

# Crecimiento y productividad de teca en plantaciones forestales jóvenes en Guatemala<sup>1</sup>

**Edwin Vaides**

Escuela Nacional Central de Agricultura  
evaides@enca.edu.gt  
evaides@catie.ac.cr

**Luis Ugalde**

Consultor. lugalde@catie.ac.cr

**Glenn Galloway**

CATIE. galloway@catie.ac.cr

Foto: M. Salazar.



Foto: E. Vaides.

El estudio demuestra claramente la importancia de seleccionar bien los sitios donde plantar la teca para que los proyectos de reforestación sean exitosos. Las plantaciones con niveles bajos de productividad no cumplen con los objetivos de los productores forestales y resultan en una pérdida considerable de recursos.



Foto: L. Larrazabal.

<sup>1</sup> Basado en Vaides López, EE. 2004. Características de sitio que determinan el crecimiento y productividad de teca (*Tectona grandis* L. f.) en plantaciones forestales de diferentes regiones en Guatemala. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 81 p.

## Resumen

El estudio se realizó en plantaciones jóvenes de teca con edades entre 2,6 y 7 años, ubicadas en las regiones forestales II (Las Verapaces), III (Nororiente), VIII (Petén) y IX (Costa Sur) de Guatemala. En total se evaluaron 113 parcelas permanentes de monitoreo en los departamentos de El Petén, Alta Verapaz, Izabal, Zacapa, Suchitepéquez, Retalhuleu y Escuintla. Las parcelas se clasificaron en cuatro clases de sitio (bajo, medio, alto y excelente) según el índice de sitio a una edad base de 10 años y la productividad, medida como incremento medio anual del volumen total. Se obtuvieron relaciones importantes entre variables de crecimiento y productividad.

**Palabras claves:** Teca; *Tectona grandis*; crecimiento; volumen; índice de sitio; rendimiento; calidad de sitio; Guatemala.

## Summary

**Growth and productivity of teak (*Tectona grandis* L. f.) in young forest plantations in Guatemala.** The study was conducted in young teak plantations between 2.6 and 7 years old in the forest regions II (Las Verapaces), III (Northeast), VIII (Petén) and IX (Southern Coast), Guatemala. A total amount of 113 permanent monitoring plots were evaluated in the following departments: El Petén, Alta Verapaz, Izabal, Zacapa, Suchitepéquez, Retalhuleu and Escuintla. Four site classes were determined (low, medium, high and excellent) based on existing site index for 10 year-old teak and productivity expressed in mean annual increment in volume. Important relationships between growth and productivity variables were obtained.

**Keywords:** Teak; *Tectona grandis*; growth; volume; site index; yield; quality of site; Guatemala.

Las plantaciones forestales han tenido mayor auge en las últimas décadas en los trópicos debido a los beneficios que ofrecen. La teca (*Tectona grandis* L.f.) es una especie popular para inversionistas y productores forestales, aunque gran parte de los interesados se involucran en la producción sin contar con conocimientos básicos sobre su potencial de crecimiento y productividad. De Camino *et al.* (2002) estiman que en Centroamérica hay potencial para plantar no menos de 100 mil ha, de las cuales el 25% se localizan en Guatemala, 25% en Nicaragua, 20% en Costa Rica, 15% en El Salvador y 15% en Panamá. En Guatemala, la teca es una especie prioritaria para el Programa de Incentivos Forestales (PINFOR) del Instituto Nacional de Bosques (INAB).

El presente estudio generó resultados sobre el estado actual del crecimiento y productividad de plantaciones de teca en diversas regiones de Guatemala. Para ello

se establecieron y midieron parcelas permanentes que permitieran evaluar y monitorear el crecimiento y la productividad. Los resultados dan insumos básicos necesarios para desarrollar modelos de crecimiento y tablas de rendimiento, instrumentos fundamentales para realizar un análisis financiero realista de los proyectos de reforestación y determinar sus impactos y beneficios potenciales (Ugalde 2001).

Las plantaciones forestales son un componente importante del Plan de Acción Forestal de Guatemala. El PINFOR ha aprobado un total de 1900 proyectos que abarcan 41.000 ha de plantaciones forestales y cerca de 48.000 ha en proyectos de manejo y protección de bosques naturales<sup>2</sup>. Un 17% de las plantaciones son de teca establecidas en diversas condiciones de sitio y suelo en todo el país. El comportamiento desigual de las plantaciones hace necesaria la ejecución de estudios para entender mejor los factores que favorecen y limitan el desarrollo de la espe-

cie, para poder planificar mejor las futuras plantaciones y labores silviculturales necesarias para obtener los productos deseados. El uso de la información ayudará a evitar los fracasos frecuentes causados por descuidos en la etapa de selección del sitio, o por falta de conocimientos. El objetivo general del estudio fue evaluar el crecimiento y la productividad de plantaciones de teca en diferentes regiones de Guatemala, con el fin de determinar el índice de sitio y el incremento medio anual (IMA) del volumen total.

La teca es una de las especies más utilizadas en plantaciones forestales en zonas tropicales (Bhat 2000); de hecho, ha sido sembrada extensivamente fuera de su área de distribución natural. Ugalde (2003) estima que en América Latina existen entre 150 mil y 200 mil ha de plantaciones con esta especie. Muchas de ellas se ubican en condiciones que en el pasado se habrían considerado marginales para la especie; por ejemplo, zonas de alta pluviosidad y esta-

<sup>2</sup> Walter de la Roca, PINFOR, INAB. Diciembre 2004. Comunicación personal.

ción seca muy breve o inexistente. Aunque estas condiciones climáticas no se dan en su hábitat natural, parecen favorecer su crecimiento (Nair y Souvannavong 2000).

En Centroamérica se han plantado unas 76 mil ha de teca (FAO 2002), o sea alrededor del 18% de las plantaciones existentes en la región. Los países con más plantaciones de teca en orden de área plantada son: Costa Rica, Panamá, El Salvador y Guatemala (De Camino *et al.* 2002). Los incentivos forestales han servido para fomentar la producción de teca; la reciente apertura de los mercados para productos de raleos también se perfila como un factor de promoción importante.

