos fundamentales:

- a. Cruce de las copas de los árboles
- b. Cambios en la vegetación del sotobosque
- c. Muerte de las ramas más bajas de la copa

Cuando en la plantación se presenta al menos unos de los criterios anteriores, es momento de iniciar el marcaje del raleo correspondiente.

La intensidad de este primer raleo dependerá del modelo de crecimiento que se adopte para el rodal, pero lo importante es que la densidad no sea mayor a los 400 árboles por hectárea cuando la plantación alcance los 8 años de edad (Meza, 2000).

Según Galloway (1993) la selección de los árboles a extraer debe estar en función de aspectos como: estado fitosanitario, rectitud del fuste, diámetro, altura, con el fin de que permanezcan en la plantación los mejores individuos.

El objetivo es minimizar el tamaño de las copas y las ramas laterales para mejorar la calidad y el aspecto de la madera y en consecuencia su valor. Por lo que es conveniente clarear el rodal hasta el número óptimo para la reducción de la competencia indebida y para el mejor crecimiento de los árboles restantes (Krishnapillay, 2000), razón por la cual (IRENA, 1992) recomienda realizar 3 a 4 raleos dependiendo del espaciamiento inicial de la plantación hasta tener un promedio de 300 árboles / Ha, número considerado por Krishnapillay (2000) como el ideal, y que corresponde según Pandey y Brown (2000), aproximadamente a 300 m³ cúbicos de madera por hectárea.

La teca es una especie que necesita imperativamente luz durante su ciclo vital. Los árboles menores quedan pronto sofocados si la densidad del rodal es excesiva. Es preciso, por lo

tanto, proceder regularmente al aclareo intensivo; en particular en el primer año de la rotación (Krishnapillay, 2000).

Dependiendo en parte de la intensidad de plantación, se debe considerar un aclareo inicial cuando las ramas comienzan a entrar en contacto con las de los árboles circundantes, lo cual puede ocurrir cuando la plantación tiene alrededor de cuatro años de edad y la intensidad de la tala puede ser de hasta un 50 por ciento de la masa inicial. A los 10 ó 15 se puede realizar un aclareo con fines de producción y en torno a los 15-20 años un último aclareo final con los mismos objetivos (Pandey y Brown, 2000).

Desde otro punto de vista, según Krishnapillay (2000), el momento del primer raleo viene determinado a menudo por la altura de los árboles y suele realizarse cuando éstos tienen entre 9 y 9,5m. El segundo aclareo puede realizarse cuando alcanzan 17 a 18 m. A menudo se deja que el área basimétrica media se sitúe entre 20 y 22 m² por hectárea tras el segundo raleo. Un tercer raleo reduce después el área basimétrica media hasta 13 a 15 m² por hectárea.

Meza (2000) recomienda aplicar el primer raleo en función de los criterios prácticos señalados anteriormente, condiciones alcanzadas generalmente cuando la plantación tiene una altura total promedio de 7 a 9 metros. El segundo aclareo generalmente se aplica cuando las copas de los árboles se vuelven a cruzar, y esto ocurre cuando alcanzan en promedio unos 14 a 15 metros de altura. En este caso, nuevamente las observaciones directas del comportamiento del rodal son muy valiosas. La intensidad del raleo dependerá nuevamente del modelo de crecimiento escogido par la plantación en esa calidad de sitio.

La mejor forma de prescribir los raleos es conociendo el crecimiento de la plantación, lo que se logra estableciendo parcelas de medición, para luego generar los modelos de crecimiento propios de cada proyecto (Meza, 2000).

MATERIALES Y METODOS

DESCRIPCION GENERAL DEL AREA EN ESTUDIO

El presente estudio se llevó a cabo en las áreas reforestadas por la empresa IASA, distribuidas en las provincias de Panamá y Darién de Panamá. La ubicación política de las fincas con sus respectivas plantaciones se muestran en el Cuadro N^o 1.

Cuadro 1. Detalle del área plantada por año, raleos aplicados y ubicación política de las que conforman la unidad de manejo de IASA. Panamá. 2001.

Finca	Año de Plantación	Area (Ha)	% Del Area	Raleos aplicados		Ubicación Política	
				(%)	Año		
1	1993	63.60	14.90	50	2000	Lugar:	Jenené
	1994	188.83	44.24	50	2000	Corregiduría:	Cañita
	1995	61.82	14.48	50	2000	Distrito:	Chepo
	1996	4.38	1.03	33	2000	Provincia:	Panamá
	1998	107.20	25.12	Sin trat.			
	1999	1.00	0.23	Sin trat.			
Total Finca 1		426.83	100.00				
2	1995	8.73	72.75	50	2000	Lugar:	Jenené
	1997	3.27	27.25	33	2000	Corregiduría:	Cañita
						Distrito:	Chepo
Total Finca 2		12.00	100.00			Provincia:	Panamá
3	1994	3.42	4.09	50	1999	Lugar:	Río Piedra
	1996	4.00	4.78	33	2000	Corregiduría:	Cañita
	1997	76.22	91.13	Sin trat.		Distrito:	Chepo
Total Finca 3		83.64	100.00			Provincia:	Panamá
4	1995	14.36	45.83	50	2000	Lugar:	Flor de Laguna
	1996	16.26	51.90	33	1999	Corregiduría:	Cañita
	1998	0.71	2.27	Sin trat.		Distrito:	Chepo
Total Finca 4		31.33	100.00			Provincia:	Panamá
5	1992	2.00	1.56		2001	Lugar:	Wacuco
	1993	10.32	8.04	50	2000	Corregiduría:	El Llano
	1994	17.32	13.50	50	2000	Distrito:	Chepo
	1995	28.57	22.27	50	2000	Provincia:	Panamá
	1997	66.23	51.62	33	2000		
	1998	3.87	3.02	Sin trat.			
Total Finca 5		128.31	100.00				
6	1995	96.75	33.87	50	2000	Lugar:	Agua Fría No.1
	1996	151.45	53.02	33	2000	Corregiduría:	El Llano
	1997	36.46	12.76	Sin trat.		Distrito:	Chepo
	1999	1.00	0.35	Sin trat.		Provincia:	Panamá
Total finca 6		285.66	100.00				
7	1995	1.98	0.92	50	2000	Lugar:	Santa Fé
	1997	203.90	94.45	33	2000	Corregiduría:	Cabecera
	1998	9.01	4.17	Sanitario	2000	Distrito:	Chepigana
	1999	1.00	0.46	Sin trat.		Provincia:	Darién
Total Finca 7		215.89	100.00				
Total Plantado		1183.66					

Fuente: Meza (1999 a, b y c).

ANALISIS DE LA INFORMACION EXISTENTE

Con base en los archivos acerca de las mediciones anteriores, suministrados por la empresa, se diseñó una hoja electrónica en Excel, para el manejo de la información. Una vez diseñada dicha hoja electrónica, se colocaron todas las mediciones en el nuevo formato, con lo cual se homogenizó la información existente.

De acuerdo con la información del área reforestada por año en cada finca, así como, la cantidad de parcelas establecidas en cada estrato, se definió en conjunto con el personal técnico de la empresa, la intensidad de muestreo requerida. Dicha intensidad se definió en un 1% del área plantada por estrato en cada finca, o sea, el establecimiento de una parcela permanente de medición por cada 5 hectárea de plantación.

ESTABLECIMIENTO DE PARCELAS PERMANENTES DE MUESTREO

Se establecieron en total 104 parcelas permanentes de medición, para los diferentes estratos de cada una de las fincas de la empresa. Con lo cual se completó el número de parcelas faltantes en cada finca para cumplir con la intensidad de muestreo definida.

Se utilizaron parcelas circulares de 500 m², de 12.62 m de radio. Las cuales, tradicionalmente ha utilizado la empresa para este fin.

La ubicación de las parcelas se hizo de acuerdo a la prospección realizada de las parcelas existentes. En cada una se marcó el árbol central de la misma con el número correspondiente a ésta. Todos los demás árboles que se encontraban dentro del radio de la parcela, fueron marcados mediante un anillo a 1.3 m del suelo, para que las mediciones posteriores se realicen en el mismo sitio todos los años.

MEDICION DE PARCELAS PERMANENTES DE MUESTREO

Se midieron 134 parcelas existentes y 104 parcelas nuevas para un total de 238 parcelas permanentes de muestro en la unidad de manejo de la empresa. Las parcelas existentes se encontraban debidamente numeradas en el campo y para la ubicación de las mismas se utilizó un mapa existente de cada una de las fincas.

En cada parcela, las variables dasométricas medidas fueron diámetro a la altura de pecho (DAP) y la altura total, para lo cual se utilizó, cinta diamétrica e hipsómetro Sunnto. Además se realizaron observaciones fitosanitarias de los árboles de las parcelas.

Una vez realizadas las mediciones de todas las parcelas existentes y establecidas en cada finca, se digitaron los datos en la hoja electrónica diseñada para tal efecto.

ANÁLISIS DE LA INFORMACION RECOPIADA

Con base en la información existente y la información de campo proveniente de la medición 2001, se determinó el incremento medio anual (IMA) y el promedio, para las variables (diámetro, altura total, área basal y volumen) por edad y por estratos dentro de cada finca. Además, se calcularon algunas variables estadísticas como la desviación estándar, el error de muestreo y el coeficiente de variación.

Fórmulas utilizadas

Para el cálculo del incremento medio anual de las variables dasométricas evaluadas, se utilizó la fórmula:

$$\text{IMA} = \frac{\text{Valor promedio de la variable evaluada}}{\text{edad}}$$

Para el cálculo de las variables dasométricas evaluadas, se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$G = 0.7854 * (\text{DAP}/100)^2$$

Donde:

G = Área basal en metros cuadrados

DAP = Diámetro (centímetros) a 1.3 metros del suelo.

$0.7854 \cong \pi/4$

$$V_t = G * H_t * F_f$$

Donde:

V_t = Volumen total en metros cúbicos

H_t = Altura total en metros

F_f = Factor de forma

Se utilizaron diferentes factores de forma en función al año y lugar donde se establecieron las plantaciones. Para las plantaciones establecidas en la Finca 1, se utilizaron los siguientes factores de forma de acuerdo al Cuadro 2.

Cuadro 2. Factores de forma utilizados en el cálculo del volumen de las plantaciones de *Tectona grandis* en la Finca 1. IASA. Panamá. 2001.

Plantación	Factor de forma
1993	0.459
1994	0.468
1995	0.471*

Fuente: Meza (1999 c).

*Este factor de forma se utilizó para el cálculo del volumen de las plantaciones establecidas a partir de 1995 en el resto de las fincas. A excepción de las fincas 6 y 7, para cuyas plantaciones se aplicó un $F_f = 0.458$ para el cálculo del volumen.

Para el cálculo de las variables estadísticas, se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$EEst = S_x/\sqrt{n}$$

$$E = S_x * (t_{(n-1) \infty/2})$$

$$E\% = (E/X)*100$$

$$CV\% = (S_x/X)$$

Donde:

EEst. = Error estándar

E = Error de muestreo

E% = Porcentaje de error de muestreo

CV% = Coeficiente de variación en porcentaje

S_x = Desviación estándar

X = Media aritmética por hectárea

n = Tamaño de la muestra.

$t_{(n-1) \infty/2}$ = Valor de t, obtenido de la tabla T- students, para un 95% de confianza.

EFEECTO DE LOS RALEOS EFECTUADOS

Mediante la comparación de los datos de las mediciones efectuadas en los diferentes años, se realizó un análisis técnico de los efectos del raleo y de su incidencia con respecto a los árboles remanentes. Dicho análisis permitirá realizar los ajustes en el plan de raleos establecido por la empresa.

AJUSTE AL PLAN DE RALEOS DE IASA

Con base en el análisis de crecimiento efectuado y de acuerdo con los tratamientos aplicados hasta la fecha en las plantaciones de IASA, se definió un ajuste en el plan de raleos. Con este ajuste se pretende lograr, como mínimo, los rendimientos mostrados en las tablas de rendimiento seleccionadas por la empresa (Cuadros 3 y 4).

Cuadro 3. Tabla de rendimiento para *Tectona grandis*. Clase de sitio I. IASA. Panamá. 2001.

Edad (años)	Dcc* (cm)	Dsc** (cm)	Altura (m)
2	4.7	4.2	1.5
4	9.6	8.6	5.0
6	14.9	13.4	10.0
8	21.8	19.6	14.0
10	24.4	22.0	15.8
12	27.6	24.8	18.0
14	32.0	28.8	20.5
16	37.3	33.6	22.5
18	43.1	38.8	23.5

Fuente: Meza (1999 c). Elaborada con base en Análisis fustal.

Cuadro 4. Tabla de rendimiento para *Tectona grandis*. Clase de sitio II. IASA. Panamá. 2001.

Edad (años)	Dcc (cm)	Dsc ¹ (cm)	Altura (m)
2	10.1	8.6	2.9
4	13.8	12.3	2.9
6	17.6	16.1	14.2
8	21.0	19.5	17.3
10	23.6	22.0	19.5
12	26.4	24.2	21.1
14	29.1	26.9	22.4
16	32.5	30.3	23.3
18	36.2	34.0	24.1
20	39.3	37.1	24.8

Fuente: Meza (1999 c). Elaborada por SGS Forestry para IASA.

*Diámetro con corteza

**Diámetro sin corteza

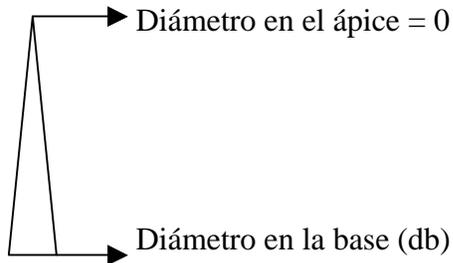
¹Calculado con un promedio de 0.75 cm de grosor de corteza en los primeros 10 años y 1.125 cm del año 11 al 20, según datos de análisis fustal de IASA.

TAMAÑO Y NUMERO DE TROZAS POR ARBOL

Conociendo las curvas de crecimiento a utilizar, se determinó el número y tamaño de las trozas por árbol, a través de un factor de reducción del diámetro (FRD). Para todo caso se utilizaron 2.5 metros como longitud de las trozas, además se consideran como trozas aserrables, las que presentaran diámetro igual o mayor a 10 centímetros en la cara menor.

Cálculo del factor de reducción del diámetro (FRD)

Se calculó un factor de reducción del diámetro conforme aumenta la altura por medio de una ecuación lineal, como se muestra a continuación:



Se tiene que:

$$D_1 = db - (i \cdot hd)$$

Donde:

D_1 : Diámetro a la altura deseada

db : Diámetro basal

i : Disminución en el diámetro por metro de altura

hd : Altura a la que se desea conocer el diámetro

De la figura se desprenden dos fórmulas:

1. $DAP = db - (i \cdot 1.3)$

2. $0 = db - (i \cdot ht)$

Donde:

DAP : Diámetro medio a 1.3 metros del suelo

ht : Altura total

Igualando ambas ecuaciones se obtiene que:

$$i = (DAP)/(ht-1.3)$$

RESULTADOS Y DISCUSION

VALORACION DEL AREA PLANTADA

Respondiendo a la necesidad de información del crecimiento de *Tectona grandis* en las plantaciones propiedad de la empresa Inversiones Agroforestales S.A. se realizó el muestreo en las fincas ubicadas dentro de la unidad de manejo de la empresa.

Inversiones Agroforestales S.A. contaba con parcelas permanentes de muestreo en la mayoría de las fincas, sin embargo la cantidad de parcelas existentes no eran suficientes como para obtener una muestra representativa del comportamiento de la especie en cada finca, razón por la cual se hizo necesario el establecimiento de nuevas parcelas permanentes, para completar la intensidad de muestreo de un 1% del área plantada en cada estrato (edad) dentro de cada finca.

Se evaluaron en total 238 parcelas permanentes de muestreo, con edades entre 1 y 8 años para plantaciones de teca, ubicadas en 6 fincas en la Provincia de Panamá y 1 finca en la provincia de Darién.

El Cuadro N° 5 muestra el número de parcelas existentes antes del año 2001 y las parcelas nuevas establecidas en dicho año, para completar la intensidad de muestro en las plantaciones de *Tectona grandis* de cada finca en estudio.

Cuadro 5. Número de parcelas existentes y parcelas nuevas establecidas por año de plantación para cada finca en estudio. IASA. Panamá .2001.

Finca	Año de Siembra	Area (Ha)	Parcelas Existentes	Parcelas Nuevas	TOTAL
1	1993	63.60	8		8
	1994	188.83	48		48
	1995	61.82	15		15
	1998	107.20		21	21
2	1995	8.73	4		4
3	1997	76.22		14	14
4	1995	14.36	2	1	3
	1996	16.26	2	1	3
5	1993	10.32	1	1	2
	1994	17.32	2	1	3
	1995	28.57	2	3	5
	1997	66.23	4	9	13
6	1998	3.87		1	1
	1995	96.75	9	10	19
	1996	151.45	14	14	28
	1997	36.46	6	3	9
7	1997	203.90	17	22	39
	1998	9.01		2	2
	1999	1.00		1	1
TOTAL		1161.90	134	104	238

Fuente: Archivos de la empresa y datos de campo.

RESULTADOS DE CRECIMIENTO

FINCA 1

Estado actual

Los resultados obtenidos corresponden al análisis de las mediciones realizadas en el año 2001. Para facilitar el análisis y aplicación del manejo, se dividieron las plantaciones según su año de siembra.