El crecimiento y la productividad de una plantación son los mejores indicadores de la calidad de un sitio. Chávez y Fonseca (1991) observaron que la teca tiene un crecimiento rápido en la etapa inicial, seguida por una etapa de crecimiento medio, a partir de la cual el crecimiento tiende a disminuir. En el Cuadro 1 se presentan algunos datos de rangos de crecimiento y productividad en Costa Rica.

Galloway *et al.* (2001) reportan resultados similares de IMA en altura total entre 1,4 y 2,8 m/año y en volumen total entre 5,4 m<sup>3</sup>/ha/año y 26,7 m<sup>3</sup>/ha/año, dependiendo de la calidad de sitio y del manejo silvicultural que reciben las plantaciones. Mollinedo (2003) clasificó las plantaciones de teca en tres clases de crecimiento en su estudio en la cuenca del Canal de Panamá; en sitios con crecimiento bajo el IMA fue menor de 5 m<sup>3</sup>/ha/año, de 5 a 10 m<sup>3</sup>/ha/año en sitios medios y de más de 10 m<sup>3</sup>/ha/año en los sitios con crecimiento alto (Cuadro 2).

En Puerto Rico existen sitios con IMA en volumen total de 8 a 12 m<sup>3</sup>/ha/año en turnos de 50 a 80 años (Francis 1995). Según FAO (1977) existe una fuerte semejanza en cuanto al crecimiento y rendimiento de plantaciones de teca en El Salvador, Trinidad y Tobago y Jamaica. Keogh (1979 y

**Cuadro 1.**  
Crecimiento y productividad en plantaciones de teca en Costa Rica

Variable	Unidad	Tipo de Sitio			
		Bajo	Medio	Alto	Excelente
IMA del dap	cm/año	<2,49*	2,5 a 3,01*	3,02 a 3,8*	>3,81*
		<1,5**	1,6 a 1,9**	>2,0**	
IMA de la altura total	m/año	<2,32*	2,33 a 3,14*	3,15 a 4,05*	>4,06*
		<1,5**	1,6 a 1,9**	>2,0**	
IMA del área basal	m <sup>2</sup> /ha/año	<2,04*	2,05 a 2,77*	2,78 a 3,73*	>3,74*
		<1,5**	1,6 a 2,4**	>2,5**	
IMA del volumen total	m <sup>3</sup> /ha/año	<11,83*	11,84 a 18,00*	18,01 a 26,57*	>26,58*
		<12,00**	12,1 a 17,9**	>18,00**	
		<5,0***	5,0 a 10,9***	11,1 a 18,0***	>18,0***

\* Vallejos (1996), plantaciones de 2 a 15 años

\*\* Vásquez y Ugalde (1995), plantaciones menores de 10 años

\*\*\* Montero (1999)

**Cuadro 2.**  
Promedios de crecimiento y productividad de teca en Panamá en tres clases de sitio

Crecimiento	Índice de Sitio (m)*	Incremento medio anual promedio			
		ALTOT (m/año)	Dap (cm/año)	AB (m <sup>2</sup> /ha/año)	VOLTOT (m <sup>3</sup> /ha/año)
Bajo	13.43	1.81	1.99	0.47	3.44
Medio	15.38	2.73	2.77	0.70	7.06
Alto	17.14	3.72	3.67	0.95	11.93

\* Índice de sitio a una edad base de 10 años.

Fuente: Mollinedo (2003)

1980) reportó para El Salvador un IMA en volumen total de 17 m<sup>3</sup>/ha/año en sitios excelentes y de solo de 3 m<sup>3</sup>/ha/año en sitios de baja calidad. En Trinidad y Tobago y Jamaica, los sitios excelentes presentaron IMA en volumen total mayor de 16 m<sup>3</sup>/ha/año y de solo 3 m<sup>3</sup>/ha/año y 2 m<sup>3</sup>/ha/año en sitios de baja productividad.

En Guatemala, Padilla (1977) reportó un IMA del dap de 2,33 cm/año y de la altura total de 1 m/año en la costa sur. Castañeda *et al.* (2003) indican que un 90% de las plantaciones de esta especie se han plantado con una densidad inicial de 1111 plantas/ha (3 x 3 m). La mayor parte de las plantaciones se han establecido en sitios de calidad media y han mostrado un rango de IMA en altura de 1,28 a 3,61 m/año. Por su parte, Ávila (2003) encontró que para la región forestal II de Guatemala (Las

Verapaces), las plantaciones de teca se encuentran en diferentes calidades sitios (Cuadro 3). El IMA de la altura dominante varía de 0,73 hasta 1,98 m/año para plantaciones de teca de 10 años en la India (Kadambi 1993); en Asia de 0,55 a 1,36 cm/año de IMA del dap, y de 1,17 a 7,02 m<sup>3</sup>/ha/año en volumen total en plantaciones jóvenes (Bebarta 1999). En sitios de baja calidad, los valores reportados fueron de 5,6 m<sup>3</sup>/ha/año, y de 14,8 m<sup>3</sup>/ha/año en sitios altos en plantaciones de 21 años en Sabah (Bacilieri 1998). Estos datos sirven como referencia para el presente estudio.

### Metodología

El estudio se realizó en las regiones forestales II (Alta y Baja Verapaz), III (Nororiente), VIII (Petén) y IX (Costa Sur), donde PINFOR ha establecido plantaciones con la especie.

Las plantaciones se establecieron a partir del año 1997, por lo que tenían edades entre 2,6 y 7 años al momento del estudio. El área total de plantaciones estudiadas sumó 2211 ha, distribuidas en las diferentes regiones. Se analizó una muestra de las Parcelas Permanentes de Monitoreo (PPM) para generar información válida para el programa de incentivos forestales del INAB (Fig. 1).

### Tamaño de la muestra

En total se evaluaron 113 PPM establecidas en sitios de alto y bajo crecimiento, con el fin de cubrir toda la variabilidad dentro de las plantaciones evaluadas. El número de parcelas por región dependió del área plantada en esa región.

### Unidad experimental

Cada PPM constituyó una unidad experimental. Se utilizó la metodología del sistema MIRA-SILV (Ugalde 2001) para la instalación y medición de las parcelas. Con esta metodología se recomiendan parcelas permanentes de 80 a 100 árboles iniciales para llegar al turno con unos 10 a 15 árboles para el corte final. Las parcelas tienen una configuración rectangular para facilitar la ubicación, demarcación y el sentido de medición de los árboles en el futuro. Cada PPM tuvo en tamaño de 500 a 1000 m<sup>2</sup>.

Se efectuaron recorridos dentro de cada plantación con el fin de estratificar, de manera visual, las áreas con diferentes clases de crecimiento para ubicar las PPM en sitios distintos y cubrir la variabilidad existente. Para la estratificación se tomó como referencia la edad de la plantación y la altura dominante de los árboles, diferenciando en cada plantación lugares de bajo y alto crecimiento.

### Variables medidas directamente en las PPM

En cada PPM se registró la siguiente información: altura total (m), dap (cm), fecha de plantación, fecha de medición, área de la PPM

### Cuadro 3.

Promedio de valores de crecimiento y productividad de teca por calidad de sitio en plantaciones entre 3 y 5 años de edad en Alta Verapaz, Guatemala

Clase de sitio	Incremento medio anual (promedios)		
	Altura total m/año	dap (cm/año)	Volumen total (m <sup>3</sup> /ha/año)
Baja	0,36	0,95	1,15
Media	2,13	2,36	10,60
Alta	2,99	3,07	20,62

Fuente: Avila (2003)

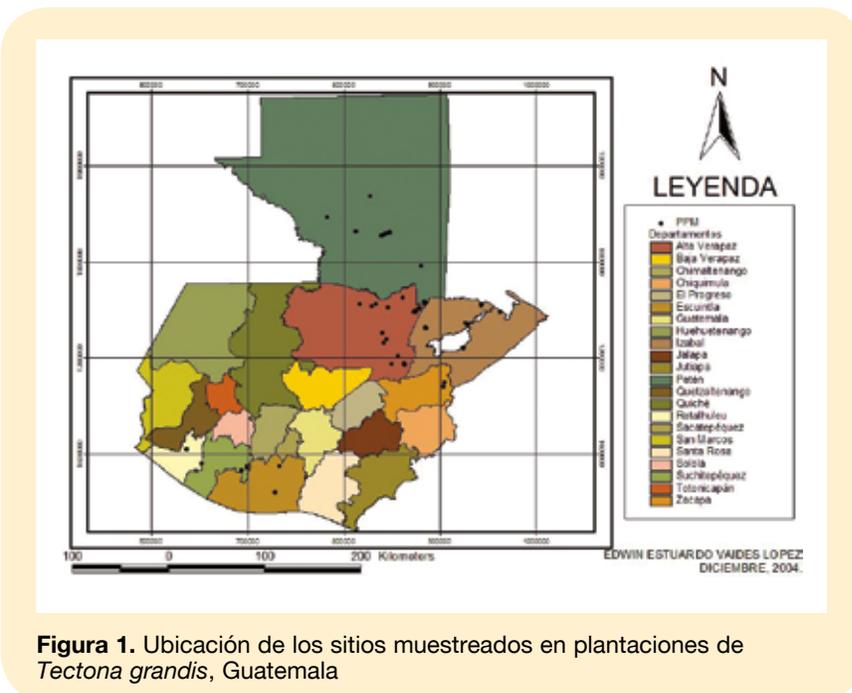


Figura 1. Ubicación de los sitios muestreados en plantaciones de *Tectona grandis*, Guatemala

y número inicial de árboles plantados por hectárea. La información se ingresó al sistema MIRA-SILV para obtener las siguientes variables: edad de la plantación en meses, número actual de árboles por hectárea, porcentaje de sobrevivencia, índice de sitio (IS<sub>10</sub>) a una edad base de diez años (Vallejos y Ugalde 1996 y 1998), altura dominante en metros, área basal en m<sup>2</sup>/ha, dap promedio en cm, altura total promedio en metros, IMA de la altura total en m/año, IMA del dap en cm/año, IMA del área basal en m<sup>2</sup>/ha/año, volumen total con corteza en m<sup>3</sup>/ha (utilizando factor de forma 0,45) e IMA del volumen total en m<sup>3</sup>/ha/año.

### Análisis de la información

Con los datos de las mediciones se generó una base de datos. Por medio del sistema MIRA-SILV se estimó la calidad de sitio de cada PPM y su productividad. Las PPM se clasificaron en cuatro categorías según su crecimiento: bajo (menos de 16 m), medio (de 16 a 20 m), alto (de 20 a 24 m) y excelente (más de 24 m). En el caso de la productividad se utilizó la variable IMA del volumen total en m<sup>3</sup>/ha/año para clasificar los sitios: bajo (menos de 5 m<sup>3</sup>/ha/año), medio (de 5 a 10 m<sup>3</sup>/ha/año), alto (de 10 a 20 m<sup>3</sup>/ha/año) y excelente (más de 20 m<sup>3</sup>/ha/año).

Para analizar las variables de sitio que influyen en el crecimiento

y productividad de la teca se efectuó un análisis gráfico que permite observar el comportamiento de los datos y las tendencias evidentes, luego se aplicó un análisis de correlación de Pearson para determinar las variables que mejor se correlacionaron con las variables de crecimiento y productividad.