Es importante señalar que debido a que para algunas de las parcelas no se realizó, por descuido, los raleos indicados en el plan de la empresa, fue necesario eliminarlas del análisis. Específicamente se eliminaron 14 parcelas permanentes de la plantación del año 1994 y 4 parcelas permanentes de la plantación del año 1995.

En el Cuadro N° 6 se muestran los resultados obtenidos del análisis estadístico realizado para las plantaciones de *Tectona grandis* de la Finca 1.

Cuadro 6. Valores estadísticos calculados con un 95% de confianza para las variables dasométricas evaluadas en las plantaciones de *Tectona grandis* de la Finca 1. IASA. Panamá. 2001.

Año de Siembra	n	Variable	Promedio	Desviación Estándar	(%) Error	Coefficiente de Variación (%)
1993	8	DAP (cm)	17.82	1.43	8.07	8.03
		Ht (m)	17.82	1.29	7.73	7.70
		G (m ² /ha)	11.95	1.58	13.27	13.21
		Vt (m ³ /ha)	93.26	17.96	19.35	19.26
1994	34	DAP (cm)	15.90	1.79	4.53	11.24
		Ht (m)	16.13	1.82	4.54	11.28
		G (m ² /ha)	11.86	3.27	11.09	27.53
		Vt (m ³ /ha)	92.72	33.75	14.66	36.40
1995	11	DAP (cm)	16.39	1.32	6.41	8.07
		Ht (m)	16.56	1.43	6.85	8.63
		G (m ² /ha)	11.69	1.73	11.73	14.78
		Vt (m ³ /ha)	92.70	18.83	16.13	20.31
1998	21	DAP (cm)	5.21	1.57	15.96	30.19
		Ht (m)	5.47	1.96	18.97	35.88
		G (m ² /ha)	1.74	1.12	34.16	64.60
		Vt (m ³ /ha)	5.75	5.56	51.13	96.69

En general se presenta una tendencia de aumento (desde el DAP hasta el volumen total) en el porcentaje de error de muestreo para las variables dasométricas evaluadas en cada una de las plantaciones de teca de esta finca.

Los porcentajes de error y los coeficientes de variación, obtenidos en las variables de área basal y volumen total, para la plantación 1998 implican una gran irregularidad de crecimiento de la especie en este estrato, debido a que los sitios en los que se encuentra este bloque presentan suelos compactados por pastoreo en el pasado. Estos sitios no fueron mecanizados a la hora de establecer las plantaciones y por lo tanto cuentan con una capa compacta que las raíces deben atravesar hasta alcanzar las capas de suelo fértiles y adecuadas para un buen crecimiento. Además se debe mencionar que estas plantaciones se encuentran en su mayoría en sitios con pendientes fuertes, que es uno de los aspectos limitantes para el buen desarrollo de esta especie.

Estas grandes variaciones en el crecimiento de los árboles se pueden apreciar muy bien en el campo, ya que se pueden diferenciar a lo lejos dentro de la plantación sectores buenos, regulares y malos. Generalmente los mejores sectores de árboles se encuentran en las partes bajas onduladas y los peores se encuentran a media loma.

De acuerdo a la experiencia de la empresa, se espera que una vez sobrepasadas las capas más compactadas, el crecimiento de los árboles aumente y alcance así un mejor potencial de rendimiento y productividad. Esto debido a que es el mismo caso de las plantaciones establecidas en 1993, 1994 y 1995, las cuales al inicio de su desarrollo tuvieron crecimientos malos y luego alcanzaron buenos incrementos.

En las plantaciones 93, 94 y 95 el crecimiento de la especie no presenta mucha variabilidad, sino más bien, presenta un crecimiento más homogéneo, lo que se confirma con los bajos porcentajes de error.

A continuación se presentan los valores de las variables dasométricas evaluadas, que muestran el crecimiento actual de las plantaciones de teca según su edad en la Finca 1. Estos resultados corresponden a la información generada de la medición 2001.

Cuadro 7. Incremento medio anual de las principales variables relacionadas con el crecimiento de las plantaciones de *Tectona grandis* en la Finca 1. IASA. Panamá. 2001.

AÑO DE SIEMBRA	EDAD (años)	ÁRBOLES (N/ha)	IMA-DAP (cm/año)	IMA-HT (m/año)	IMA-G (m²/ha/año)	IMA-VT (m³/ha/año)
1993	8	480	2.23	2.09	1.49	11.66
1994	7	583	2.26	2.30	1.68	13.10
1995	6	549	2.72	2.75	1.95	15.45
1998	3	693	1.77	1.86	0.58	1.92

Fuente: Anexos, Cuadro 1.

A excepción de la plantación 98, el crecimiento de las plantaciones de teca establecidas en la Finca 1 puede considerarse en un rango de medio a alto potencial de rendimiento, según Vásquez y Ugalde (1995) (Anexos, Cuadro 2). De acuerdo con el mismo autor, el crecimiento la plantación 98 se ubica en un rango de bajo a medio en cuanto a potencial de rendimiento.

Sin embargo, basándose en la clasificación realizada por MADELEÑA en Panamá (Anexos, Cuadro 3), se puede apreciar que el crecimiento de las plantaciones 93, 94 y 95 presenta un alto rendimiento y la plantación 98 se ubica en un crecimiento medio.

Además, se debe señalar que los bajos incrementos obtenidos en la plantación correspondiente al año 1998 están relacionados con la evidente mortalidad que presenta dicho sector, por las razones anteriormente señaladas.

Crecimiento

A continuación se presenta una tabla de crecimiento (Cuadro 8) y las respectivas curvas generadas (Figuras 1, 2 y 3) para las variables de DAP, área basal y volumen total de las plantaciones de *Tectona grandis* de la Finca 1. Estos resultados están basados en el análisis de la información recopilada de las mediciones realizadas de 1996 al 2001.

Cuadro 8. Valores promedios por edad de las variables dasométricas encontradas para las plantaciones de *Tectona grandis* en la Finca 1. IASA. Mediciones 1996-2001. Panamá. 2001.

EDAD (años)	ÁRBOLES PROMEDIO (N/ha)	DAP PROMEDIO (cm)	H TOTAL PROMEDIO (m)	ÁREA BASAL PROMEDIO (m ² /ha)	VOLUMEN PROMEDIO (m ³ /ha)
1	1024	1.83	2.46	0.27	0.66
2	983	5.93	5.96	2.92	9.13
3	846	7.39	7.45	4.09	16.01
4	842	10.39	9.73	7.55	36.65
5	723	12.59	11.52	9.18	51.88
6	616	14.90	14.27	10.89	75.13
7	552	16.03	15.37	11.19	81.74
8	480	17.82	16.75	11.95	93.26

Fuente: Anexos, Cuadro 1.

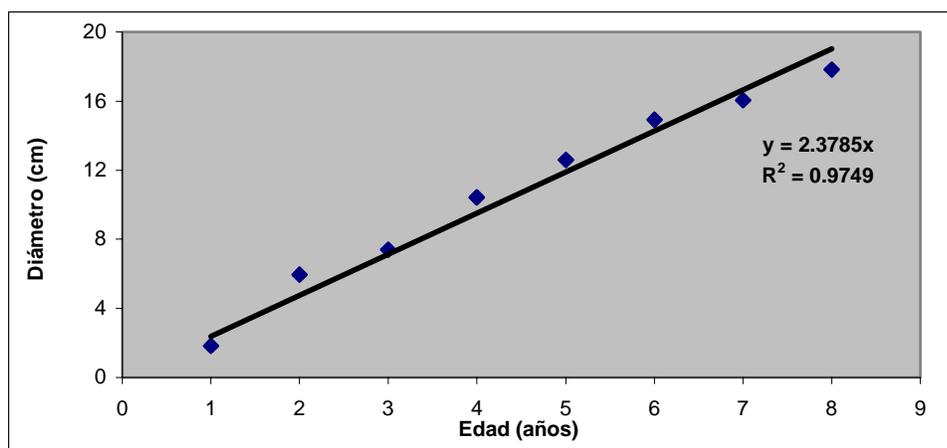


Figura 1. Distribución del diámetro promedio por edad para plantaciones de *Tectona grandis* en la Finca 1. IASA. Mediciones 1996-2001. Panamá. 2001. Fuente: Cuadro 8.

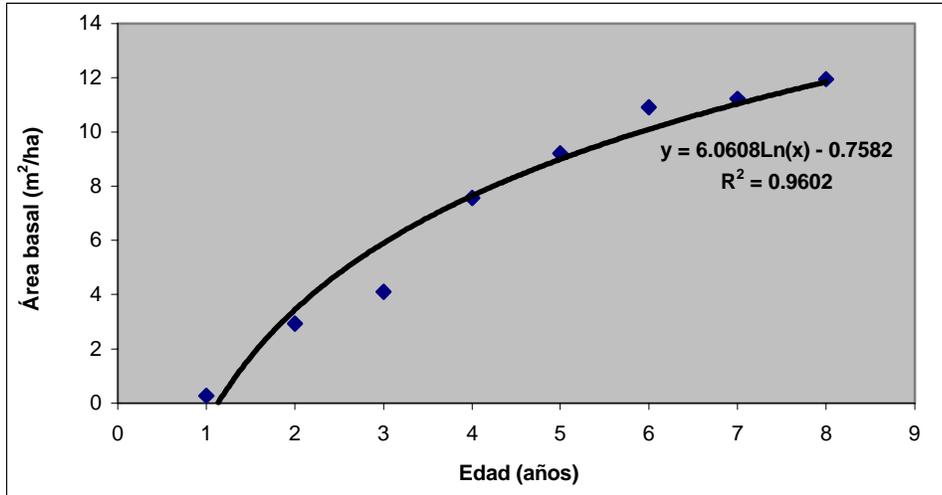


Figura 2. Distribución del área basal promedio por edad para plantaciones de *Tectona grandis* en la Finca 1. IASA. Mediciones 1996-2001. Panamá. 2001. **Fuente:** Cuadro 8.

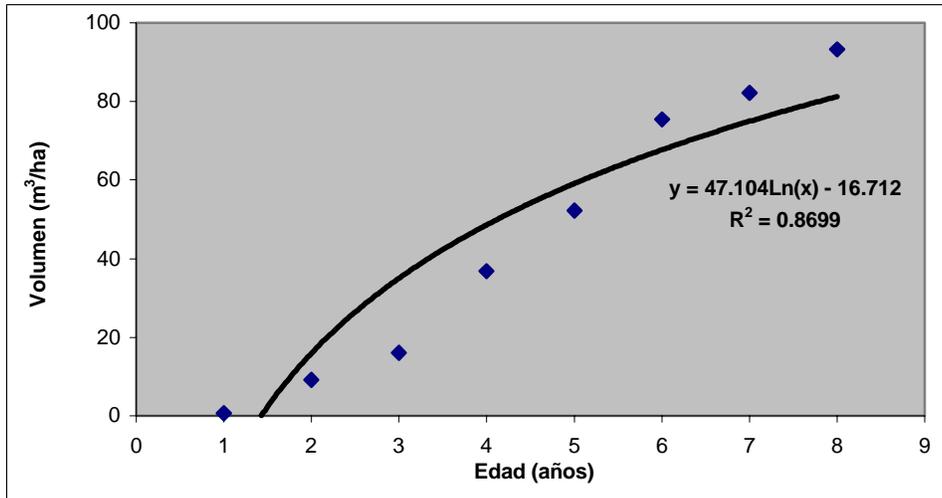


Figura 3. Distribución del volumen promedio por edad para plantaciones de *Tectona grandis* en la Finca 1. IASA. Mediciones 1996-2001. Panamá. 2001. **Fuente:** Cuadro 8.

Como se puede notar, a través del reciente estudio se han generado tablas y curvas de crecimiento propias del comportamiento de las plantaciones de teca de esta finca, lo cual es de suma importancia para la empresa, ya que actualmente se cuenta con información del desarrollo alcanzado por la especie en esta área específica para un periodo de tiempo de uno a ocho años de edad.

En el Cuadro N° 9 se presentan los resultados obtenidos del incremento medio anual alcanzado por edad en las plantaciones de teca evaluadas en la Finca 1.

Cuadro 9. Incremento medio anual por edad para las variables evaluadas en las plantaciones de *Tectona grandis* en la Finca 1. IASA. Mediciones 1996-2001. Panamá. 2001.

EDAD (años)	IMA-DAP (cm/año)	IMA-HT (m/año)	IMA-G (m ² /ha/año)	IMA-VT (m ³ /ha/año)
1	1.83	2.46	0.27	0.66
2	2.96	2.98	1.46	4.57
3	2.46	2.48	1.36	5.34
4	2.60	2.43	1.89	9.16
5	2.52	2.30	1.84	10.38
6	2.48	2.38	1.82	12.52
7	2.29	2.20	1.60	11.68
8	2.23	2.09	1.49	11.66

Fuente: Cuadro 8.

En términos generales, el crecimiento de las plantaciones de teca de la Finca 1, se puede clasificar, de acuerdo a los incrementos obtenidos para las variables de DAP y altura total, en un rango de alto rendimiento, según la clasificación hecha por MADELEÑA en Panamá.

Sin embargo, Vásquez y Ugalde (1995) mencionan que el comportamiento general de las plantaciones de teca de esta finca, se estarían ubicando en un rango de crecimiento medio.

Basándose en las observaciones de campo realizadas en el presente estudio, se considera que las plantaciones de teca evaluadas presentan un buen desarrollo y crecimiento, lo que es un resultado directo del adecuado manejo que han recibido los diferentes bloques. Es importante notar, que a pesar de que estas plantaciones se encuentran en sitios no recomendados para el establecimiento de esta especie, toda el área plantada cuenta con un sotobosque bien establecido, lo cual es una muestra directa de que las intervenciones silviculturales realizadas han respondido muy bien. Al mismo tiempo se demuestra que la teca al plantarse en sitios con condiciones similares a las de la Finca 1, es un aspecto que no va en detrimento de la capacidad productiva del suelo, siempre y cuando sea manejada correctamente.

FINCA 2

Estado actual

Para el análisis del crecimiento actual de las plantaciones de teca de la Finca 2, se eliminó una PPM, por no contar con los tratamientos silviculturales de manejo especificados en el plan de raleos de la empresa.

Para estas plantaciones se obtuvieron errores de muestreo mayores al aceptado (20%) en la mayoría de las variables dasométricas, debido a que en el análisis estadístico no se incluyó la parcela 1. Sin embargo, analizando los coeficientes de variación se puede ver que esta finca presenta un crecimiento sin irregularidades, o sea, las plantaciones se encuentran en sitios con potenciales de rendimiento muy similares (Cuadro 10).

Cuadro 10. Valores estadísticos calculados con un 95% de confianza para las variables dasométricas evaluadas en las plantaciones de *Tectona grandis* de 6 años de edad en la Finca 2. IASA. Panamá. 2001.

n	Variable	Promedio	Desviación Estándar	(%) Error	Coficiente Variación (%)
3	Dap (cm)	16.57	1.05	22.79	6.36
	Ht (m)	15.48	0.58	13.49	3.77
	G (m ² /ha)	13.00	1.61	44.30	12.36
	Vt (m ³ /ha)	95.39	12.78	48.00	13.40

El estado actual del crecimiento de las plantaciones de teca de esta finca se puede apreciar en los Cuadros 11 y 12. Los valores presentados para la edad de 6 años en estos mismos cuadros, corresponden a los resultados obtenidos en la medición 2001.

Actualmente las plantaciones de teca de la Finca 2 presentan incrementos medios anuales en las diferentes variables evaluadas, que las ubican en un rango de medio a alto potencial de crecimiento, según Vásquez y Ugalde (1995); y en un rendimiento alto de acuerdo con MADELEÑA.

Crecimiento

A continuación se muestran los valores promedios de las principales variables dasométricas relacionadas con el crecimiento de las plantaciones de *Tectona grandis* en la Finca 2 (Cuadros 11 y 12).

Cuadro 11. Valores promedios por edad de las variables dasométricas encontradas, para las plantaciones de *Tectona grandis* en la Finca 2. IASA. Mediciones 1998-2001 Panamá. 2001.

EDAD	ÁRBOLES	DAP	H TOTAL	ÁREA BASAL	VOLUMEN
(años)	PROMEDIO (N/ha)	PROMEDIO (cm)	PROMEDIO (m)	PROMEDIO (m ² /ha)	PROMEDIO (m ³ /ha)
3	880	11.02	11.20	8.47	44.94
4	640	14.94	12.55	11.46	69.29
6	600	16.57	15.48	13.00	95.39

Fuente: Archivos de la empresa y datos de campo.

Cuadro 12. Incremento medio anual por edad para cada variable en las plantaciones de *Tectona grandis* en la Finca 2. IASA. Mediciones 1998-2001 Panamá. 2001.

EDAD	IMA-DAP	IMA-HT	IMA-G	IMA-VT
(años)	(cm/año)	(m/año)	(m ² /ha/año)	(m ³ /ha/año)
3	3.67	3.73	2.82	14.98
4	3.73	3.14	2.87	17.32
6	2.76	2.58	2.17	15.90

Fuente: Cuadro 11.

Los resultados obtenidos muestran que en el tercer y cuarto año de edad, estas plantaciones presentaron incrementos superiores a 3.1 cm/año en diámetro y a 3.1 m/año en altura total, lo cual según MADELEÑA, corresponde a un excelente potencial de crecimiento.