## Resultados y discusión

Las PPM presentaron los siguientes rangos en las variables de crecimiento y productividad:

- dap: 3,10 - 23,69 cm
- Altura total: 2,61 - 20,07 m
- Altura dominante: 4,73 - 21,36 m
- Área basal: 0,68 - 24,39 m<sup>2</sup>/ha
- Volumen total: 1,22 - 216,12 m<sup>3</sup>/ha
- Índice de sitio a una edad base de 10 años (IS<sub>10</sub>): altura dominante de 4,95 - 34,10 m
- Incremento medio anuales (IMA) del dap: 0,78 - 5,21 cm/año
- IMA de la altura total: 0,69 - 4,58 m/año
- IMA del área basal: 0,17 - 5,73 m<sup>2</sup>/ha/año
- IMA del volumen total: 0,34 - 38,54 m<sup>3</sup>/ha/año

Con estos resultados es notoria la amplia variabilidad en crecimiento y productividad de la teca en las parcelas medidas. Una buena parte de esta gran diversidad se debe a la calidad de los sitios donde se establecieron las plantaciones.

### Crecimiento en plantaciones de teca

Se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.0001$ ) entre las cuatro clases de sitio evaluadas (Fig. 2a). El Cuadro 4 muestra los valores de crecimiento y productividad para cada clase de sitio. Las PPM de la clase de sitio 'bajo' tuvieron valores de IS<sub>10</sub> menores a 10 m. Estos sitios se ubican en Alta Verapaz (3), Izabal (3) y El Petén (2) (Fig. 1). En cambio, en un 9,26% de los sitios se encontraron crecimientos excelentes con valores promedio de IS<sub>10</sub> de 28,50 m, 3,27 cm/año de IMA promedio

### Cuadro 4.

Promedios de crecimiento y productividad en cuatro clases de sitio en plantaciones de teca en Guatemala

Clase de sitio	Índice de sitio (m)	IS <sub>10</sub>	IMA dap (cm/año)	IMA HTOT (m/año)	IMA AB (m <sup>2</sup> /ha/año)	IMA VOL (m <sup>3</sup> /ha/año)
Bajo	<16	11,87	1,89	1,55	1,12	4,54
Medio	16 - 20	18,07	2,62	2,25	2,23	11,76
Alto	20 - 24	21,25	2,54	2,43	2,59	14,88
Excelente	>24	28,50	3,27	3,08	3,44	25,38

### Cuadro 5.

Número de PPM, sitios y porcentajes por clase de sitio, encontrados en plantaciones de teca en Guatemala

Sitio	Índice de sitio (m)	Total de PPM	% de PPM	Total sitios	% de sitios
Bajo	< a 16	68.00	60.18	28.00	51.85
Medio	16 a 20	18.00	15.93	15.00	27.78
Alto	20 a 24	11.00	9.73	6.00	11.11
Excelente	> a 24	16.00	14.16	5.00	9.26
Total		113.00	100.00	54.00	100.00

del dap, 3,08 m/año de IMA promedio de la altura total, 3,44 m<sup>2</sup>/ha/año de IMA promedio del área basal y 25,38 m<sup>3</sup>/ha/año de IMA promedio del volumen.

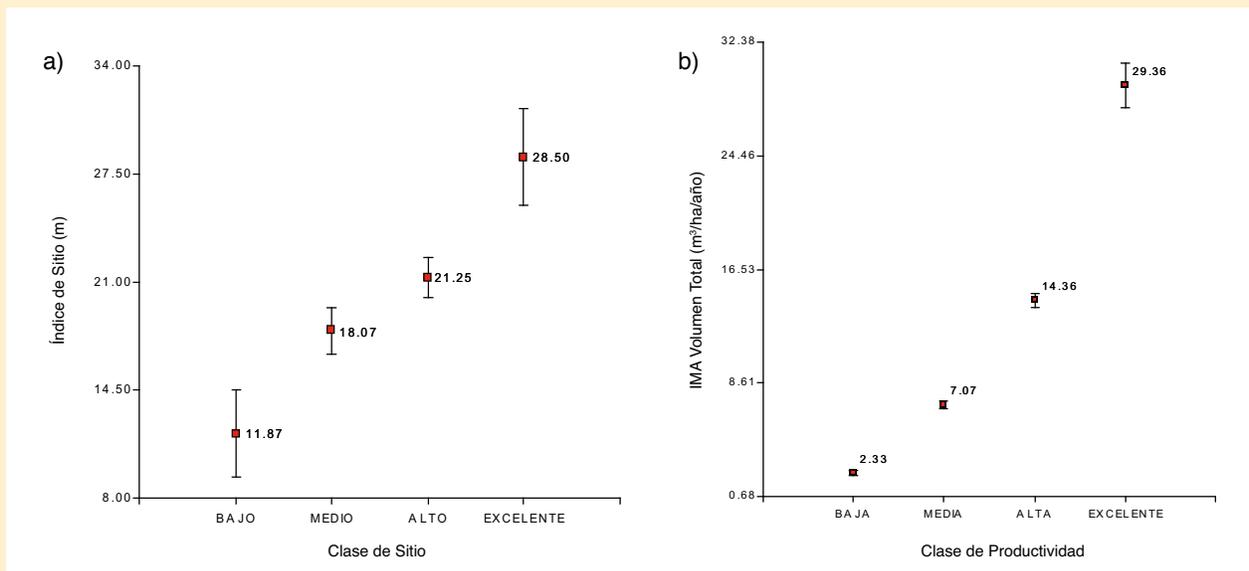
Los cinco sitios que presentaron valores de IS<sub>10</sub> superior a 24 m se localizan en Alta Verapaz (1), Izabal (3) y Escuintla (1) (Fig. 1). Los sitios con crecimientos medios y altos corresponden al 38,9% del total, lo que refleja condiciones adecuadas de crecimiento (Cuadro 5). Estas plantaciones tuvieron un IMA en volumen entre 11,76 y 14,88 m<sup>3</sup>/ha/año, en dap >2,62 cm/año y en altura total >2,25 m/año. En la Fig. 3 se observa la gran variedad de sitios evaluados (113 PPM) y se comparan las alturas dominantes con la curva guía de IS<sub>10</sub>.