De acuerdo con la clasificación de Vásquez y Ugalde (1995), se considera que estas plantaciones presentaron un crecimiento de medio a alto en sus primeras etapas de desarrollo, lo que implica que los sitios donde se encuentran establecidos estos rodales se han caracterizado por presentar un buen potencial de rendimiento y productividad.

En general, el crecimiento que presentan las plantaciones de tecas en esta finca es muy bueno y a excepción de la parcela sin manejo se puede apreciar que la plantación ha sido bien manejada de acuerdo con las observaciones de campo y los resultados obtenidos. Es importante tener en cuenta que este sitio es uno de los mejores para el establecimiento de esta especie y por lo tanto, debe dársele el manejo adecuado a las parcelas permanentes de medición para tener una base de datos más representativa, ya que plantaciones como esta pueden brindar mucha información acerca de sitios similares para el futuro establecimiento de plantaciones forestales con teca.

FINCA 3

Estado actual

Todos los resultados obtenidos para esta finca, están basados en una matriz de datos con mediciones de las parcelas nuevas establecidas en el año 2001 para la plantación establecida en el año 1997, ya que es el único estrato en esta finca que cuenta con un área representativa para hacer un muestreo.

A pesar de obtenerse en este caso un error de muestreo aceptable para las variables de DAP y altura total, se puede apreciar que los valores de error y coeficiente de variación obtenidos para las variables de área basal y volumen total indican una gran irregularidad del crecimiento en esta finca. En este caso, al igual que la plantación establecida en 1998 de la Finca 1, se presenta una situación de sitios con capas compactadas por pastoreo y lugares en su mayoría con fuertes pendientes, causas principales a las que se les atribuyen las irregularidades de crecimiento de estas plantaciones.

En el Cuadro N° 13 se presentan los resultados del análisis estadístico realizado para las plantaciones de teca en la Finca 3.

Cuadro 13. Valores estadísticos calculados con un 95% de confianza para las variables dasométricas evaluadas en las plantaciones de *Tectona grandis* de 4 años de edad en la Finca 3. IASA. Panamá. 2001.

n	Variable	Promedio	Desviación Estándar	(%) Error	Coeficiente Variación (%)
14	DAP (cm)	9.71	1.94	13.55	20.02
	Ht (m)	9.42	2.06	14.81	21.88
	G (m ² /ha)	4.86	2.09	29.09	42.98
	Vt (m ³ /ha)	24.34	15.79	43.93	64.90

Estudios realizados por Torres *et al* (1995) en el ámbito nacional de Costa Rica, en plantaciones de *Tectona grandis* (hasta 4 años de edad) en fincas de pequeños y medianos reforestadores, indican que esta especie está creciendo a un ritmo de alrededor de los 3 cm/año en cuanto a diámetro y menos de los 3 m/año en cuanto a la altura, valores similares a los obtenidos para esta finca en el reciente estudio.

Seguidamente se presentan los valores promedios de las principales variables dasométricas relacionadas con el estado actual del crecimiento de las plantaciones de *Tectona grandis* evaluadas en la Finca 3 (Cuadro 14).

Cuadro 14. Número de árboles por hectárea e IMA de las variables dasométricas evaluadas en las plantaciones de *Tectona grandis* de 4 años de edad en la Finca 3. IASA. Panamá. 2001.

VARIABLES	VALORES
ÁRBOLES (N/ha)	627
IMA-DAP (cm/año)	2.43
IMA-HT (m/año)	2.36
IMA-G (m ² /ha/año)	1.21
IMA-VT (m ³ /ha/año)	6.08

Fuente: Datos de campo

La calidad de los sitios de la plantación establecida en 1997 en esta área es alta, según la clasificación propuesta por González *et al* (1997) (ver Anexos, Cuadro 3) sobre la base de los incrementos en las variables de DAP y altura total en teca, de acuerdo con los resultados de 10 años de investigación silvicultural del Proyecto MADELEÑA en Panamá y media según Vásquez y Ugalde (1995).

De acuerdo con lo observado en el campo se puede agregar que estas plantaciones presentan diferentes condiciones de crecimiento que van desde buenos en los lugares ondulados y bajos hasta malos en los lugares con fuertes pendientes.

Basándose en los resultados obtenidos, lo recomendable para tener una mejor valoración del crecimiento de estas plantaciones, es realizar una estratificación de las mismas con la finalidad de identificar en el campo aquellos sitios con alto, medio y bajo potencial de rendimiento y productividad.

FINCA 4

Estado actual

En esta finca sólo se analiza el estado actual del crecimiento de las plantaciones, pues aunque deberían existir mediciones de años anteriores al año 2001, la empresa no cuenta con esta información en ningún tipo de archivos, por lo tanto, los resultados se basan únicamente en la medición realizada para el presente estudio, de las PPM nuevas y existentes.

Como se puede observar en el Cuadro N° 15, estas plantaciones presentan altos errores de muestreo, cuya causa fundamental se basa principalmente en la poca cantidad de parcelas de muestreo con las que cuentan, las cuales no brindan datos representativos del crecimiento que se presenta en las diferentes condiciones de sitio de estas áreas.

En este caso el porcentaje de error puede disminuirse al aumentar la intensidad de muestreo en cada plantación, de este modo se tendrá una valoración más representativa del crecimiento alcanzado por la especie en el futuro.

Cuadro 15. Valores estadísticos calculados con un 95% de confianza para las variables dasométricas evaluadas en las plantaciones de *Tectona grandis* de la Finca 4. IASA. Panamá. 2001.

Año de Siembra	n	Variable	Promedio	Desviación Estándar	(%) Error	Coficiente Variación (%)
1995	3	DAP (cm)	14.61	1.53	37.54	10.48
		Ht (m)	13.67	0.31	8.09	2.26
		G (m ² /ha)	12.09	3.17	93.91	26.21
		Vt (m ³ /ha)	78.98	20.95	95.03	26.52
1996	3	DAP (cm)	13.23	0.51	13.94	3.89
		Ht (m)	13.62	0.55	14.46	4.04
		G (m ² /ha)	10.44	2.33	79.81	22.28
		Vt (m ³ /ha)	68.94	16.24	84.41	23.56

En el Cuadro N° 16 se presentan los resultados obtenidos en IMA de las variables silviculturales evaluadas, así como el número promedio de árboles por hectárea encontrados en las plantaciones de teca de la Finca 4.

Cuadro 16. Número de árboles por hectárea e IMA de las variables dasométricas evaluadas en las plantaciones de *Tectona grandis* en la Finca 4. IASA. Panamá. 2001.

VARIABLES	VALORES
ÁRBOLES (N/ha)	627
IMA-DAP (cm/año)	2.43
IMA-HT (m/año)	2.36
IMA-G (m ² /ha/año)	1.21
IMA-VT (m ³ /ha/año)	6.08

Fuente: datos de campo.

Analizando únicamente los incrementos obtenidos en DAP y altura total, se puede clasificar estas plantaciones en rangos de alto crecimiento, según González *et al* (1997).

Usando la clasificación de rendimiento y producción dada por Vásquez y Ugalde (1995), según los incrementos obtenidos en cada variable analizada (Cuadro 19), dichas plantaciones se ubican en un rango que va de media a alta producción.

Tomando en cuenta que las condiciones de sitio en las que se desarrollan estas plantaciones no son las más aptas para el buen desarrollo de la especie, se justifican los incrementos obtenidos en el presente estudio, y en términos generales se considera que el potencial de crecimiento de estas plantaciones es bueno de acuerdo también a las observaciones de campo.

FINCA 5

Estado actual

El análisis del crecimiento se realizó basándose únicamente en las parcelas nuevas establecidas en el año 2001, por lo cual, los resultados obtenidos solo muestran el comportamiento actual del crecimiento de las plantaciones de esta finca. Esto debido nuevamente a que las parcelas existentes no han recibido, por descuido, los tratamientos silviculturales de manejo de acuerdo al plan de raleos de la empresa, por lo tanto, las parcelas existentes no presentan el mismo comportamiento que el resto de la plantación y en consecuencia no se pueden incluir en el análisis por su falta de representatividad, más bien se convirtieron en parcelas testigo para futuros estudios.

En consecuencia con lo anterior se debe mencionar que para el cálculo de los estadísticos pertinentes en este estudio, sólo se tomaron en cuenta las plantaciones en las que se estableció un número superior a dos parcelas permanentes de muestreo.

Los porcentajes de error obtenidos para las plantaciones evaluadas (ver Cuadro 17) son mayores al aceptado y por lo tanto debe aclararse que ambas plantaciones ofrecen diferentes condiciones que justifican dichos valores, por ejemplo en el caso de la plantación 95, el alto error de muestreo se debe a la poca cantidad de parcelas evaluadas y el mismo puede disminuirse al aumentar la intensidad de muestreo. A pesar de que esta plantación presenta un porcentaje de error mayor al aceptado, se puede apreciar que la variación de los datos es muy baja y esto demuestra que esta plantación presenta en general un buen crecimiento.

En el caso de la plantación 97, la situación es muy diferente, pues aunque los errores de muestreo obtenidos en las variables de área basal y volumen total son altos y al igual que en la plantación 95, éstos pueden disminuirse aumentando el área de muestreo, lo que sí es cierto es que esta plantación presenta un alto coeficiente de variación para las variables mencionadas. Lo cual implica que hay muchas irregularidades en el crecimiento de la misma y por lo tanto es necesario hacer una estratificación del área, para determinar los lugares que presentan altos, medios y bajos potenciales de crecimiento.

Cuadro 17. Valores estadísticos calculados con un 95% de confianza para las variables dasométricas evaluadas en las plantaciones de *Tectona grandis* de la Finca 5. IASA. Panamá. 2001.

Año de Siembra	n	Variable	Promedio	Desviación Estándar	(%) Error	Coficiente Variación (%)
1995	3	DAP (cm)	17.79	1.64	32.99	9.21
		Ht (m)	16.26	0.89	19.72	5.50
		G (m ² /ha)	13.41	1.84	49.13	13.71
		Vt (m ³ /ha)	101.66	18.28	64.44	17.99
1997	9	DAP (cm)	11.08	1.99	16.50	17.99
		Ht (m)	10.97	1.81	15.10	16.47
		G (m ² /ha)	8.16	2.92	32.81	35.77
		Vt (m ³ /ha)	43.73	21.21	44.49	48.51

A continuación se presentan los valores promedios de las principales variables dasométricas relacionadas con el crecimiento de las plantaciones de *Tectona grandis* evaluadas en la Finca 5 (Cuadros 18 y 19).

Cuadro 18. Valores promedios por edad de las variables dasométricas evaluadas en las plantaciones de *Tectona grandis* en la Finca 5. IASA. Panamá. 2001.

AÑO SIEMBRA	EDAD (años)	ÁRBOLES (N/ha)	DAP (cm)	H TOTAL (m)	ÁREA BASAL (m ² /ha)	VOLUMEN (m ³ /ha)
1998	3	580	7.37	5.97	2.53	7.12
1997	4	818	11.08	10.97	8.16	43.73
1995	6	533	17.79	16.26	13.41	101.66
1994	7	400	18.63	16.58	11.06	85.40
1993	8	360	21.07	17.53	12.86	103.71

Fuente: Datos de campo.

Cuadro 19. Incremento medio anual para las variables evaluadas en las plantaciones de *Tectona grandis* en la Finca 5. IASA. Panamá. 2001.

AÑO SIEMBRA	EDAD (años)	IMA-DAP (cm/año)	IMA-HT (m/año)	IMA-G (m ² /ha/año)	IMA-VT (m ³ /ha/año)
1998	3	2.46	1.99	0.84	2.37
1997	4	2.77	2.74	2.04	10.93
1995	6	2.97	2.71	2.23	16.94
1994	7	2.66	2.37	1.58	12.20
1993	8	2.63	2.19	1.61	12.96

Fuente: Cuadro 18.

La plantación correspondiente al año 1998 presenta una baja densidad debida a la alta mortalidad causada porque la plantación se encuentra en suelos bajos y húmedos con poco drenaje, factores considerados como limitantes para el desarrollo de esta especie. De ahí que, tanto Vásquez y Ugalde (1995), como González *et al* (1997), consideren su crecimiento en un rango de medio potencial de rendimiento.

Por su parte la plantación establecida en 1997 se encuentra en un sitio de clase media a alta productividad, ya que todas las variables presentan incrementos que la ubican en este rango de rendimiento según la clasificación de Vásquez y Ugalde (1995). De acuerdo con González *et al* (1997) basándose en las variables de DAP y altura total, se puede clasificar esta plantación en una clase de sitio alto, o sea, una plantación con incrementos medios anuales que van desde 2.1 a 3.0 m/año en altura total y de 2.1 a 3.0 cm/año en diámetro.

Las plantaciones 93, 94 y 95 quedan ubicadas en un rango de alto potencial de crecimiento y productividad de acuerdo con González *et al* (1997) y en un rango de medio a alto rendimiento según Vásquez y Ugalde (1995).

De acuerdo a los resultados obtenidos y las observaciones de campo, se considera la plantación del año 1995 como el mejor rodal de la Finca 5. El crecimiento general de sus individuos es muy similar, presentando excelentes características de calidad y forma.

Por lo tanto, se recomienda tanto para esta área como para las demás plantaciones un monitoreo estricto de las parcelas nuevas establecidas para el reciente estudio, en vista de que las parcelas existentes en las plantaciones de mayor edad van a considerarse en adelante como parcelas testigo.

FINCA 6

Estado actual

Debido a que en esta finca existen plantaciones con diferentes años de siembra y en diferentes condiciones de sitio, se calculó un error de muestreo por bloque o estrato como se muestra en el Cuadro N° 20.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis estadístico correspondiente, en términos generales, se puede apreciar que las plantaciones establecidas en 1996 presentan errores de muestreo en las variables de área basal y volumen total mayores al aceptado. Sin embargo, estos pueden disminuirse aumentando el número de parcelas de medición en cada una de las fincas.

Los altos coeficientes de variación obtenidos para las variables de área basal y volumen total, implican irregularidades en el crecimiento de las plantaciones ubicadas en las fincas 6.c y 6.d. Lo anterior se puede explicar basándose en las observaciones de campo, en las cuales se pudo apreciar diferentes condiciones de sitio presentes en ambas fincas, las cuales cuentan con zonas húmedas y suelos mal drenados como los factores que influyen más en el bajo desarrollo de la teca en estas áreas.

Cuadro 20. Valores estadísticos calculados con un 95% de confianza para las variables dasométricas evaluadas en las plantaciones de *Tectona grandis* de la Finca 6. IASA. Panamá. 2001.

Finca	Año de Siembra	n	Variable	Promedio	Desviación Estándar	(%) Error	Coefficiente Variación (%)
6.a	1995	19	DAP (cm)	18.39	1.13	3.46	6.17
			Ht (m)	16.07	0.94	3.29	5.86
			G (m ² /ha)	15.07	2.01	7.49	13.35
			Vt (m ³ /ha)	111.99	19.00	9.52	16.96
	1996	5	DAP (cm)	16.67	1.57	14.74	9.43
			Ht (m)	15.88	1.44	14.16	9.06
			G (m ² /ha)	16.27	3.60	34.56	22.11
			Vt (m ³ /ha)	121.14	36.07	46.54	29.77
6.b	1996	11	DAP (cm)	13.25	1.35	8.11	10.21
			Ht (m)	12.07	1.78	11.74	14.78
			G (m ² /ha)	9.67	2.76	22.65	28.52
			Vt (m ³ /ha)	55.99	21.67	30.73	38.70
6.c	1996	12	DAP (cm)	12.79	1.70	9.97	13.33
			Ht (m)	12.09	2.00	12.36	16.51
			G (m ² /ha)	8.36	3.48	31.11	41.57
			Vt (m ³ /ha)	49.64	27.47	41.43	55.34
6.d	1997	9	DAP (cm)	11.22	2.01	16.46	17.95
			Ht (m)	10.49	2.08	18.21	19.86
			G (m ² /ha)	8.81	3.57	37.11	40.46
			Vt (m ³ /ha)	46.07	25.96	51.68	56.35

El crecimiento de la especie no presenta mucha variabilidad en la plantación establecida en 1995, más bien, presenta un crecimiento homogéneo, de acuerdo con los bajos porcentajes de error y coeficientes de variación obtenidos para todas las variables evaluadas.

Los valores promedios de IMA de las principales variables dasométricas relacionadas con el crecimiento actual de las plantaciones de *Tectona grandis* en la Finca 6 se pueden apreciar en el Cuadro 21.

Cuadro 21. Incremento medio anual para las variables evaluadas en las plantaciones de *Tectona grandis* en la Finca 6. IASA. Panamá. 2001.

FNCA	AÑO DE SIEMBRA	EDAD (años)	ÁRBOLES (N/ha)	IMA-DAP (cm/año)	IMA-HT (m/año)	IMA-G (m ² /ha/año)	IMA-VT (m ³ /ha/año)
6.a	1995	6	562	3.06	2.68	2.51	18.67
	1996	5	728	3.33	3.18	3.25	24.23
6.b	1996	5	676	2.65	2.41	1.93	11.20
6.c	1996	5	600	2.56	2.42	1.67	9.93
6.d	1997	4	840	2.81	2.62	2.20	11.52

Fuente: Datos de campo.

La plantación establecida en 1995 en la Finca 6.a, presenta valores de IMA en las variables evaluadas, que clasifican su crecimiento y productividad en un rango de alto a excelente potencial de crecimiento según González *et al* (1997), y en un rango de alto crecimiento según Vásquez y Ugalde (1995).

La plantación 1996 ubicada en la Finca 6.a, presenta los mejores incrementos de todas las plantaciones de la unidad de manejo de IASA. Según González *et al* (1997), ésta se encuentra en sitios (de excelente crecimiento) capaces de producir incrementos en el DAP y la altura total superiores a 3 cm/año y 3m/año, respectivamente. Además, según Vásquez y Ugalde (1995), se considera que esta misma plantación se encuentra en sitio con alto potencial de rendimiento en cuanto a crecimiento.

Cabe aclarar que a pesar de que las plantaciones 1995 y 1996 de la Finca 6.a se encuentran en los mismos sitios, los resultados obtenidos reflejan mayores incrementos para la plantación de 1996, los cuales están íntimamente relacionados con la densidad actual de la misma. En otras palabras, no es lo mismo un volumen de 121.14 m³/ha a los 5 años, concentrados en 728 árboles, que un volumen de 111.99 m³/ha a los 6 años concentrados en 562 árboles. De ahí, las grandes diferencias en los incrementos del volumen.

Respecto a las plantaciones establecidas en 1996 de las Fincas 6.b y 6.c, es evidente el menor crecimiento de los rodales en comparación con las plantaciones de la misma edad de la finca 6.a. Este rendimiento se ve reflejado claramente en el potencial de crecimiento y productividad de los resultados obtenidos en cuanto al IMA. Es decir, basándose en la clasificación de Vásquez y Ugalde (1995), se puede observar que los lugares donde se encuentran estas plantaciones son sitios de media calidad.

También se hace referencia a la clasificación hecha por González et al (1997), para determinar la clase de crecimiento que están presentando las plantaciones ubicadas en las Fincas 6.b y 6.c. De ahí, se aprecia entonces, que dichas plantaciones se ubican en un rango con alto rendimiento de producción.

Por último, sobre la base de los resultados obtenidos, se puede clasificar el crecimiento actual de las plantaciones de la Finca 6.d, en un rango de rendimiento y productividad medio según Vázquez y Ugalde (1995), y en un alto potencial de crecimiento según González et al (1997).

Crecimiento

A continuación se presenta la tabla de crecimiento (Cuadro 22) generada para plantaciones de *Tectona grandis* de la Finca 6, con base en las mediciones realizadas desde el año 1999 hasta el año 2001

Cuadro 22. Valores promedios por edad de las variables dasométricas evaluadas en las plantaciones de *Tectona grandis* en la Finca 6. IASA. Mediciones 1999-2001. Panamá. 2001.

FINCA	AÑO DE SIEMBRA	EDAD (años)	ÁRBOLES (N/ha)	DAP (cm)	H TOTAL (m)	ÁREA BASAL (m ² /ha)	VOLUMEN (m ³ /ha)
6.a	1995	4	760	13.41	12.38	10.85	63.12
		5	760	16.77	14.13	16.94	111.86
		6	562	18.39	16.07	15.07	111.99
	1996	3	870	11.56	10.87	9.48	48.91
		4	840	15.54	14.36	16.36	110.92
		5	728	16.67	15.88	16.27	121.14
6.b	1996	3	833	8.43	7.53	5.04	18.59
		4	680	11.63	10.02	7.59	36.79
		5	676	13.25	12.07	9.67	55.99
6.c	1996	3	723	7.39	6.68	3.71	13.77
		4	600	10.71	9.12	6.08	28.81
		5	600	12.79	12.09	8.36	49.64
6.d	1997	2	850	6.33	5.56	2.96	9.05
		3	850	9.14	8.07	6.03	25.37
		4	840	11.22	10.49	8.81	46.07

Fuente: Archivos de la empresa y datos de campo.

Las plantaciones mejor manejadas y más productivas tienden a incluirse dentro de unos parámetros bien definidos, o sea, que para el caso en estudio se puede apreciar un potencial alto de rendimiento en las plantaciones 95 y 96 de la Finca 6.a, y un potencial de medio a alto crecimiento y productividad en las plantaciones de las otras fincas.

En las Figuras (4, 5 y 6) se muestra la distribución del crecimiento respecto a la edad, de las variables (diámetro, área basal y volumen total) silviculturales evaluadas en la Finca 6.

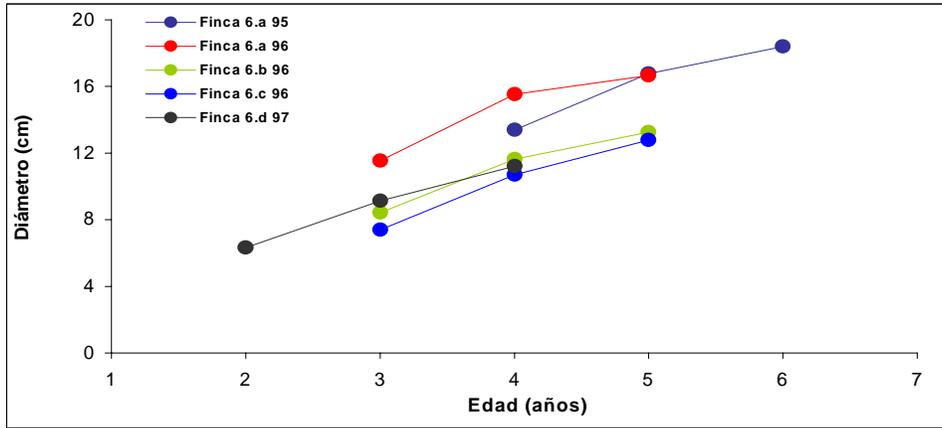


Figura 4. Distribución del diámetro promedio por edad para plantaciones de *Tectona grandis* en la Finca 6. IASA. Mediciones 1996-2001. Panamá. 2001. **Fuente:** Cuadro 22.

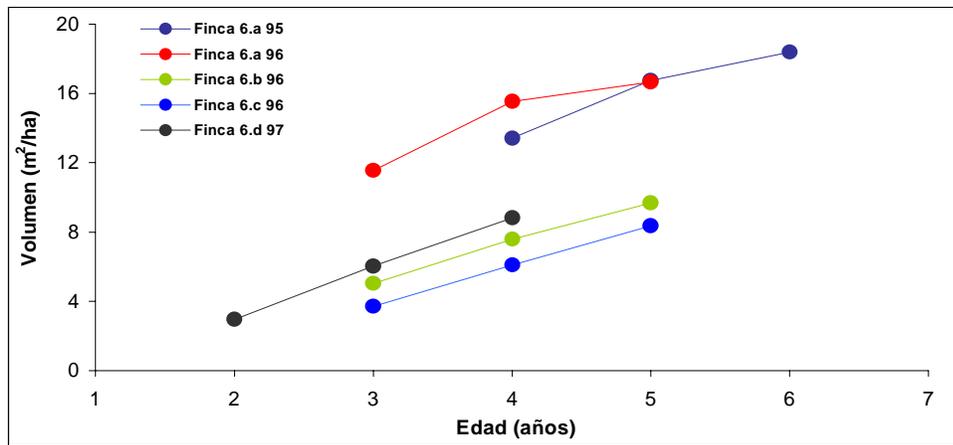


Figura 5. Distribución del área basal promedio por edad para plantaciones de *Tectona grandis* en la Finca 6. IASA. Mediciones 1996-2001. Panamá. 2001. **Fuente:** Cuadro 22.

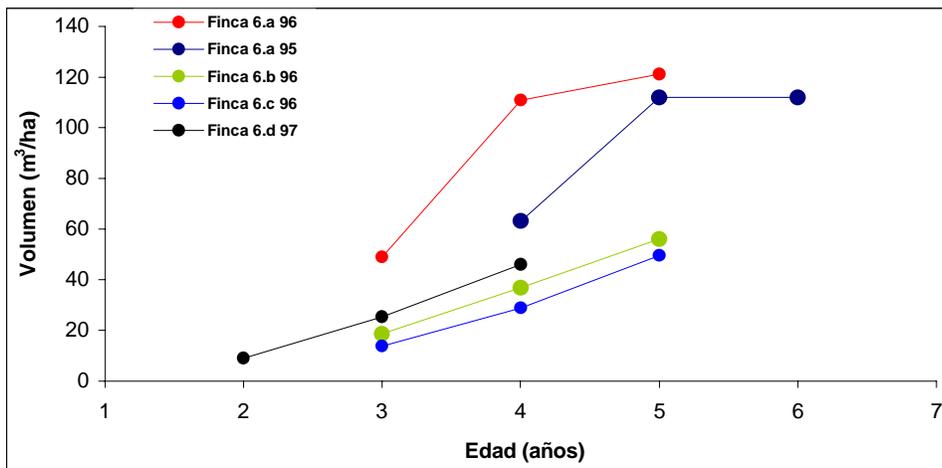


Figura 6. Distribución del volumen promedio por edad para plantaciones de *Tectona grandis* en la Finca 6. IASA. Mediciones 1996-2001. Panamá. 2001. **Fuente:** Cuadro 22.

Como se nota en las figuras anteriores, el potencial de crecimiento y productividad mostrado por las plantaciones ubicadas en la Finca 6.a ha sido superior al de las demás en todas sus etapas de desarrollo. Esto está en función principalmente de la calidad de los sitios donde se encuentra área.

En el siguiente cuadro se presentan los resultados obtenidos del incremento medio anual alcanzado por edad en las plantaciones de teca de la Finca 6.

Cuadro 23. Incremento medio anual por edad para las variables evaluadas en las plantaciones de *Tectona grandis* en la Finca 6. IASA. Mediciones 1999-2001. Panamá. 2001.

FINCA	AÑO DE SIEMBRA	EDAD (años)	IMA-DAP (cm/año)	IMA-HT (m/año)	IMA-G (m ² /ha/año)	IMA-VT (m ³ /ha/año)
6.a	1995	4	3.35	3.10	2.71	15.78
		5	3.35	2.83	3.39	22.37
		6	3.06	2.68	2.51	18.67
	1996	3	3.85	3.62	3.16	16.30
		4	3.88	3.59	4.09	27.73
		5	3.33	3.18	3.25	24.23
6.b	1996	3	2.81	2.51	1.68	6.20
		4	2.91	2.51	1.90	9.20
		5	2.65	2.41	1.93	11.20
6.c	1996	3	2.46	2.23	1.24	4.59
		4	2.68	2.28	1.52	7.20
		5	2.56	2.42	1.67	9.93
6.d	1997	2	3.16	2.78	1.48	4.52
		3	3.05	2.69	2.01	8.46
		4	2.81	2.62	2.20	11.52

Fuente: Cuadro 22.

Cabe señalar, de acuerdo a lo observado en el campo, que los lugares donde se encuentran las plantaciones de los bloques 6.b, 6.c y 6.d, presentan algunas áreas húmedas que no permiten el óptimo desarrollo de la especie y en consecuencia afectan los incrementos en área basal y volumen total alcanzados por la masa forestal presente en ellas.

Como es sabido, la especie *Tectona grandis* no soporta suelos húmedos y mal drenados. Posiblemente estas son las características de estas tierras en invierno que en extremo llegan hasta inundarse. Razón por la cual, a pesar de que también estos bloques cuentan con sitios de buena calidad no se ven mayormente representados. La realidad es que generalmente las parcelas de medición fueron establecidas a la orilla del camino y en lugares de buen crecimiento, sin tomar en cuenta que estaba pasando con el crecimiento de los árboles en los sitios pobres y en el interior de las plantaciones.

Actualmente se cuenta con un muestreo más representativo del área plantada, de ahí que los resultados obtenidos evidencien mejor el crecimiento general de cada bloque y en consecuencia se presentan situaciones de lugares muy buenos como la Finca 6.a, y lugares de menor potencial como las otras áreas evaluadas en la Finca 6.

FINCA 7

Estado actual

Los resultados del análisis estadístico realizado para las variables relacionadas con el crecimiento actual de las plantaciones de teca de la Finca 7, se presentan en el Cuadro 24 y están basados en la información generada a partir de las mediciones efectuadas en el año 2001.

Cuadro 24. Valores de las variables estadísticas calculadas con un 95% de confianza para las plantaciones de *Tectona grandis* establecidas en 1997 en la Finca 7. IASA. Panamá. 2001.

Finca	Año De Siembra	n	Variable	Promedio	Desviación Estándar	(%) Error	Coefficiente Variación (%)
7.a	1997	31	DAP (cm)	12.57	1.42	4.77	11.27
			Ht (m)	11.95	1.49	5.28	12.45
			G (m ² /ha)	7.88	2.41	12.97	30.60
			Vt (m ³ /ha)	45.17	18.82	17.66	41.66
7.b	1997	8	DAP (cm)	14.49	1.50	10.40	10.35
			Ht (m)	13.52	0.79	5.90	5.88
			G (m ² /ha)	8.42	1.30	15.47	15.40
			Vt (m ³ /ha)	53.10	9.75	18.44	18.36

Como aspecto importante se debe especificar que a pesar de que la plantación 1999 no cuenta con el área para ser muestreada, en este caso se montó una PPM en vista de que corresponde a una hectárea plantada como ensayo, utilizando semilla producida en las plantaciones de la Finca 1, por lo que sería interesante monitorear el comportamiento de su crecimiento.

Los bajos porcentajes de error obtenidos, confirman que las plantaciones de teca establecidas en la Finca 7, presentan un crecimiento homogéneo. Sin embargo, en el caso de la Finca 7.a el coeficiente de variación obtenido en la variable de volumen total indica que existen ciertas irregularidades en crecimiento de la especie en esta área.

Para mejorar la variación encontrada en el crecimiento de las plantaciones del año 97 en la Finca 7.a, se recomienda realizar una estratificación de éstas, con el fin de determinar en el campo las zonas que presentan estas irregularidades.

A continuación se presentan los resultados del IMA obtenidos para las principales variables relacionadas con el crecimiento de *Tectona grandis* en la Finca 7 (Cuadro 25).

Cuadro 25. Incremento medio anual de las principales variables relacionadas con el crecimiento actual de las plantaciones de *Tectona grandis* en la Finca 7. IASA. Panamá. 2001.

FINCA	AÑO DE SIEMBRA	EDAD (años)	DAP (cm)	H TOTAL (m)	ÁREA BASAL (m ² /ha)	VOLUMEN (m ³ /ha)
7.a	1997	4	3.15	3.01	1.97	11.29
	1998	3	2.55	2.21	0.96	3.05
	1999	2	2.48	2.26	0.73	1.64
7.b	1997	4	3.58	3.38	2.11	13.28

Fuente: Datos de campo.

Las plantaciones establecidas en 1997 en ambos bloques presentan ligeras diferencias en el crecimiento, sin embargo, estas diferencias permiten clasificar el rendimiento obtenido para cada área en diferentes clases de crecimiento, de esta manera, por ejemplo comparando los incrementos obtenidos para el área basal, puede considerarse a Finca 7.b en un rango de alto crecimiento y a la Finca 7.a en un rango de medio rendimiento, según Vásquez y Ugalde (1995). De acuerdo con Gonzáles *et al* (1997) ambas plantaciones se ubican en sitios con excelente potencial de crecimiento.

Es importante apreciar que los mayores incrementos obtenidos en la plantación 97 de la Finca 7.b, se da en un menor número de árboles, o sea, hay menor número de árboles que presentan mayores dimensiones en diámetro y en altura y por lo tanto mayor volumen distribuido en una menor cantidad de individuos.

La notable mortalidad que presenta la plantación 98, esta influyendo directamente en el crecimiento de la misma, ya que provoca un desestímulo en la competencia que necesariamente debe existir en plantaciones de temprana edad. Esta mortalidad esta asociada a la calidad de sitio donde se encuentra dicha plantación, pues son lugares con alta humedad, que a pesar de ser profundos carecen de un buen drenaje natural. Por lo tanto al clasificar el rendimiento de esta plantación en cuanto a crecimiento se refiere, se puede considerar en un rango de medio potencial de productividad, según Vásquez y Ugalde (1995).

La plantación 99 es un ensayo, y por lo tanto el muestreo de su comportamiento es de gran importancia para la empresa. Al ser una plantación muy joven debe considerarse su desarrollo actual en función de que se le haya brindado el manejo (chapeas, rodajea) en el momento oportuno, pues es de vital importancia para lograr una buena respuesta de su parte. Por lo tanto, se clasifica el crecimiento de esta plantación en función de los incrementos obtenidos en las variables de DAP y altura total. De ahí, se tiene entonces que de acuerdo con ambas clasificaciones utilizadas, esta plantación presenta un alto potencial de crecimiento.

Crecimiento

Los valores promedios de las principales variables dasométricas relacionadas con el crecimiento de las plantaciones de *Tectona grandis* de la Finca 7 se pueden apreciar en los Cuadros 26 y 27.

Cuadro 26. Valores promedios por edad de las variables dasométricas evaluadas para las plantaciones de *Tectona grandis* en la Finca 7. IASA. Mediciones 1999-2001. Panamá. 2001.

FINCA	AÑO DE SIEMBRA	EDAD (años)	ÁRBOLES (N/ha)	DAP (cm)	H TOTAL (m)	ÁREA BASAL (m ² /ha)	VOLUMEN (m ³ /ha)
7.a	1997	2	732	6.87	6.35	2.89	9.39
		3	735	9.86	8.86	5.86	25.55
		4	613	12.59	12.02	7.88	45.17
	1998	3	610	7.64	6.64	2.88	9.15
	1999	2	740	4.97	4.53	1.47	3.28
7.b	1997	2	740	7.36	6.84	3.22	10.37
		3	715	11.18	9.16	7.15	30.71
		4	535	14.31	13.52	8.42	53.10

Fuente: Archivos de la empresa y datos de campo.