Se encontraron grandes diferencias en crecimiento y productividad dentro de una misma plantación. Por ejemplo, en una misma plantación se midieron PPM con valores de IS<sub>10</sub> desde 4,95 m hasta 34,10 m, dependiendo del sitio dentro

de la plantación. Estos resultados demuestran claramente la importancia de la selección cuidadosa de sitio para teca. Un 52% de las PPM muestreadas se ubicaron en sitios con crecimiento bajo. No obstante, la existencia de PPM con valores de IS<sub>10</sub> superiores a la media para Centroamérica (IS<sub>10</sub> = 18 m) demuestra que con una buena selección de sitio es posible lograr crecimientos altos y excelentes en Guatemala.

### Productividad de plantaciones de teca

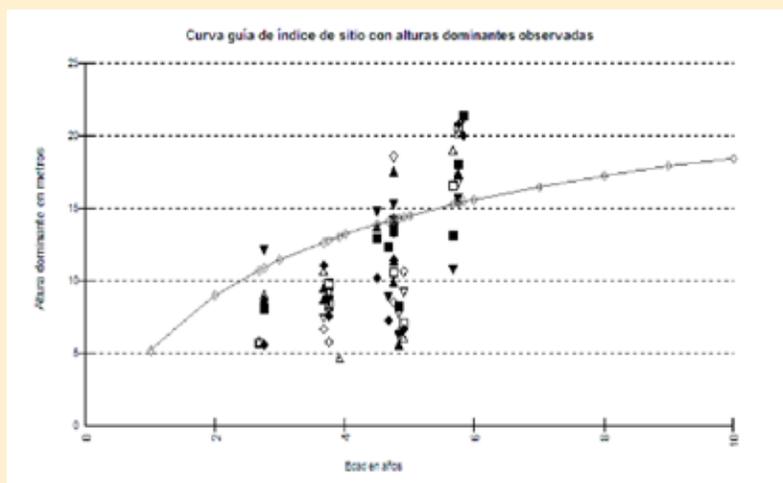
Se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.0001$ ) entre las cuatro clases de sitio en los promedios de IMA del volumen total (Fig. 2b). El 38,60% de los sitios muestreados (22 fincas) se ubicaron en sitios bajos. Un 43,36% de las PPM presentaron niveles bajos de productividad: El Estor y Los Amates, Izabal; Dolores y San Francisco, El Petén; Gualán, Zacapa; Cahabón, Panzós y Fray Bartolomé de las



**Figura 2.** Diferencias (a)  $IS_{10}$  en cuatro clases de sitio y (b) IMA en volumen por clase de productividad entre parcelas de teca en Guatemala

Casas en Alta Verapaz (Fig. 1). Estos sitios presentan IMA promedios de 2,33  $m^3/ha/año$  en volumen total, 1,60  $cm/año$  en dap, 1,30  $m/año$  en altura total y 0,75  $m^2/ha/año$  en área basal (Cuadro 6). El pobre desempeño de la especie en estos sitios no indica, sin embargo, que no se deba establecer plantaciones de teca, ya que muchas de las plantaciones visitadas se establecieron en terrenos no aptos para la especie. Los sitios excelentes (29,36% de total) se encuentran en Dolores, Petén; Chahal, Alta Verapaz; Río Dulce y Livingstone, Izabal; Patulul, Suchitepéquez; Masagua, Escuintla (Fig. 1). El 52,64% de los sitios evaluados alcanzaron una productividad de mediana a alta con IMA promedio de 2,29 y 2,78  $cm/año$  dap, 2,04 y 2,48  $m/año$  de altura total, 1,66 y 2,51  $m^2/ha/año$  de área basal y 7,07 y 14,36  $m^3/ha/año$  de volumen total, respectivamente (Cuadro 7).

En comparación con el estudio de Mollinedo (2003) en Panamá, se agregó una clase de productividad más, denominada como excelente, que abarco sitios con IMA en volumen mayor de 20  $m^3/ha/año$ . Las



**Figura 3.** Valores de altura dominante observada en las PPM en relación con la curva guía de  $IS_{10}$  en plantaciones de teca en Guatemala.

**Cuadro 6.**

Promedio de crecimiento y productividad en cuatro clases de productividad en plantaciones de teca en Guatemala

Clase de productividad	IMA volumen ( $m^3/ha/año$ )	$IS_{10}$	IMA dap ( $cm/año$ )	IMA Htot ( $m/año$ )	IMA AB ( $m^2/ha/año$ )	IMA vol ( $m^3/ha/año$ )
Bajo	<5	11,38	1,60	1,30	0,75	2,33
Medio	5 - 10	17,19	2,29	2,04	1,66	7,07
Alto	10 - 20	18,40	2,78	2,48	2,51	14,36
Excelente	>20	26,43	3,48	3,09	3,95	29,36

**Cuadro 7.**  
Número de PPM, sitios y porcentajes por clase de productividad en plantaciones de teca en Guatemala

Sitio	IMA volumen (m <sup>3</sup> /ha/año)	Total de PPM	% de PPM	Total de sitios	% sitios
Bajo	<5	49	43,36	22	38,60
Medio	5 - 10	21	18,58	15	26,32
Alto	10 - 20	29	25,66	15	26,32
Excelente	>20	14	12,39	5	8,77
<b>Total</b>		<b>113</b>	<b>100,00</b>	<b>57</b>	<b>100,00</b>

mejores plantaciones de Mollinedo (2003) alcanzaron solo 13,33 m<sup>3</sup>/ha/año. Estos resultados indican que con una buena selección de sitio, se puede