Cuadro 27. Incremento medio anual por edad para las variables evaluadas en las plantaciones de *Tectona grandis* en la Finca 7. IASA. Mediciones 1999-2001. Panamá. 2001.

FINCA	AÑO DE SIEMBRA	EDAD (años)	IMA-DAP (cm/año)	IMA-HT (m/año)	IMA-G (m ² /ha/año)	IMA-VT (m ³ /ha/año)
7.a	1997	2	3.43	3.17	1.44	4.69
		3	3.29	2.95	1.95	8.52
		4	3.15	3.01	1.97	11.29
	1998	3	2.55	2.21	0.96	3.05
	1999	2	2.48	2.26	0.73	1.64
7.b	1997	2	3.68	3.42	1.61	5.19
		3	3.73	3.05	2.38	10.24
		4	3.58	3.38	2.11	13.28

Fuente: Cuadro 26.

Las plantaciones establecidas en 1997 en ambas fincas presentan diferencias de crecimiento en sus edades de desarrollo; lo cual se atribuye a la calidad de los sitios donde se ubican y las intervenciones silviculturales efectuadas.

En general, de acuerdo a lo observado en el campo, se puede considerar bueno el crecimiento que presentan las plantaciones establecidas en la Finca 7. A excepción de algunos sitios con alta humedad y suelos mal drenados del bloque 7.b, que presentan crecimientos pobres, en cuyos casos, en vista de que son sitios con bajos rendimientos, lo recomendable es sustituir con especies nativas que se adapten a estas condiciones de suelos.

COMPARACIÓN DEL CRECIMIENTO ENTRE FINCAS

Estado actual

Para ilustrar la gran diversidad en crecimiento de la especie en la unidad de manejo de IASA, en el cuadro 28 se presenta, en forma resumida, la información sobre el crecimiento de las plantaciones de teca ubicadas en las provincias de Panamá y Darién, los cuales encierran variadas condiciones de sitio que van desde buenas hasta malas. Los sitios con mejores incrementos se encuentran en la Finca 6.a y corresponden a las plantaciones establecidas en 1995 y 1996.

Cuadro 28. Incremento medio anual de las principales variables relacionadas con el crecimiento de las plantaciones de *Tectona grandis* que conforman la unidad de manejo de IASA. Panamá. 2001.

FINCA	AÑO DE SIEMBRA	EDAD (años)	ÁRBOLES (N/ha)	IMA-DAP (cm/año)	IMA-HT (m/año)	IMA-G (m ² /ha/año)	IMA-VT (m ³ /ha/año)
1	1993	8	480	2.23	2.09	1.49	11.66
	1994	7	581	2.27	2.30	1.69	13.25
	1995	6	549	2.72	2.75	1.95	15.45
	1998	3	693	1.77	1.86	0.58	1.92
2	1995	6	600	2.76	2.58	2.17	15.90
3	1995	6	620	2.53	2.31	1.81	11.93
	1996	5	640	2.70	2.74	1.88	12.53
4	1997	4	627	2.43	2.36	1.21	6.08
5	1993	8	360	2.63	2.19	1.61	12.96
	1994	7	400	2.66	2.37	1.58	12.20
	1995	6	533	2.97	2.71	2.23	16.94
	1997	4	818	2.77	2.74	2.04	10.93
	1998	3	580	2.46	1.99	0.84	2.37
6.a	1995	6	562	3.06	2.68	2.51	18.67
	1996	5	728	3.33	3.18	3.25	24.23
6.b	1996	5	676	2.65	2.41	1.93	11.20
6.c	1996	5	600	2.56	2.42	1.67	9.93
6.d	1997	4	840	2.81	2.62	2.20	11.52
7.a	1997	4	613	3.15	3.01	1.97	11.29
	1998	3	610	2.55	2.21	0.96	3.05
	1999	2	740	2.48	2.26	0.73	1.64
7.b	1997	4	535	3.58	3.38	2.11	13.28

Fuente: Anexos, Cuadro 4.

Los más bajos incrementos se dan en las plantaciones más jóvenes (1998 y 1999). Sin embargo, según la experiencia de la empresa y de acuerdo a los resultados obtenidos este es un comportamiento normal de las plantaciones de IASA, las cuales al inicio de su desarrollo (1 a 4 años de edad) tienden a crecer poco, pero luego de superada esta etapa su crecimiento incrementa notablemente. En el caso de las plantaciones establecidas en 1999

es lógico encontrar bajos incrementos en volumen, pues solamente alcanzan un año de edad.

Los resultados obtenidos y las observaciones de campo indican, que las plantaciones establecidas en 1998 en las diferentes fincas, presentan en general una alta mortalidad (56.5% en promedio), la cual como se ha explicado antes corresponde a diferentes condiciones de sitio (capas de suelo compactas, fuertes pendientes, zonas húmedas y suelos con dificultad de drenaje) según el lugar donde se ubican mismas.

Esta alta mortalidad a edades tan tempranas (3 años), evidentemente esta influyendo en el crecimiento de los individuos, pues no se está estimulando la competencia que necesariamente debe existir en esta etapa del desarrollo inicial de los individuos y por lo tanto es normal encontrar incrementos bajos en la altura total de los árboles.

Sin tomar en cuenta las plantaciones menores a 3 años de edad, se puede apreciar un comportamiento general del IMA en volumen total que va desde 9.93 m³/ha/año hasta 24.23 m³/ha/año para plantaciones que presentan entre 4 y 8 años de edad. Y como se puede notar estos valores mínimo y máximo se presenta en los bloques 6.c y 6.a de la Finca 6, respectivamente. Lo que implica que existen condiciones de sitio muy irregulares a pesar de estar en la misma localidad.

Crecimiento

A continuación se presenta la tabla de crecimiento para las plantaciones de teca propiedad de IASA, generada a partir de los valores promedios obtenidos para las diferentes edades de todas las fincas, utilizando la información recopilada de las mediciones efectuadas desde el año 1996 hasta el año 2001. Al ponderar los valores obtenidos en las diferentes edades de cada una de las fincas se produce un resultado promedio del crecimiento alcanzado por las diferentes plantaciones en cada una de sus etapas de desarrollo, para determinar cual ha sido el potencial de crecimiento y productividad de la unidad de manejo de IASA (Cuadro 29).

Cuadro 29. Valores promedios por edad de las variables dasométricas evaluadas para las plantaciones de *Tectona grandis* que conforman la unidad de manejo de IASA. Mediciones 1996-2001. Panamá. 2001.

EDAD (años)	ÁRBOLES (N/ha)	DAP (cm)	H TOTAL (m)	ÁREA BASAL (m ² /ha)	VOLUMEN (m ³ /ha)
1	1024	1.83	2.46	0.27	0.66
2	839	6.24	5.88	2.73	8.42
3	783	8.71	8.06	5.20	22.19
4	729	12.03	11.09	8.71	48.60
5	697	13.85	12.81	11.04	69.72
6	594	16.10	14.93	12.16	86.68
7	500	16.92	15.79	11.17	83.29
8	420	19.44	17.14	12.40	98.48

Fuente: Anexos, Cuadro 4.

A continuación se presentan las curvas de crecimiento para diámetro, área basal y volumen total (Figuras 7, 8 y 9), generadas en el presente estudios para las plantaciones de teca que conforman la unidad de manejo de IASA.

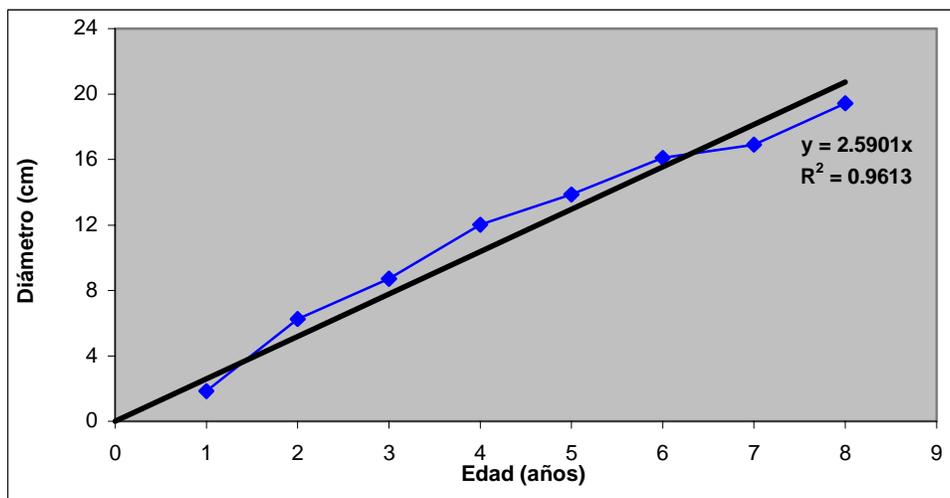


Figura 7. Distribución del diámetro promedio por edad para plantaciones de *Tectona grandis*. IASA. Mediciones 1996-2001. Panamá. 2001. **Fuente:** Cuadro 29.

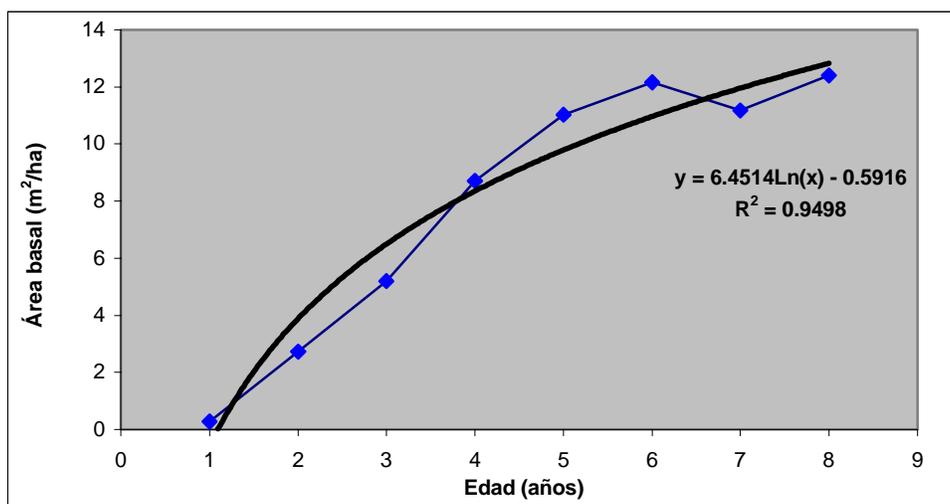


Figura 8. Distribución del área basal promedio por edad para plantaciones de *Tectona grandis*. IASA. Mediciones 1996-2001. Panamá. 2001. **Fuente:** Cuadro 29.

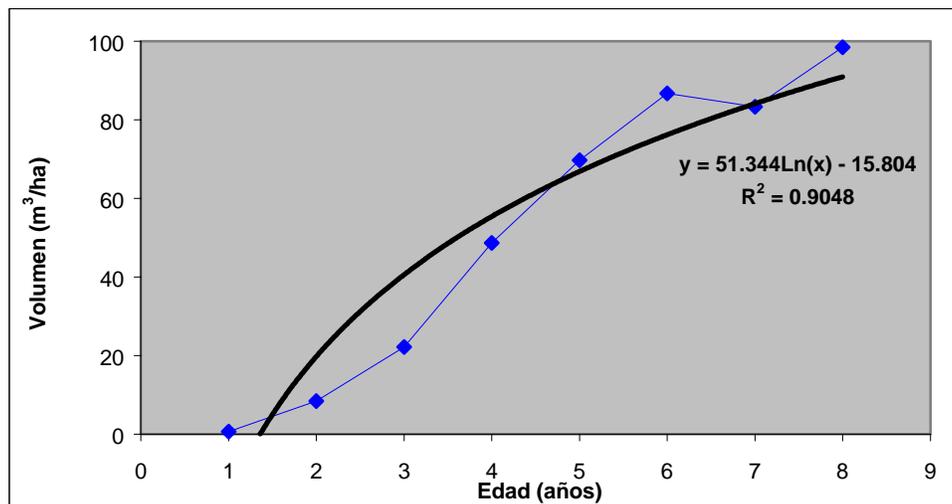


Figura 9. Distribución del volumen promedio por edad para plantaciones de *Tectona grandis*. IASA. Mediciones 1996-2001. Panamá. 2001. Fuente: Cuadro 29.

De acuerdo con las figuras anteriores, se puede notar que esta especie está en alcanzando a los ocho años de edad, DAP promedio de 19.44 cm, área basal promedio de 12.40 m²/ha y volumen total de 98.48 m³/ha. Se obtiene por tanto que los crecimientos mostrados para un menor número de árboles/ha (ver Cuadro 29), superan los valores existentes antes del raleo. Lo anterior es una muestra clara de la buena respuesta de los rodales a las intervenciones silviculturales efectuadas.

El Cuadro 30 muestra el IMA por edad obtenido para las variables evaluadas en las plantaciones de teca que componen la unidad de manejo de IASA.

Cuadro 30. Incremento medio anual por edad de las principales variables relacionadas con el crecimiento de las plantaciones de *Tectona grandis* que conforman la unidad de manejo de IASA. Panamá. 2001.

EDAD (años)	ÁRBOLES (N/ha)	IMA-DAP (cm/año)	IMA-HT (m/año)	IMA-G (m ² /ha/año)	IMA-VT (m ³ /ha/año)
1	1024	1.83	2.46	0.27	0.66
2	839	3.12	2.94	1.37	4.21
3	783	2.90	2.69	1.73	7.40
4	729	3.01	2.77	2.18	12.15
5	697	2.77	2.56	2.21	13.94
6	594	2.68	2.49	2.03	14.45
7	500	2.42	2.26	1.60	11.90
8	420	2.43	2.14	1.55	12.31

Fuente: Cuadro 29.

De acuerdo con la clasificación de González *et al* (1997), en general el crecimiento de las plantaciones de la unidad de manejo de IASA presentan un potencial de crecimiento clasificado en un rango de alto rendimiento.

Al clasificar estas mismas plantaciones, primero de 1 a 4 años de edad y luego de 4 a 8 años, se pueden notar algunas diferencias significativas en el comportamiento del crecimiento a través del tiempo. Al analizar la variable IMA en volumen total claramente se observa que de acuerdo con Vásquez y Ugalde (1995), el crecimiento entre 1 y 4 años se ubica en un rango de bajo a medio potencial y luego se estabiliza en un medio potencial de rendimiento de los 4 a los 8 años.

Es importante tomar en cuenta que un valor ponderado de esta gran variedad de crecimientos, donde se están promediando diferentes condiciones y calidades de plantaciones, no muestra una representatividad mayor a los valores obtenidos para cada plantación dentro de cada finca específica.

Con el reciente análisis del crecimiento, se ha generado información valiosa a través del monitoreo de las parcelas permanentes de medición existentes y nuevas. Esta información describe el comportamiento de esta especie desde un año de edad hasta ocho años como máxima edad alcanzada por estas plantaciones. Por lo tanto actualmente la empresa cuenta con una herramienta para prescribir el manejo futuro que deberá aplicársele a cada área en cuestión, con el fin de alcanzar los rendimientos deseados para el turno final de cosecha.

En todo caso si se quiere tener un valor más representativo del crecimiento de las plantaciones de teca, lo más recomendable es realizar una estratificación de todas las plantaciones contenidas en la unidad de manejo de la empresa. Dicha estratificación debe hacerse por bloque plantado para identificar los sitios que presentan malos, medio y buenos potenciales de crecimiento.

EFEECTO DE LOS RALEOS REALIZADOS

Con base en los resultados del análisis de crecimiento de las plantaciones, se realiza una evaluación de las intervenciones silviculturales de raleo llevadas a cabo en las diferentes plantaciones de las fincas de IASA. Como ejemplo se presentan los resultados obtenidos del análisis de crecimiento para las plantaciones 95 y 96 de la Finca 6.a (Cuadro 31).

Cuadro 31. Valores promedios de las variables dasométricas evaluadas en el análisis de crecimiento realizado para las plantaciones de *Tectona grandis* de la Finca 6.a. IASA. Panamá. 20001.

AÑO DE SIEMBRA	EDAD (años)	ÁRBOLES (N/ha)	DAP (cm)	H TOTAL (m)	ÁREA BASAL (m ² /ha)	VOLUMEN (m ³ /ha)
1995	4	760	13.41	12.38	10.85	63.12
	5	760	16.77	14.13	16.94	111.86
	6	562	18.39	16.07	15.07	111.99
1996	3	870	11.56	10.87	9.48	48.91
	4	840	15.54	14.36	16.36	110.92
	5	728	16.67	15.88	16.27	121.14

Fuente: Cuadro 22.

De acuerdo con el plan de raleos de la empresa, la plantación 95 debió ser raleada en el año 1998, sin embargo en el mismo se especifica que dicha intervención se realizó hasta el año 2000 hasta completar un 50% de intensidad. Dicho atraso se debió a que todavía la empresa estaba en proceso de planificación.

Con base en lo anterior y de acuerdo a los resultados obtenidos, se puede apreciar que efectivamente la plantación 95 recibió un raleo del 17,8% de intensidad en el año 2000 (5 años de edad), eliminándose 198 árboles por hectárea.

Un año después de la intervención, la plantación 95 con 562 casi ha recuperado su área basal y ha superado el volumen, existentes antes del raleo, lo que implica que existe una excelente respuesta al raleo efectuado, por lo tanto actualmente se cuenta con mayor volumen de madera por hectárea distribuido en un menor número de árboles de mejor calidad.

Al igual que la plantación 95, en la plantación 96, el raleo se atrasó para un mejor planeamiento de las operaciones futuras, de ahí que dicha plantación recibiera un raleo con un 33% de intensidad en el año 2000, el cual muestra en el año 2001 (5 años de edad) una excelente respuesta, pues, prácticamente se ha alcanzado el área basal y se ha superado en 10.22 m³/ha el volumen existente antes de la intervención realizada.

El raleo es una actividad silvicultural necesaria en plantaciones forestales con fines de producción de madera, cuya finalidad es concentrar el potencial de crecimiento en un menor número de árboles de mayor calidad, al eliminar los individuos defectuosos o de poco crecimiento.

Con esto se busca obtener al final del turno de rotación, la mayor cantidad de volumen (materia prima) concentrada en el menor número de árboles posible. Por lo tanto, esta actividad debe realizarse en el momento oportuno para obtener respuestas favorables en el crecimiento de los árboles remanentes.

Cabe señalar que en el caso de los ejemplos anteriores se obtuvo una respuesta positiva en el crecimiento diametral y volumétrico de las plantaciones después de las intervenciones de aclareo.

Lastimosamente, los resultados obtenidos para otras fincas con plantaciones de mayor edad, como es el caso de la Finca 1, no muestran un comportamiento representativo del efecto de los raleos efectuados en ellas. Debido principalmente a errores en las mediciones de años anteriores y descuidos en el manejo silvicultural de algunas parcelas que no fueron raleadas con el resto de la plantación y por lo tanto no muestran representatividad del crecimiento alcanzado por el rodal. A pesar de que su finalidad primordial es describir el comportamiento de las plantaciones y su capacidad de respuesta a las intervenciones realizadas.

Hay que recordar, que *Tectona grandis* es una especie de mucho cuidado en cuanto a manejo silvicultural se refiere, y así como responde favorablemente cuando se abre el dosel en el tiempo oportuno, también cuando se atrasan las labores de raleo, su crecimiento y vigor se ven severamente afectados (Meza, 2000).

Por lo anterior, es importante de ahora en adelante corregir los errores y darle a las PPM el mismo manejo que se le brinda al rodal, para tener una mejor valoración y evaluación del comportamiento de las plantaciones en el futuro. Solamente dándole la importancia que merecen las PPM, es como se pueden obtener resultados representativos y confiables en estudios y análisis posteriores.

De acuerdo con Meza (2000), la mejor forma de programar los raleos es conociendo el crecimiento de la plantación, lo que se logra estableciendo parcelas de medición, para luego generar los modelos de crecimiento propios de cada proyecto. A esto cabe agregar, que las parcelas permanentes de medición no son establecidas para representar condiciones diferentes, por tanto deben recibir igual manejo silvicultural que el resto de la plantación, a menos que se trate de parcelas testigo.

AJUSTE AL PLAN DE RALEOS DE IASA

En el Cuadro 32 se presenta un resumen de los raleos a ejecutar en el año 2002 para las plantaciones de *Tectona grandis* en cada una de las fincas que conforman la unidad de manejo de IASA, de acuerdo con el ajuste realizado.

Cuadro 32. Área a ralear por finca en el año 2002, en las plantaciones de *Tectona grandis*. IASA. Panamá. 2001.

Finca	Año de Plantación	Área (Ha)	Tipo de Intervención	Intensidad Acumulada (%)
1	1993	63.60	Tercer raleo	62.5
	1994	188.83	Tercer raleo	62.5
	1995	61.82	Tercer raleo	62.5
	1996	4.38	Segundo raleo	50
Total Finca 1		318.63		
2	1995	8.73	Tercer raleo	62.5
	1997	3.27	Tercer raleo	62.5
Total Finca 2		12.00		
3	1994	3.42	Tercer raleo	62.5
	1996	4.00	Segundo raleo	50
	1997	76.22	Segundo raleo	50
Total Finca 3		83.64		
4	1995	14.36	Segundo raleo	50
	1996	16.26	Segundo raleo	50
Total Finca 4		31.33		
5	1993	10.32	Tercer raleo	62.5
	1994	17.32	Tercer raleo	62.5
	1995	28.57	Tercer raleo	62.5
	1997	66.23	Segundo raleo	50
	1998	3.87	1° y 2° raleo	50
Total Finca 5		126.31		
6	1995	96.75	Tercer raleo	62.5
	1996	151.45	Segundo raleo	50
	1997	36.46	1° y 2° raleo	50
Total Finca 6		284.66		
7	1995	1.98	Tercer raleo	62.5
	1997	203.87	Segundo raleo	50
	1998	9.01	Segundo raleo	50
Total Finca 7		214.86		
Total General		1071.43		

Del total del área, 63.60 hectáreas plantadas en el año 1993 en la Finca 1 corresponden a Clase de Sitio II, así como las 36.46 ha establecidas en 1997 en la Finca 6 (específicamente en Finca 6.d). El resto del área corresponde a Clase de Sitio I.

TAMAÑO Y NUMERO DE TROZAS POR ARBOL

Basándose en los resultados del análisis de crecimiento y el ajuste del plan de raleos, se determinó el tamaño y número de trozas a obtener por cada árbol a cortar en las intervenciones a realizar para las plantaciones de *Tectona grandis* de la unidad de manejo de IASA.

Los Cuadros 33 y 34, muestran un ejemplo de los resultados obtenidos por las dos clases de sitio existentes en las fincas de IASA.

NUMERO DE TROZAS Y VOLUMEN POR HECTAREA

A partir del conocimiento del tamaño de las trozas que aportará cada árbol en cada intervención, se determinaron el número de trozas y el volumen que se obtendrá en una hectárea, clasificado diametricamente.

Una muestra de los resultados se presenta por clase de sitio en los Cuadros 35 y 36.

Cuadro 33. Número de árboles cortados y determinación del diámetro menor de las trozas de las plantaciones de *Tectona grandis* establecidas en 1994 (categoría de sitio I) en la Finca 1. IASA. Panamá. 2001.

AÑO DE INTERV.	FRD	TIPO DE INTERV.	DENSIDAD	DAP	ALTURA TOTAL	ARBOLES CORTADOS	DIAMETRO MENOR DE LAS TROZAS DE 2.5 m. DE LONGITUD								
							PRIMERA	SEGUNDA	TERCERA	CUARTA	QUINTA	SEXTA	SETIMA		
0			1111												
3	1.2591	Raleo 33%	1000	8.3	7.9	330	6.42	3.27							
5	1.1863	Raleo 17 %	670	12.1	11.5	170	10.32	7.35	4.39						
8	1.0722	Raleo 62.5%	581	15.9	16.1	165	14.29	11.61	8.93	6.25	3.57				
14	1.6693	Raleo 82.5 %	416	32.1	20.5	208	29.55	25.37	21.20	17.03	12.85	8.68			
18	1.8455	Cosecha 100 %	208	41.0	23.5	208	38.20	33.59	28.97	24.36	19.75	15.13	10.52	5.91	

Cuadro 34. Número de árboles cortados y determinación del diámetro menor de las trozas de las plantaciones de *Tectona grandis* establecidas en 1993 (categoría de sitio II) en la Finca 1. IASA. Panamá. 2001.

AÑO DE INTERV.	FRD	TIPO DE INTERV.	DENSIDAD	DAP	ALTURA TOTAL	ARBOLES CORTADOS	DIAMETRO MENOR DE LAS TROZAS DE 2.5 m. DE LONGITUD								
							PRIMERA	SEGUNDA	TERCERA	CUARTA	QUINTA	SEXTA	SETIMA		
0			1111												
4	1.6829	Raleo 50%	1000	13.8	9.5	500	11.28	7.07							
9	1.1534	Raleo 62.5 %	480	17.8	16.75	64	16.09	13.21	10.32						
12	1.3333	Raleo 81.22 %	416	26.4	21.1	208	24.40	21.07	17.73	14.40	11.07	7.73			
20	1.6723	Cosecha 100 %	208	39.3	24.8	208	36.79	32.61	28.43	24.25	20.07	15.89	11.71	7.53	

Cuadro 35. Número de trozas y volumen esperado por clase diámetrica para cada una de las intervenciones de las plantaciones de *Tectona grandis* establecidas en 1994 (categoría de sitio I) en la Finca 1. IASA. Panamá. 2001.

AÑO DE INTERV.	5 - 9.99		10 - 14.99		15 - 19.99		20 - 24.99		25 - 29.99		30 - 34.99		35 - 39.99		Total trozas aserrables	Total volumen aserrable (m ³ /ha)
	TROZAS	M3	TROZAS	M3	TROZAS	M3	TROZAS	M3	TROZAS	M3	TROZAS	M3	TROZAS	M3		
3	330.0	1.6													0.0	0.0
5	170.0	2.7	170.0	4.7											170.0	4.7
8	330.0	10.8	330.0	26.9											330.0	26.9
14	208.0	4.9	208.0	9.3	208.0	15.1	208.0	22.3	416.0	144.0					1040.0	190.7
18	208.0	3.0	208.0	6.9	416.0	65.4	208.0	29.2	208.0	40.2	208.0	52.8	208.0	67.2	1456.0	261.8

Cuadro 36. Número de trozas y volumen esperado por clase diámetrica para cada una de las intervenciones de las plantaciones de *Tectona grandis* establecidas en 1993 (categoría de sitio II) en la Finca 1. IASA. Panamá. 2001.

AÑO DE INTERV.	5 - 9.99		10 - 14.99		15 - 19.99		20 - 24.99		25 - 29.99		30 - 34.99		35 - 39.99		Total trozas aserrables	Total volumen aserrable (m ³ /ha)
	TROZAS	M3	TROZAS	M3	TROZAS	M3	TROZAS	M3	TROZAS	M3	TROZAS	M3	TROZAS	M3		
4	500.0	8.7	500.0	7.1											500.0	7.1
9			128.0	9.0	64.0	1.7									192.0	10.7
12	208.0	3.7	416.0	34.8	208.0	6.2	416.0	172.1							1040.0	213.0
20	208.0	4.0	208.0	7.9	208.0	13.4	416.0	97.4	208.0	38.2	208.0	49.3	208.0	61.9	1456.0	268.2

PROYECCION DE MATERIA PRIMA POR FINCA PARA LA CLASE DE SITIO I

FINCA 1

Los resultados obtenidos de la proyección de materia prima para la Finca 1 (Cuadro 37), sugieren para el año 2002 un volumen aprovechable de 6522.4 m³ provenientes del raleo al 62.5% a efectuarse en las plantaciones 94 y 95, así como del raleo de ajuste al 50% en la plantación 96. Como se puede observar, estas intervenciones sólo producirán trozas entre 10 y 14.99 cm de diámetro.

A partir del año 2002 hasta el año 2007 se da una disminución de la cantidad de volumen aserrable, debido a que las plantaciones a relevar presentan menores áreas.

En el año 2008 se aplicará la cuarta intervención (81.22% de la densidad inicial) en las 188.8 hectáreas plantadas en el 94, de la cual se esperan aproximadamente 196383.2 trozas para un volumen de 36000.8 m³ de madera aserrable. Es importante señalar que para este raleo el 60.0% de las trozas estarán arriba de los 20 cm de diámetro en la cara menor, lo que implica así mismo, que el 87.2% del volumen aprovechable provendrá de trozas de mayor calidad.

Como se nota en el Cuadro 37, el año de mayor producción para IASA de acuerdo con la actual proyección es el 2012, pues la plantación establecida en 1994 alcanzará su turno final de cosecha y además, se aplicará el cuarto raleo en las 107.2 hectáreas plantadas en el 1998. Por lo tanto, en total se producirán 386424.5 trozas aserrables para un volumen de 69865.6 m³ de madera aprovechable. En esta ocasión el 65.5% del volumen aserrable se concentrará en 162425 trozas superiores a 25 centímetros de diámetro en la cara menor, o sea, un 42% del total de trozas aserrables.

FINCA 2

De acuerdo con los ajustes realizados en el plan de raleos de la empresa, las plantaciones 95 y de esta finca serán llevadas a un 62.5% de la densidad inicial en el año 2002. Como se puede notar en el caso de la plantación 95 se está adelantando en un año la tercera intervención (Cuadro 38).

De acuerdo con la proyección actual, del raleo a efectuar en el 2002 no se obtendrán trozas aserrables superiores a 10 cm de diámetro en la cara menor, por lo tanto esta intervención producirá aproximadamente 3768.5 trozas para un volumen de 297.7 m³ de madera aserrable.

En el año 2009, la plantación 95 alcanzará 14 años de edad y por lo tanto debe recibir una cuarta intervención para dejar en pie solamente un 18.78 % de los árboles iniciales. Este raleo proporcionará trozas aserrables hasta un máximo de 25 centímetros de diámetro en la cara menor, de las cuales se obtendrá un volumen aproximado de 1664.4 m³ de madera aprovechable. El turno final para esta plantación está proyectado para el año 2013.

FINCA 3

En el caso de la Finca 3, las proyecciones realizadas sugieren 76.7 m³ aserrables en el 2002, provenientes del raleo de ajuste al 62.5% en las 3.4 hectáreas plantadas en 1994. Cabe notar que aunque se realice en este mismo año un raleo de ajuste al 50% en las plantaciones 96 y 97, dicho raleo no proporcionará trozas aserrables, pues todas se ubican en la categoría de 5 a 9.99 cm de diámetro (Cuadro 39).

Para el año 2005 se proyecta el raleo de ajuste al 62.5% de las 76.2 hectáreas plantadas en el 97, del cual solamente se obtendrán trozas aserrables en las categorías de 10 a 14.99 y de 15 a 19.99 cm de diámetro. Se espera un volumen aproximado de 1710.1 m³ madera aprovechable.

El siguiente raleo que proporcionará volúmenes considerables de madera aprovechable se proyecta al año 2011 y corresponde al ajuste del 81.22% de la plantación 97. Con esta intervención quedarán aproximadamente 208 árboles remanentes por hectárea para la cosecha final.

FINCA 4

La proyección de materia prima para esta finca se muestra en el Cuadro 40. De acuerdo a los ajustes realizados, las plantaciones 95 y 96 serán releadas en el 2002 al 50% de intensidad. Las demás intervenciones se harán de acuerdo al plan de raleos de la empresa.

Por lo tanto en el año 2002, la empresa contará con 8975.9 trozas, de las cuales 1924.2 (21.6 %) ubicadas en la categoría de 15 a 19.99 centímetros de diámetro, serán cortadas en la plantación 95 y aportarán aproximadamente el 23.8 % del volumen total aserrable. Las trozas a cortar en la categoría de 10 a 14.99 provendrán de ambas plantaciones.

En los años 2009 y 2010 cuando las plantaciones 95 y 96 alcancen 14 años de edad respectivamente, se estará aplicando a cada una de ellas el último raleo para ajustar dichas plantaciones a un 81.22%, o sea, para dejar en pie únicamente 208 árboles para el turno final de corta, programado a los 18 años de edad.

FINCA 5

En el Cuadro 41 se muestran los resultados obtenidos de la proyección de materia de las diferentes plantaciones establecidas en esta propiedad.

Cabe recordar que en esta finca las parcelas existentes no habían recibido ningún tratamiento silvicultural de raleo y por lo tanto solamente se pudieron analizar las parcelas nuevas. Con lo cual la intensidad de muestreo para cada plantación se redujo hasta en un 50% como es el caso de la plantación 93.

En el año 2002 se van a realizar los raleos programados en cada una de las plantaciones de la Finca 5, con la salvedad que para las plantaciones 93 y 94, las proyecciones se basan en los valores teóricos de número de árboles por hectárea que deberían presentar las mismas al

momento de ejecutar el raleo. Por lo tanto se recomienda realizar una distribución en el campo, que permita dejar en pie 416 árboles por hectárea en estas áreas.

De acuerdo con los ajustes en el plan de raleos de la empresa en el año 2002 se ajustará al 62.5% de raleo las plantaciones 93, 94 y 95; y al 50% las plantaciones 97 y 98, por lo tanto en este año se estará raleando toda el área plantada en esta finca y esto aportará 878 m³ de madera para aserrío.

Como se puede apreciar el tercer raleo (ajustar al 62.5%) en la plantación 93 será un año después; en la plantación 94 a los 8 años de edad (edad correcta) y en la plantación 95 un año antes, según el ajuste al plan de raleos de IASA. A partir del año 2002, cada plantación recibirá las siguientes intervenciones a la edad correspondiente, de acuerdo al plan de raleos.

FINCA 6

En el año 2002 las 96.8 ha plantadas en el 95 y las 151.5 ha plantadas en el 96 de la Finca 6, serán ajustadas al 62.5% y 50% de raleo respectivamente. Por lo tanto, en dicho año la empresa contará con 63886.2 trozas, para un volumen de 3143.5 m³ de madera aprovechable. Los resultados de la proyección de materia prima efectuada para esta área se muestran en el Cuadro 42.

Para el año 2010 las plantaciones establecidas en el 96, deberán ser raleadas a un 81.22% de intensidad de raleo, lo cual significa que dicha intervención producirá un volumen de 28874.2 m³ de madera para aserrío, del cual el 87.2% estará concentrado en trozas mayores a 20 cm de diámetro en la cara menor, lo que indica que la productividad para este año estará en función de las trozas con mayores dimensiones, por lo tanto el desperdicio en el aserrío será menor.