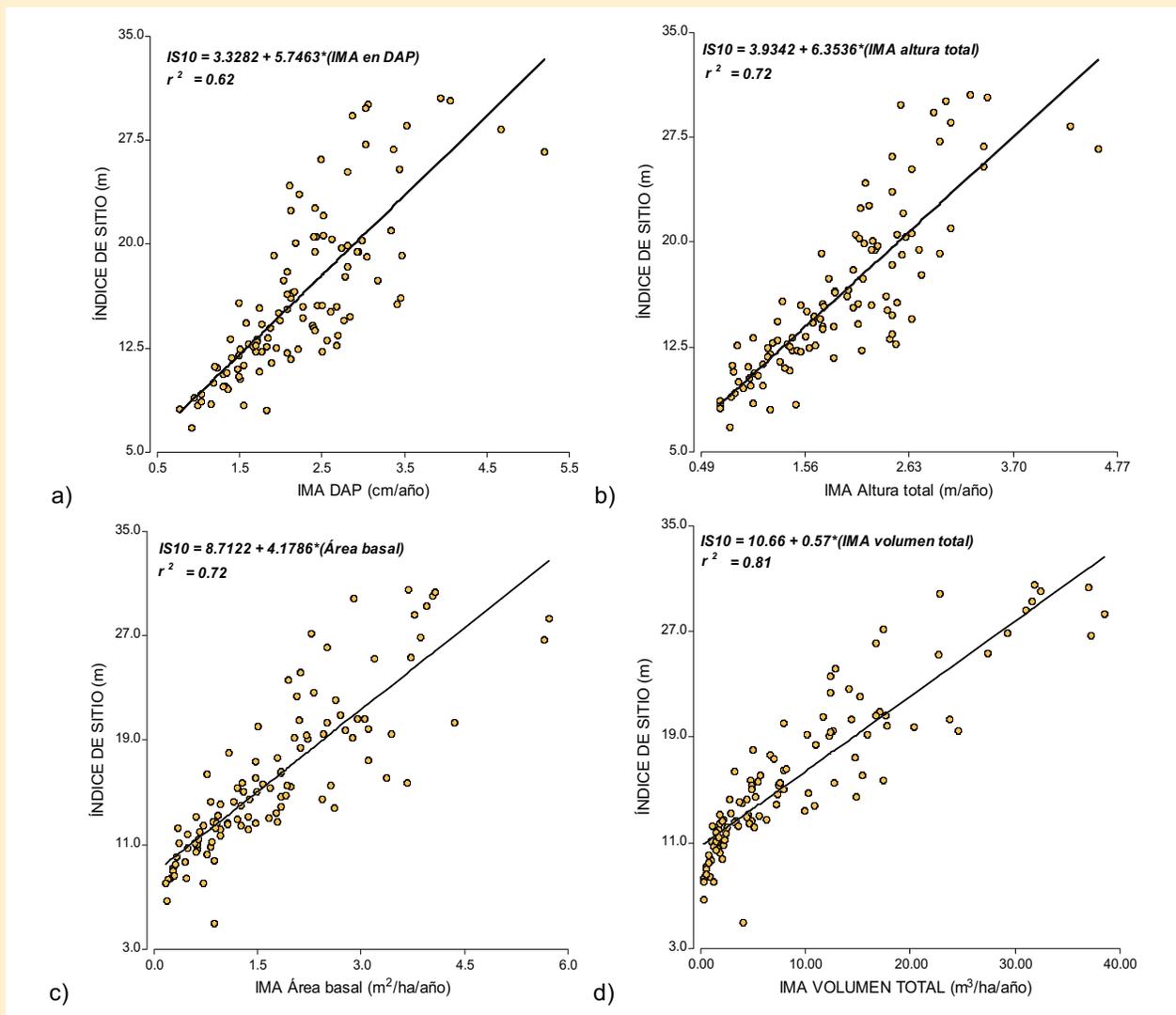
alcanzar un desarrollo excelente de teca en Guatemala. Estudios similares en Costa Rica reportan un amplio rango de productividad: de 5,4 m<sup>3</sup>/ha/año

año hasta 26,7 m<sup>3</sup>/ha/año; de nuevo, esto demuestra la importancia de la selección del sitio (Vásquez y Ugalde 1995, Galloway *et al.* 2001).

#### Relaciones entre variables silviculturales

Las relaciones entre las variables de crecimiento (dap y altura) e índice de sitio fueron altamente significativas ( $p < 0.0001$ ) (Figs. 4a y 4b). Se derivaron las siguientes ecuaciones:

$$IS_{10} = 3.3282 + 5.7463*(IMA \text{ en dap}), r^2 = 0.62$$



**Figura 4** Relación  $IS_{10}$  / IMA del dap (a), altura total (b), área basal (c) y volumen total (d) en plantaciones de teca en Guatemala

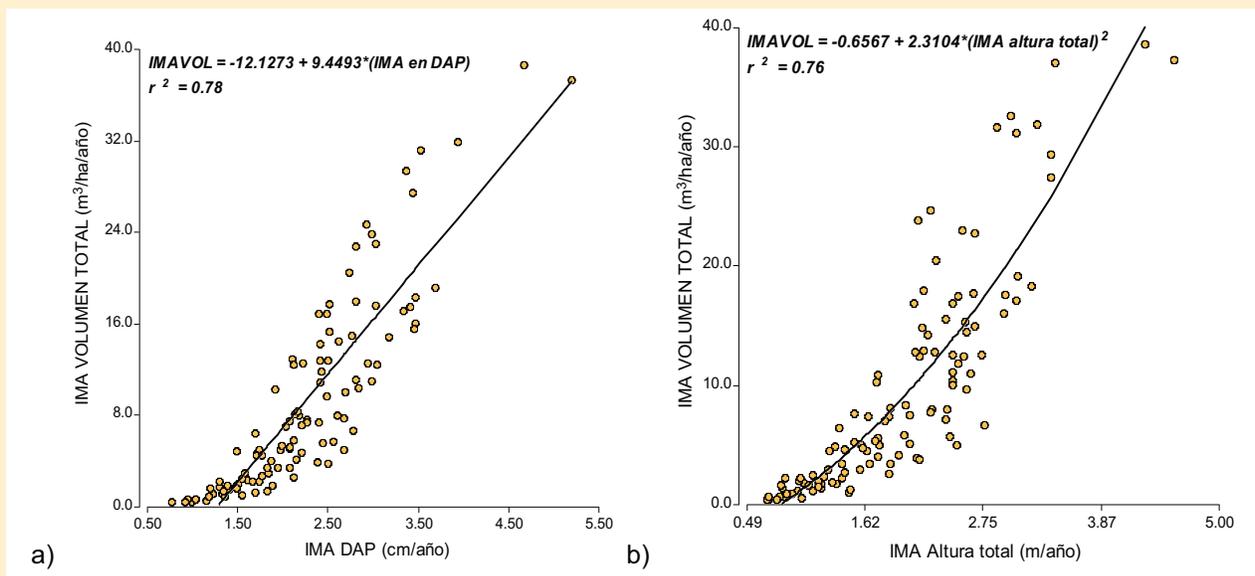


Figura 5. Relación entre el IMA del volumen total y el dap (a) y la altura total (b) en plantaciones de teca en Guatemala

$$IS_{10} = 3.9342 + 6.3536*(IMA \text{ altura total}), r^2 = 0.72$$

Las relaciones entre  $IS_{10}$  e IMA en área basal y en volumen total también fueron altamente significativas ( $p < 0.0001$ ) como se observa en las Figs. 4c y 4d. Los modelos son:

$$IS_{10} = 8.7122 + 4.1786*(\text{área basal}), r^2 = 0.72$$

$$IS_{10} = 10.66 + 0.57*(IMA \text{ volumen total}), r^2 = 0.81$$

También se relacionaron las variables de crecimiento (IMA del dap, altura total) con la productividad expresada en IMA del volumen total (Figs. 5a y 5b). Las ecuaciones son:

$$IMAVOL = -12.1273 + 9.4493*(IMA \text{ en dap}), r^2 = 0.78 \quad (p < 0.0001)$$

$$IMAVOL = -0.6567 + 2.3104*(IMA \text{ altura total})^2, r^2 = 0.76 \quad (p < 0.0001)$$

La relación más fuerte se dio entre el IMA del volumen total y el área basal:  $IMAVOL = -3.6754 + 7.5373*(IMA \text{ área basal})$   $r^2 = 0.92$  ( $p < 0.0001$ ). Ambas son variables de productividad (Fig. 6).

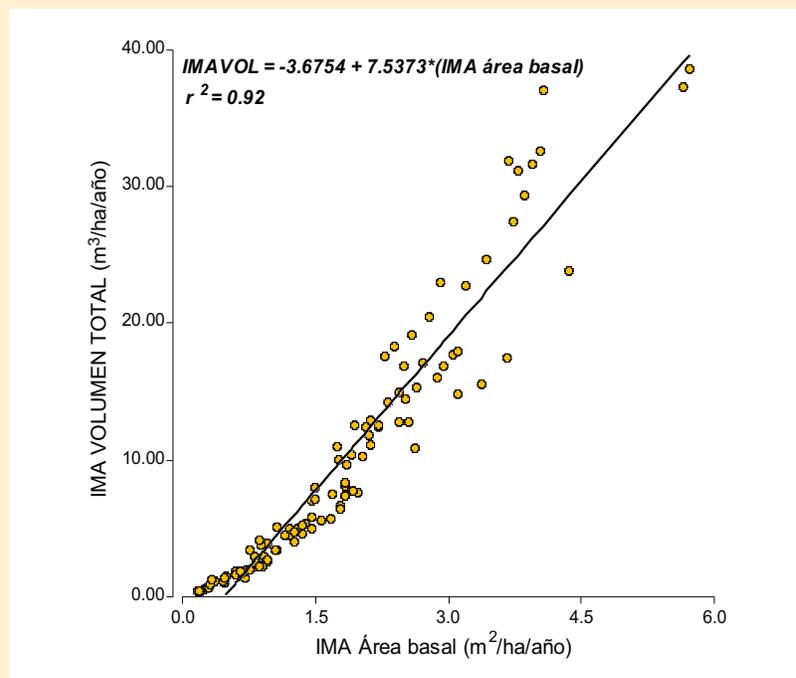


Figura 6. Relación entre IMA del volumen total y el área basal en plantaciones de teca en Guatemala

### Conclusiones y recomendaciones

Las parcelas evaluadas se clasificaron en cuatro clases de sitio y en cuatro clases de productividad. La productividad, expresada como IMA del volumen total, es útil para

interpretar el desarrollo de la teca. En el 38% de los sitios, las parcelas tuvieron una productividad baja, lo que indica que muchas de las plantaciones se establecieron en sitios no aptos para la especie. En el 35% de los sitios, la productividad fue

de alta a excelente y mediana en el restante 26% de las parcelas.

El estudio demuestra claramente la importancia de seleccionar bien los sitios donde plantar la teca para que los proyectos de reforestación sean exitosos. Las plantaciones con niveles bajos de productividad no cumplen con los objetivos de los productores forestales y resultan en una pérdida considerable de recursos.

Se recomienda concentrar las plantaciones de teca en sitios con características favorables para el

desarrollo de la especie. En sitios con productividad media se podría mejorar el desarrollo de la teca con tratamientos de suelo, principalmente los que mejoran las características físico-químicas.

La mayoría de las fincas no presentaron una única clase de productividad en los diferentes estratos de la plantación. A menudo se encontraron variaciones significativas entre diferentes partes de una finca. Este resultado demuestra la alta variabilidad en productividad, aún dentro de áreas de

poca extensión. Es importante seguir profundizando en las características de sitio que favorecen o limitan el desarrollo de la teca. 🌱

### Agradecimientos

Al Instituto Nacional de Bosques de Guatemala, en especial al persona técnico de las regiones forestales 2, 3, 8 y 9; al Departamento de Investigación Forestal y al Programa de Incentivos Forestales; a los propietarios de proyectos de reforestación involucrados en este estudio.