El turno final está proyectado para los 18 años y 208 árboles/ha con diámetros promedio de 40.97 cm y alturas de 23.5 m, lo que equivaldría para la plantación 96 a 39643.2 m³ de madera aserrable, de los cuales el 61.2% provendrá de trozas superiores a lo 25 cm de diámetro en la cara menor.

FINCA 7

El Cuadro 43 muestra los resultados obtenidos para la Finca 7. Como se puede notar, el ajuste al 62.5% de la teca 95 y el ajuste al 50% de la teca 97 y 98, proporcionarán 4859.9 m³ aserrables en el año 2002. Cabe señalar que el 84.7% del volumen aprovechable provendrá de 9471.6 trozas ubicadas en la categoría de 10 a 14.99 cm de diámetro.

De acuerdo con la proyección actual, se puede apreciar que la mayor cantidad de volumen a aprovechar se espera para el año 2015, y corresponde a 53364.6 m³ de madera aserrable provenientes de la cosecha final de las 203.9 hectáreas plantadas en 1997. Cabe notar, que el 61.2% del volumen a aprovechar, estará concentrado en trozas superiores a los 25 cm de diámetro en la cara menor.

Cuadro 37. Proyección de número de trozas y volumen para las plantaciones forestales de *Tectona grandis* en Clase de Sitio I. Finca 1. IASA. Panamá. 2001.

Clase diamétrica		5 - 9.99		10 - 14.99		15 - 19.99		20 - 24.99		25 - 29.99		30 - 34.99		35 - 39.99		Trozas aserrables	Volumen aserrable	
Año	Area	TROZAS	M3	TROZAS	M3	TROZAS	M3	TROZAS	M3	TROZAS	M3	TROZAS	M3	TROZAS	M3			
1992																		
1993																		
1994																		
1995	8.7																	
1996	0.0																	
1997	3.3																	
1998																		
1999																		
2000																		
2001																		
2002		3768.5	115.7	3768.5	297.7											3768.5	297.7	
2003																0.0	0.0	
2004																0.0	0.0	
2005		1203.4	40.1	1203.4	105.7											1203.4	105.7	
2006																0.0	0.0	
2007																0.0	0.0	
2008																0.0	0.0	
2009		1815.8	42.9	1815.8	81.1	1815.8	131.7	1815.8	194.8	3631.7	1256.8					9079.2	1664.4	
2010																0.0	0.0	
2011		680.2	16.1	680.2	30.4	680.2	49.3	680.2	73.0	1360.3	470.8					3400.8	623.4	
2012																0.0	0.0	
2013		1815.8	25.9	1815.8	60.5	3631.7	571.0	1815.8	255.3	1815.8	350.6	1815.8	461.0	1815.8	586.7	12710.9	2285.1	
2014																0.0	0.0	
2015		680.2	9.7	680.2	22.7	1360.3	213.9	680.2	95.6	680.2	131.3	680.2	172.7	680.2	219.7	4761.1	855.9	
2016																0.0	0.0	
2017																0.0	0.0	
																TOTAL	34923.9	5832.3

Cuadro 39. Proyección de número de trozas y volumen para las plantaciones forestales de *Tectona grandis* en Clase de Sitio I. Finca 3. IASA. Panamá. 2001.

Clase diamétrica	Año	5 - 9.99		10 - 14.99		15 - 19.99		20 - 24.99		25 - 29.99		30 - 34.99		35 - 39.99		Trozas aserrables	Volumen aserrable	
		Area	TROZAS	M3	TROZAS			M3										
1992																		
1993																		
1994	3.4																	
1995																		
1996	4.0																	
1997	76.2																	
1998																		
1999																		
2000																		
2001																		
2002			6635.2	117.4	916.6	64.2	458.3	12.5								1374.8	76.7	
2003																0.0	0.0	
2004			536.0	8.5	1072.0	75.1	536.0	14.6								1608.0	89.7	
2005			10213.5	162.3	20427.0	1431.7	10213.5	278.5								30640.4	1710.1	
2006																0.0	0.0	
2007																0.0	0.0	
2008			711.4	16.8	711.4	31.8	711.4	51.6	711.4	76.3	1422.7	492.3				3556.8	652.0	
2009																0.0	0.0	
2010			832.0	19.6	832.0	37.2	832.0	60.4	832.0	89.2	1664.0	575.8				4160.0	762.6	
2011			15853.8	374.2	15853.8	708.0	15853.8	1150.1	15853.8	1700.7	31707.5	10972.7				79268.8	14531.5	
2012			711.4	10.2	711.4	23.7	1422.7	223.7	711.4	100.0	711.4	137.3	711.4	180.6	711.4	229.8	4979.5	895.2
2013																0.0	0.0	
2014			832.0	11.9	832.0	27.7	1664.0	261.6	832.0	117.0	832.0	160.6	832.0	211.2	832.0	268.8	5824.0	1047.0
2015			15853.8	226.4	15853.8	528.4	31707.5	4985.3	15853.8	2229.2	15853.8	3061.0	15853.8	4025.3	15853.8	5122.0	110976.3	19951.2
2016																0.0	0.0	
2017																0.0	0.0	
																TOTAL	242388.7	39716.2

Cuadro 40. Proyección de número de trozas y volumen para las plantaciones forestales de *Tectona grandis* en Clase de Sitio I. Finca 4. IASA. Panamá. 2001.

Clase diamétrica	Año	Area	5 - 9.99		10 - 14.99		15 - 19.99		20 - 24.99		25 - 29.99		30 - 34.99		35 - 39.99		Trozas aserrables	Volumen aserrable	
			TROZAS	M3	TROZAS	M3	TROZAS	M3	TROZAS	M3	TROZAS	M3	TROZAS	M3	TROZAS	M3			
1992																			
1993																			
1994																			
1995		14.4																	
1996		16.3																	
1997																			
1998		0.7																	
1999																			
2000																			
2001																			
2002			8330.7	240.4	7051.7	376.5	1924.2	117.8									8975.9	494.3	
2003			279.7	9.2	139.9	4.7											139.9	4.7	
2004			2178.8	34.6	4357.7	305.4	2178.8	59.4									6536.5	364.8	
2005																	0.0	0.0	
2006			95.1	1.5	190.3	13.3	95.1	2.6									285.4	15.9	
2007																	0.0	0.0	
2008																	0.0	0.0	
2009			2986.9	70.5	2986.9	133.4	2986.9	216.7	2986.9	320.4	5973.8	2067.3					14934.4	2737.8	
2010			3382.1	79.8	3382.1	151.0	3382.1	245.4	3382.1	362.8	6764.2	2340.8					16910.4	3100.0	
2011																	0.0	0.0	
2012			147.7	3.5	147.7	6.6	147.7	10.7	147.7	15.8	295.4	102.2					738.4	135.4	
2013			2986.9	42.7	2986.9	99.6	5973.8	939.2	2986.9	420.0	2986.9	576.7	2986.9	758.4	2986.9	965.0	20908.2	3758.8	
2014			3382.1	48.3	3382.1	112.7	6764.2	1063.5	3382.1	475.5	3382.1	653.0	3382.1	858.7	3382.1	1092.7	23674.6	4256.2	
2015																	0.0	0.0	
2016			147.7	2.1	147.7	4.9	295.4	46.4	147.7	20.8	147.7	28.5	147.7	37.5	147.7	47.7	1033.8	185.8	
2017																			
																	TOTAL	94137.4	15053.7

Cuadro 41. Proyección de número de trozas y volumen para las plantaciones forestales de *Tectona grandis* en Clase de Sitio I. Finca 5. IASA. Panamá. 2001.

Clase diamétrica		5 - 9.99		10 - 14.99		15 - 19.99		20 - 24.99		25 - 29.99		30 - 34.99		35 - 39.99		Trozas aserrables	Volumen aserrable	
Año	Area	TROZAS	M3	TROZAS	M3	TROZAS	M3	TROZAS	M3	TROZAS	M3	TROZAS	M3	TROZAS	M3			
1992																		
1993	10.3																	
1994	17.3																	
1995	28.6																	
1996																		
1997	66.2																	
1998	3.9																	
1999																		
2000																		
2001																		
2002		48323.8	199.7	8068.3	513.2	6108.5	364.8									14176.7	878.0	
2003																0.0	0.0	
2004																0.0	0.0	
2005		17749.6	650.5	8874.8	358.5	17749.6	1751.8									26624.5	2110.3	
2006		1037.2	38.0	518.6	20.9	1037.2	102.4									1555.7	123.3	
2007		2146.6	50.7	2146.6	95.9	2146.6	155.7	2146.6	230.3	4293.1	1485.7					10732.8	1967.5	
2008		3602.6	85.0	3602.6	160.9	3602.6	261.4	3602.6	386.5	7205.1	2493.4					18012.8	3302.1	
2009		5942.6	140.3	5942.6	265.4	5942.6	431.1	5942.6	637.5	11885.1	4113.0					29712.8	5446.9	
2010																0.0	0.0	
2011		15922.4	355.8	15922.4	686.7	18069.0	1674.4	15922.4	1779.6	29698.2	9949.0	2146.6	545.0	2146.6	693.5	83905.1	15328.2	
2012		4407.5	70.4	4407.5	156.0	8010.1	1191.2	4407.5	592.9	5212.5	1252.7	3602.6	914.7	3602.6	1163.9	29242.7	5271.5	
2013		5942.6	84.9	5942.6	198.1	11885.1	1868.7	5942.6	835.6	5942.6	1147.4	5942.6	1508.8	5942.6	1919.9	41597.9	7478.4	
2014																0.0	0.0	
2015		13775.8	196.7	13775.8	459.1	27551.7	4331.9	13775.8	1937.0	13775.8	2659.8	13775.8	3497.7	13775.8	4450.7	96430.9	17336.2	
2016		805.0	11.5	805.0	26.8	1609.9	253.1	805.0	113.2	805.0	155.4	805.0	204.4	805.0	260.1	5634.7	1013.0	
2017																0.0	0.0	
																TOTAL	357626.7	60255.5

Cuadro 42. Proyección de número de trozas y volumen para las plantaciones forestales de *Tectona grandis* en Clase de Sitio I. Finca 6. IASA. Panamá. 2001.

Clase diamétrica	Año	5 - 9.99		10 - 14.99		15 - 19.99		20 - 24.99		25 - 29.99		30 - 34.99		35 - 39.99		Trozas aserrables	Volumen aserrable
		TROZAS	M3	TROZAS	M3	TROZAS	M3	TROZAS	M3	TROZAS	M3	TROZAS	M3	TROZAS	M3		
1992																	
1993																	
1994																	
1995	96.8																
1996	151.5																
1997																	
1998																	
1999	1.0																
2000																	
2001																	
2002		40488.2	943.4	44208.5	2598.9	19677.7	544.6									63886.2	3143.5
2003																0.0	0.0
2004		20856.2	328.0	41542.4	2875.0	25624.6	2283.0									67167.0	5158.0
2005																0.0	0.0
2006																0.0	0.0
2007		146.0	2.2	292.0	19.5	292.0	40.2									584.0	59.7
2008																0.0	0.0
2009		20124.0	475.0	20124.0	898.7	20124.0	1459.9	20124.0	2158.7	40248.0	13928.2					100620.0	18445.6
2010		31501.6	743.6	31501.6	1406.8	31501.6	2285.3	31501.6	3379.2	63003.2	21802.8					157508.0	28874.2
2011																0.0	0.0
2012																0.0	0.0
2013		20332.0	292.3	20332.0	680.0	40456.0	6343.2	20332.0	2851.9	20540.0	4029.4	20124.0	5109.5	20124.0	6501.7	141908.0	25515.7
2014		31501.6	449.9	31501.6	1049.9	63003.2	9905.8	31501.6	4429.4	31501.6	6082.2	31501.6	7998.3	31501.6	10177.6	220511.2	39643.2
2015																0.0	0.0
2016																0.0	0.0
2017		208.0	3.0	208.0	6.9	416.0	65.4	208.0	29.2	208.0	40.2	208.0	52.8	208.0	67.2	1456.0	261.8
															TOTAL	753640.4	121101.7

Cuadro 43. Proyección de número de trozas y volumen para las plantaciones forestales de *Tectona grandis* en Clase de Sitio I. Finca 7.
IASA. Panamá. 2001.

Clase diamétrica	Año	Area	5 - 9.99		10 - 14.99		15 - 19.99		20 - 24.99		25 - 29.99		30 - 34.99		35 - 39.99		Trozas aserrables	Volumen aserrable	
			TROZAS	M3	TROZAS	M3	TROZAS	M3	TROZAS	M3	TROZAS	M3	TROZAS	M3	TROZAS	M3			
1992																			
1993																			
1994																			
1995	2.0																		
1996																			
1997	203.9																		
1998	9.0																		
1999	1.0																		
2000																			
2001																			
2002			18147.2	941.3	9471.6	4115.1	265.3	744.8									9736.9	4859.9	
2003																	0.0	0.0	
2004			84.0	2.4	42.0	1.3											42.0	1.3	
2005			27318.6	434.0	54637.2	3829.4	27318.6	744.8									81955.7	4574.2	
2006			1207.3	19.2	2414.7	169.2	1207.3	32.9									3622.0	202.2	
2007			134.0	2.1	268.0	18.8	134.0	3.7									402.0	22.4	
2008																	0.0	0.0	
2009			411.8	9.7	411.8	18.4	411.8	29.9	411.8	44.2	823.7	285.0				2059.2	377.5		
2010																	0.0	0.0	
2011			42405.0	1000.9	42405.0	1893.7	42405.0	3076.4	42405.0	4548.8	84809.9	29349.2				212024.8	38868.2		
2012			1874.1	44.2	1874.1	83.7	1874.1	136.0	1874.1	201.0	3748.2	1297.1				9370.4	1717.8		
2013			619.8	10.8	619.8	23.0	1031.7	144.6	619.8	80.2	827.8	223.5	411.8	104.6	411.8	133.1	3922.9	708.9	
2014																	0.0	0.0	
2015			42405.0	605.6	42405.0	1413.3	84809.9	13334.4	42405.0	5962.5	42405.0	8187.4	42405.0	10766.7	42405.0	13700.2	296834.7	53364.6	
2016			1874.1	26.8	1874.1	62.5	3748.2	589.3	1874.1	263.5	1874.1	361.8	1874.1	475.8	1874.1	605.5	13118.6	2358.4	
2017			208.0	3.0	208.0	6.9	416.0	65.4	208.0	29.2	208.0	40.2	208.0	52.8	208.0	67.2	1456.0	261.8	
																	TOTAL	634545.2	107317.2

PROYECCION DE MATERIA PRIMA POR FINCA PARA LA CLASE DE SITIO II

FINCA 1

Los resultados obtenidos para la plantación 93 de esta finca (Cuadro 44), muestran que al ajustar a un 62.5% de intensidad de raleo las 63.6 ha correspondientes a esta área, se van a tener trozas aserrables en dos categorías diamétricas (de 10 a 14.99 cm y de 15 a 19.99 cm) para el año 2002.

Es importante notar que según el antiguo plan de raleos a esta plantación le correspondía el segundo raleo al 75% a los 6 años de edad, sin embargo, de acuerdo con el ajuste en el plan de raleos esta plantación se estará llevando a un 62.5% a los 9 años de edad.

El tercer raleo, se programa para el año 2005 a un 81.22% de intensidad. Como se puede notar para este año se espera un volumen total aprovechable de 13548 m³, del cual se espera que el 80% vendrá del 40% de las trozas totales (26457.6 trozas con diámetro \geq 20 cm en la cara menor), lo que implica mayor productividad a un menor costo.

La cosecha final esta programada para el año 2013, es decir, cuando la plantación cumpla 20 años de edad. El diámetro promedio de los árboles será de 39.3 cm y la altura de 24.8 m, la densidad final será de 208 árboles/ha, con lo cual se espera un volumen de 17056.3 m³ de madera para aserrío.

FINCA 6

La proyección realizada para la plantación 97 de esta finca se puede ver en el Cuadro 45.

Esta plantación se ajustará al 50% de intensidad de raleo en el 2002 (5 años de edad), lo que implica que el raleo se atrasó un año. De esta intervención no se obtendrá trozas aserrables, por lo que tampoco habrá producción de madera para aserrío.

En el 2003 se programa el ajuste al 62.5% de raleo, del cual se obtendrá 14656.9 trozas aserrables, sin embargo del total de volumen aserrable, aproximadamente el 69.8% estará en la categoría diamétrica de 10 a 14.99 cm.

Para la tercer intervención programada en esta plantación, se espera que el 70.2% del volumen se ubique en trozas superiores a 20 cm de diámetro en la cara menor, lo que implica que este volumen provendrá de 15167.4 trozas (40% del total de trozas aserrables).

En la cosecha final (año 2017) se espera un volumen total de 9777.9 m³ de madera aprovechable. Cabe notar que el 55.7% del volumen total se ubica en trozas igual o superiores a 25 cm de diámetro en la cara menor.

Cuadro 44. Proyección de número de trozas y volumen para las plantaciones forestales de *Tectona grandis* en Clase de Sitio II.

Finca 1.IASA. Panamá. 2001.