### Literatura citada

- Ávila Folgar, RI. 2003. Evaluación del estado y crecimiento inicial de cuatro especies prioritarias (*Pinus maximinoi* H.E. Moore, *Pinus caribaea*, *Pinus oocarpa* Schiede y *Tectona grandis* L.f.), del Programa de Incentivos Forestales en la región 2, en los departamentos de Alta y Baja Verapaz, Guatemala. Tesis M. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 154 p.
- Bacilieri, R; Alloysius, D; Lapongan, J. 1998. Growth Performance of Teak. In Proceeding of the Seminar on High Value Timber Species for Plantation Establishment-Teak and Mahoganies. 1-2 Dec. 1998. Tawau, Sabah. 27-34 p. (JIRCAS Working Report no. 16).
- Bebarta, KC. 1999. Teak: Ecology, Silviculture, Management and Profitability. India, International Book Distributors. 379 p.
- Bhat, KM. 2000. Timber quality of teak from manager tropical plantations with special reference to Indian plantations. Bois et Forêts des Tropiques 263(1):6-15.
- Castañeda Salguero, C; Alvarado, S; Zamora, R. 2003. Informe final: Caracterización técnica de las plantaciones establecidas con el programa de incentivos forestales en Guatemala. Guatemala, GT, INAB. 73 p.
- Chávez, E; Fonseca, W. 1991. Teca: *Tectona grandis* L.f., especie de árbol de uso múltiple en América Central. Turrialba, CR, Proyecto Madeleña CATIE-ROCAP. Serie técnica, Informe técnico 179. 47 p.
- De Camino, R; Alfaro, M; Sage, LF. 2002. Teak (*Tectona grandis*) in Central America. Rome, FAO, Forest Resources Division. Forest Plantation Working Papers No. 19. (unpublished).
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1977. Elaboración de una tabla de volumen y un estudio de incremento para teca (*Tectona grandis*) en El Salvador. Documento de trabajo No. 14 FO:DP ELS/73/004. 53 p.
- \_\_\_\_\_. 2002. Evaluación de los recursos forestales mundiales. Roma, IT, FAO. Estudio FAO Montes No. 140. 468 p.
- Francis, JK, Lugo, AC; Lowe, C. eds. 1995. Forest plantations in Puerto Rico. Tropical Forests: Management and Ecology. New York, US. Ecology Studies v. 112. 210-223 p.
- Galloway, G; Ugalde, L; Vásquez, W. 2001. Importance of density reductions in tropical plantations: experiences in Central America. In Forests, Trees and Livelihoods. Vol. 11: 217-232.
- Kadambi, K. 1993. Silvicultura & Management of Teak. Natraj Publishers. New Delhi. 137 p.
- Keogh, RM. 1979. El Futuro de la Teca en la América Tropical: Estudio sobre *Tectona grandis* en el Caribe, Centro América, Venezuela y Colombia. Roma, IT. FAO, Unasyva 31(126): 13-19 p.
- \_\_\_\_\_. 1980. Teca (*Tectona grandis*): Crecimiento del volumen y prácticas de raleo en el caribe, Centro América, Venezuela y Colombia. In Simposio IUFRO/MAB/SERVICIO FORESTAL: Producción de madera en los neotropicos por medio de plantaciones. Río Piedras, PR. 8-12 sep. 1980. 62-75p.
- Mollinedo García, M. S. 2003. Relación suelo-planta, factores de sitio y respuesta a la fertilización, en plantaciones jóvenes de teca (*Tectona grandis* L.f.) en la zona oeste, cuenca del canal de Panamá. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 89 p.
- Montero Mata, M. 1999. Factores de sitio que influyen en el crecimiento de *Tectona grandis* L.F. y *Bombacopsis quinatum* (Jacq), Dugand, en Costa Rica. Tesis Magíster en Ciencias. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia, Ch. 111p.
- Nair, C.T y Souvannavong, O. 2000. Nuevos temas de investigación en la ordenación de la teca. Roma, IT. FAO, Unasyva 51(201): 3-13 p.
- Padilla Mena, L.F. 1977. Análisis de germinación de teca (*Tectona grandis*), especie con grandes posibilidades de reforestación en Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía.
- Ugalde Arias, L. 2001. Guía para el establecimiento y medición de parcelas para el monitoreo y evaluación del crecimiento de árboles en investigación y en programas de reforestación con la metodología del sistema MIRA-SIL. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 14 p.
- \_\_\_\_\_. 2003. Advancements on Management and Teak Productivity in Central America. Paper presented at the international Conference Quality Timber Productions of Teak from Sustainable Forest Management. Peechi, Kerala, India. 2-5 December 2003. (in press)
- Vallejos Barra, OS. 1996. Productividad y relaciones del índice de sitio con variables fisiográficas, edafoclimáticas y foliares para *Tectona grandis* L.f., *Bombacopsis quinatum* (Jacq), Dugand y *Gmelina arborea* Roxb, en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 147 p.
- \_\_\_\_\_; y Ugalde Arias, L. 1998. Índice de sitio dasométrico y ambiental para *Tectona grandis*, L.f., *Bombacopsis quinatum* (Jacq) Dugand y *Gmelina arborea* Roxb. Creciendo en Costa Rica. In Primer Congreso Latinoamericano, El manejo sustentable de los recursos forestales, desafío del siglo XX. Valdivia, Chile, 22 al 28 de noviembre.
- Vásquez, W; Ugalde, L.A. 1995. Rendimiento y calidad de sitio para *Gmelina arborea*, *Tectona grandis*, *Bombacopsis quinatum* y *Pinus caribaea* en Guanacaste, Costa Rica. Convenio de Cooperación entre el Proyecto MADELEÑA 3/Proyecto Forestal Chorotega (IDA/FAO/HOLANDA). 33p. (Serie Técnica. Informe Técnico No. 256).