Clase diamétrica Año	Area	5 - 9.99		10 - 14.99		15 - 19.99		20 - 24.99		25 - 29.99		30 - 34.99		35 - 39.99		Trozas aserrables	Volumen aserrable	
		TROZAS	M3	TROZAS	M3	TROZAS	M3	TROZAS	M3	TROZAS	M3	TROZAS	M3	TROZAS	M3			
1992																		
1993	63.6																	
1994																		
1995																		
1996																		
1997																		
1998																		
1999																		
2000																		
2001																		
2002				8140.8	570.6	4070.4	111.0									12211.2	681.5	
2003																0.0	0.0	
2004																0.0	0.0	
2005		13228.8	236.6	26457.6	2211.0	13228.8	393.7	26457.6	10943.2							79372.8	13784.6	
2006																0.0	0.0	
2007																0.0	0.0	
2008																0.0	0.0	
2009																0.0	0.0	
2010																0.0	0.0	
2011																0.0	0.0	
2012																0.0	0.0	
2013		13228.8	251.4	13228.8	505.5	13228.8	850.4	26457.6	6197.0	13228.8	2429.6	13228.8	3137.5	13228.8	3936.2	105830.4	17307.7	
2014																		
2015																		
2016																		
2017																		
																TOTAL	197414.4	31773.9

Cuadro 45. Proyección de número de trozas y volumen para las plantaciones forestales de *Tectona grandis* en Clase de Sitio II.
Finca 6. IASA. Panamá. 2001.

Clase diamétrica	Año	5 - 9.99		10 - 14.99		15 - 19.99		20 - 24.99		25 - 29.99		30 - 34.99		35 - 39.99		40 - 44.99		Trozas aserrables	Volumen aserrable	
		TROZAS	M3	TROZAS	M3	TROZAS	M3	TROZAS	M3	TROZAS	M3	TROZAS	M3	TROZAS	M3	TROZAS	M3			
1992																				
1993																				
1994																				
1995																				
1996																				
1997	36.5																			
1998																				
1999																				
2000																				
2001																				
2002		21146.8	770.3															0.0	0.0	
2003																		0.0	0.0	
2004																		0.0	0.0	
2005																		0.0	0.0	
2006		0.0	0.0	9771.3	684.8	4885.6	296.7											14656.9	981.5	
2007																		0.0	0.0	
2008																		0.0	0.0	
2009		7583.7	135.6	15167.4	1267.5	7583.7	250.7	15167.4	3577.4									37918.4	5095.6	
2010																		0.0	0.0	
2011																		0.0	0.0	
2012																		0.0	0.0	
2013																		0.0	0.0	
2014																		0.0	0.0	
2015																		0.0	0.0	
2016																		0.0	0.0	
2017		7583.7	144.1	7583.7	289.8	7583.7	487.5	15167.4	3552.6	7583.7	1392.8	7583.7	1798.7	7583.7	2256.5			53085.8	9777.9	
																		TOTAL	105661.1	15855.0

PROYECCION DE MATERIA PRIMA TOTAL

En el Cuadro 46 se presentan los resultados de la proyección total de trozas y volumen a obtener de las plantaciones de teca que componen la unidad de manejo de IASA.

Como se ha mencionado anteriormente, de acuerdo con el ajuste realizado en el plan de raleos de la empresa, en el año 2002 la empresa deberá ajustar la mayoría de las plantaciones a 62.5% o 50% de intensidad de raleo. A partir de este ajuste, las siguientes intervenciones se realizarán conforme las plantaciones cumplan la edad correspondiente para cada aclareo.

Por lo tanto, en el año 2002 la empresa contará con un volumen total aserrable de 16954.1 m³, correspondientes a 193632.9 trozas en las categorías diamétricas comprendidas de 10 a 14.99 cm y de 15 a 19.99 cm.

El próximo año importante para la empresa en cuanto a cantidad de volumen aprovechable a extraer es el 2005, para el cual se programa una intervención para ajustar al 62.5% de intensidad de raleo las 349.6 ha plantadas en 1997 y clasificadas en Clase de Sitio I y distribuidas en las fincas Finca 2, Finca 3, Finca 5 y Carintha. Así como, el raleo para ajustar al 81.22% las 63.6 ha de la Clase de Sitio II, plantadas en 1993 en la Finca 1.

En adición a lo anterior cabe mencionar entonces, que la empresa aprovechará un volumen de 22048.3 m³, del cual el 64% será proporcionado por el 46% del total de trozas aserrables, valores que corresponden a las trozas ubicadas en las categorías diamétricas de 15 a 19.99 cm y de 20 a 24.99 cm.

Por último se debe recordar que las proyecciones de materia prima se han realizado ajustando las hojas de cálculo con los datos reales obtenidos de la medición 2001.

CONCLUSIONES

En términos generales el crecimiento de las plantaciones de teca de la unidad de manejo de IASA presentan un crecimiento con un rango de medio a alto potencial de rendimiento y productividad.

Las plantaciones que presentan los mejores incrementos medios anuales para las variables evaluadas, se encuentran en la Finca 6.a, y corresponden a los rodales establecidos en 1995 y 1996.

En general, los bajos incrementos de crecimiento se presentan a edades tempranas de las plantaciones, luego el rendimiento aumenta y tiende a mantenerse en un IMA en volumen total entre a 10 y 24 m³/ha.

Las plantaciones establecidas a partir de 1997, son las que presentan los rendimientos más bajos.

Se determinó que ha existido un inadecuado manejo silvicultural de algunas parcelas permanentes de muestreo en las fincas: Finca 1, Finca 2 y Finca 5. En esta última ninguna PPM presentaba las intervenciones descritas en el plan de raleos de la empresa.

Con base en el análisis de la información suministrada por la empresa, se determinaron errores en las mediciones de las parcelas permanentes de muestreo realizadas en años anteriores.

Se obtuvieron altos errores de muestreo en las plantaciones con pocas PPM, así como, en aquellas con irregularidades de crecimiento, establecidas en lugares con condiciones ecológicas poco aptas para el desarrollo de la especie.

Excelente respuesta de los rodales a las intervenciones silviculturales de raleo efectuadas en cada una de las fincas.

En términos generales de acuerdo a las observaciones de campo se considera muy buena la respuesta de las plantaciones a las intervenciones silviculturales de raleo efectuadas en cada una de las fincas estudiadas.

BIBLIOGRAFIA

- ARAYA, M. 1997.** Valoración cuantitativa y cualitativa de las plantaciones forestales de la asociación de productores agroindustriales del sur (PROAGROSUR). Piedras Blancas, Puntarenas. Tesis Bch. Cartago, CR. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 125 p.
- ARGUEDAS, M.; TORRES, G. 1995.** Especies forestales de mayor utilización en Costa Rica. Serie de apoyo académico #13. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 45 p.
- BRISCOE, CH. 1995.** Silvicultura y manejo de teca, melina y pochote. Serie técnica, Informe técnico #270. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 44p.
- CENTENO, J.C. 1997.** El manejo de las plantaciones de teca. *In* Actualidad Forestal Tropical. 5(2):10-12.
- CHAVES, E.; FONSECA, W. 1991.** Teca (*Tectona grandis* L.f.): especie de árbol de uso múltiple en América Central. Proyecto MADELEÑA. Serie técnica, Informe técnico #179. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 47 p.
- GALLOWAY, G. 1993.** Manejo de plantaciones forestales; guía técnica para el extensionista forestal. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 55p.
- GONZÁLEZ, D.; MARTÍNEZ, R.; ESCOBAR, R.; MONTENEGRO, F.; OSORIO, R. 1997.** Resultados de 10 años de investigación silvicultural del Proyecto MADELEÑA en Panamá; ed.: Luis A. Ugalde Arias. CATIE/INRENARE. Turrialba, Costa Rica. 110p.
- IRENA, 1992.** Especies para la reforestación: Teca (*Tectona grandis* L.f. Verbenaceae). Servicio Forestal Nacional /Proyecto Forestal Campesino. Nota técnica #9. Nicaragua. 2p.
- KRISHNAPILLAY, B. 2000.** Silvicultura y ordenación de plantaciones de teca. Unasyuva. FAO. Roma, Italia. 51(201): 14-21.
- LUJÁN, R.; CAMACHO, A. 1994.** Manejo y crecimiento de linderos: Resultados de ensayos del proyecto CATIE/GTZ, de tres especies maderables en la zona de Talamanca, Costa Rica. Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. Serie técnica. Informe técnico # 224. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 95p.
- LUJÁN, R.; BEER, J.; KAPP, G. 1997.** Manejo y crecimiento de linderos de tres especies maderables en el distrito de Changuinola, Panamá.. Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. Serie técnica, Informe técnico # 242. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 55p.

- MALDONADO, M.; LOUPPE, D. 2000.** Desafíos para la teca en Cote d'Ivoire. Unasyuva. FAO. Roma, Italia. 51(201): 36-44.
- MEZA, A. 1999a.** Plan maestro para el manejo de los recursos. Inversiones Agroforestales S.A. Panamá. 60p.
- MEZA, A. 1999b.** Plan Operativo 1999. Inversiones Agroforestales S.A. Panamá. 40p.
- MEZA, A. 1999c.** Plan de raleos. Inversiones Agroforestales S.A. Panamá. 29p.
- MEZA, A. 2000.** Mantenimiento y manejo de plantaciones de teca. La Teca: Manejo de plantaciones e industrialización. CTCAP/TEC/CIIBI. San Salvador, El Salvador. 26p.
- MURILLO, O. 1991a.** Metodología para el control de la calidad en plantaciones forestales. Tecnología en Marcha 11(1): 19-30.
- ORTIZ, E. 1994.** Planificación y ejecución de raleos en plantaciones forestales. Serie de apoyo académico #10. Editorial tecnológica de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 33p.
- PANDEY, D.; BROWN, C. 2000.** La teca: una visión global. Unasyuva. FAO. Roma, Italia. 51(201): 3-13.
- PÉREZ, L.D. 1996.** Desarrollo de una metodología de podas en *Tectona grandis* y *Bombacopsis quinata*. Maderas de Costa Rica S.A. (MACORI). Tesis Bch. Cartago, CR. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 110p.
- PÉREZ, L.D. 1998.** Desarrollo de escenarios de crecimiento con base en la relación de la composición y la estructura de copa con la productividad en plantaciones de *Tectona grandis* y *Bombacopsis quinata* en Costa Rica. Tesis de Maestría. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 158p.
- PINELO, G.I. 2000.** Manual para el establecimiento de parcelas permanentes de muestreo en la Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala. Serie técnica, Manual técnico N°. 40. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 52p.
- PRODAN, M.; PETERS, R.; COX, F.; REAL, P. 1997.** Mensura Forestal. GTZ-IICA. San José, Costa Rica. 586p.
- QUIRÓS, D. 1998.** Manual de procedimientos para mediciones forestales en bosque natural. CATIE /PROSIBONA. Turrialba, Costa Rica. s.p.
- SHCMINCKE, K. H. 2000.** Plantaciones de teca en Costa Rica: la experiencia de la empresa Precious Woods. Unasyuva. FAO. Roma, Italia. 51(201): 29-35.

- UGALDE, L. 1995.** Guía para el establecimiento y medición de parcelas de crecimiento en investigación y programas de reforestación con la metodología del sistema MIRA.CATIE. Turrialba, Costa Rica. 19p.
- UNASYLVA, 2000.** La Teca. Revista internacional de silvicultura e industrias forestales. FAO. Roma, Italia. 51(201).
- VÁSQUEZ, W.; UGALDE, L. 1995.** Rendimiento y calidad de sitio para *Gmelina arborea*, *Tectona grandis*, *Bombacopsis quinatum* y *Pinus caribaea* en Guanacaste, Costa Rica. Convenio de Cooperación Proyecto Forestal Chorotega (IDA/FAO/Holanda). Proyecto MADELEÑA-3. Serie técnica, Informe técnico #256. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 40p.
- ZUÑIGA, V. 1990.** Montaje y medición de parcelas permanentes en plantaciones de *Tectona grandis* L.f. y *Bombacopsis quinatum* (Jacq) Dugand en Nicoya, Guanacaste. Tesis Bch. Cartago, CR. Instituto Tecnológico de Costa Rica.

ANEXOS

Cuadro 47. Valores promedios por edad de las variables dasométricas relacionadas con el crecimiento de las plantaciones de *Tectona grandis* en la Finca 1. IASA. Panamá. 2001.

AÑO DE SIEMBRA	EDAD (años)	ÁRBOLES (N/ha)	DAP (cm)	H TOTAL (m)	ÁREA BASAL (m ² /ha)	VOLUMEN (m ³ /ha)
1993	3	795	7.23	8.06	3.34	13.15
	4	775	9.23	9.20	5.23	22.86
	5	675	11.52	10.28	7.02	33.64
	6	660	14.28	13.42	10.53	66.12
	7	520	16.24	14.67	10.60	71.75
	8	480	17.82	16.75	11.95	93.26
1994	2	981	5.32	5.42	2.41	7.24
	3	964	7.90	7.86	5.01	19.74
	4	836	9.84	9.24	6.61	30.22
	5	833	12.23	11.35	10.12	57.40
	6	638	14.10	12.87	10.46	66.58
	7	583	15.82	16.07	11.77	91.73
1995	1	1024	1.83	2.46	0.27	0.66
	2	985	6.54	6.51	3.42	11.02
	3	933	9.14	8.30	6.28	25.42
	4	915	12.12	10.76	10.81	56.87
	5	660	14.01	12.94	10.39	64.60
	6	549	16.31	16.51	11.69	92.70
1998	3	693	5.31	5.58	1.74	5.75

Cuadro 48. Clasificación de rendimiento y producción para *Tectona grandis* (edades cercanas a los 15 años) en Guanacaste, Costa Rica.

VARIABLE	BAJO	MEDIO	ALTO
IMA-DAP (cm/año)	≤ 1,5	1,6-1,9	≥ 2,0
IMA-HT (m/año)	≤ 1,5	1,6-1,9	≥ 2,0
G (m ² /año)	≤ 15,0	15,1-19,9	≥ 20,0
IMA-G (m ² /ha/año)	≤ 1,5	1,6-2,4	≥ 2,5
IMA-VT (m ³ /ha/año)	≤ 12,0	12,1-17,9	≥ 18,0

Fuente: Vásquez y Ugalde (1995).

Cuadro 49. Clasificación del crecimiento de *Tectona grandis* según los resultados de 10 años de investigación silvicultural del Proyecto MADELEÑA en Panamá.

VARIABLE	BAJO	MEDIO	ALTO	EXCELENTE
IMA-DAP (cm/año)	≤ 1	1,1-2,0	2,1-3,0	≥ 3,1
IMA-HT (m/año)	≤ 1	1,1-2,0	2,1-3,0	≥ 3,1

Fuente: González et al (1997).

Cuadro 50. Valores promedios e incremento medio anual de las variables dasométricas evaluadas en las plantaciones de *Tectona grandis* que componen la unidad de manejo de IASA. Medición 2001. Panamá. 2001.

FINCA	AÑO DE SIEMBRA	EDAD (años)	ÁRBOLES (N/ha)	DAP (cm)	IMA-DAP (cm/año)	H TOTAL (m)	IMA-HT (m/año)	ÁREA BASAL (m ² /ha)	IMA-G (m ² /ha/año)	VOLUMEN (m ³ /ha)	IMA-VT (m ³ /ha/año)
1	1993	8	480	17.82	2.23	16.75	2.09	11.95	1.49	93.26	11.66
	1994	7	581	15.90	2.27	16.13	2.30	11.86	1.69	92.72	13.25
	1995	6	549	16.31	2.72	16.51	2.75	11.69	1.95	92.70	15.45
	1998	3	693	5.31	1.77	5.58	1.86	1.74	0.58	5.75	1.92
2	1995	6	600	16.57	2.76	15.48	2.58	13.00	2.17	95.39	15.90
3	1997	4	627	9.71	2.43	9.42	2.36	4.86	1.21	24.34	6.08
4	1995	6	620	15.18	2.53	13.83	2.31	10.86	1.81	71.57	11.93
	1996	5	640	13.48	2.70	13.68	2.74	9.42	1.88	62.65	12.53
5	1993	8	360	21.07	2.63	17.53	2.19	12.86	1.61	103.71	12.96
	1994	7	400	18.63	2.66	16.58	2.37	11.06	1.58	85.40	12.20
	1995	6	533	17.79	2.97	16.26	2.71	13.41	2.23	101.66	16.94
	1997	4	818	11.08	2.77	10.97	2.74	8.16	2.04	43.73	10.93
	1998	3	580	7.37	2.46	5.97	1.99	2.53	0.84	7.12	2.37
6.a	1995	6	562	18.39	3.06	16.07	2.68	15.07	2.51	111.99	18.67
	1996	5	728	16.67	3.33	15.88	3.18	16.27	3.25	121.14	24.23
6.b	1996	5	676	13.25	2.65	12.07	2.41	9.67	1.93	55.99	11.20
6.c	1996	5	600	12.79	2.56	12.09	2.42	8.36	1.67	49.64	9.93
6.d	1997	4	840	11.22	2.81	10.49	2.62	8.81	2.20	46.07	11.52
7.a	1997	4	613	12.59	3.15	12.02	3.01	7.88	1.97	45.17	11.29
	1998	3	610	7.64	2.55	6.64	2.21	2.88	0.96	9.15	3.05
	1999	2	740	4.97	2.48	4.53	2.26	1.47	0.73	3.28	1.64
7.b	1997	4	535	14.31	3.58	13.52	3.38	8.42	2.11	53.10	13.28