

COMPORTAMIENTO DE DESCENDENCIAS DE *TECTONA GRANDIS* (L. F.) EN PINAR DEL RÍO

M.Sc. YOSVANY FLEITAS-CAMACHO,¹ ING. MARIANO H. PÉREZ-SANTANA,¹
ING. PABLO ECHEVERRÍA-CARABALLO,¹ LIC. ANÍBAL GONZÁLEZ-ROQUE,²
ING. MIGUEL RIVERO-VEGA,³ TÈC. EUSEBIO S. GONZÁLEZ-VERA,¹ TÈC. JOSÉ A.
FÜSTER-MANCHA¹ E ING. TOMÁS PLACENCIA-PUENTES¹

¹ Estación Experimental Forestal Viñales. Km 20, carretera
a Viñales, Pinar del Río, Cuba, vinales@forestales.co.cu

² Instituto de Investigaciones Forestales. Calle 174 no. 1723
e/ 17B y 17C, reparto Siboney, Playa, Ciudad de La Habana

³ Estación Experimental Forestal Camagüey. Ave. Ignacio Agramante
s/n A. P. 405, Camagüey, Cuba

RESUMEN

En el marco del programa de mejora genética en Tectona grandis (teca) que lleva a cabo el Instituto de Investigaciones Forestales se establecieron en el 2001 sendos experimentos de descendencias en las localidades de San Diego de los Baños y en el Km 14, carretera de Pinar del Río a Viñales. La etapa de vivero para la producción de las plantas fueron desarrolladas en bolsas de polietileno de 11,5 x 20 cm con una capacidad aproximada de 800 cc, los cuales se llenaron con suelo aluvial de la localidad. Al finalizar la etapa de vivero se realizó una medición de altura total de las plantas. Para el establecimiento de la fase de campo se empleó un diseño de bloques completos al azar con 21 tratamientos y cuatro réplicas. Se hicieron mediciones de altura a los 2,5 años, y altura y diámetro a los 3,5, y los análisis de varianza realizados mostraron diferencias significativas entre las familias para los dos índices evaluados.

Palabras clave: *Tectona grandis*, mejora genética, pruebas de descendencia, viveros forestales

ABSTRACT

The genetic improvement program in Tectona grandis (teca) is carried out by the Forestry Research Institute. In 2001 experiment of descendants were established in «San Diego de los Baños» and «Km 14 carretera a Viñales». In the nursery, plant production was developed in polyethylene bags (11.5 x 20 cm) with 800 cc of capacity, filled with alluvial soil. When nursery stage was concluded height of was done. In the field phase a complete blocks at random design with 21 treatments and 4 repetition was applied height measurements at 2.5 years and height and diameter at 3.5 years and 5.9 years variance analysis showed significant differences among the families for evaluated indexes.

Key words: *Tectona grandis*, genetic gain, progeny testing, forest nurseries

INTRODUCCIÓN

La mejor información disponible en el campo del mejoramiento genético forestal se relaciona con las fuentes de semilla [Zobel y Talbert, 1988]. Señalan además que muchos estudios sobre este tema se iniciaron hace varios años. En el caso de algunas especies, se sabe mucho acerca de cuáles fuentes semilleras son buenas y cuáles malas. Se han hecho grandes esfuerzos e inversiones, y requerido muchas ideas para llevar a cabo los estudios sobre las fuentes semilleras. Los programas más exitosos de mejoramiento genético forestal son aquellos en los que se utilizan las procedencias y fuentes de semilla adecuadas. En este sentido las pérdidas debidas al uso de una fuente inadecuada pueden ser grandes e incluso desastrosas.

Vásquez *et al.* (2000) plantean que tanto los silvicultores como los genetistas, al crear cultivos forestales, deben prestar especial atención a las especies, a las formas geográficas, al mejoramiento genético y a los esquemas de plantación, para que sin perder de vista las múltiples funciones del bosque logren mayor efectividad.

Los ensayos de progenies como etapa del mejoramiento constituyen la única forma de evaluar realmente el valor genético de los árboles plus seleccionados, entendiéndose por *valor genético* el grado en que los padres transmiten sus características a la descendencia [Noda *et al.*, 1986]. El resultado de un programa de mejora solo puede medirse por la magnitud de la ganancia genética, la cual per-

mite conocer el grado de efectividad del trabajo que se realiza [Land *et al.*, 1986, citado por Noda *et al.*, 1987].

El desafío para los productores de teca (*Tectona grandis*) es mejorar la calidad de la madera de los árboles de rápido crecimiento [Akwasí y Amoako, 2004]. Estos autores señalan además que el camino futuro para los productores de teca es mejorar la calidad de la cultivada en plantaciones con sistemas de rápido crecimiento. Con turnos de rotación más largos se produciría una madera de mejor calidad, pero la mayoría de los inversionistas exigen un rendimiento más rápido de su dinero. La selección genética y manipulación a través de técnicas de cultivos tisulares y prácticas silvícolas prudentes pueden ayudar.

Recomiendan, por ejemplo, tratar de aumentar el peso específico, dado que cualquier ganancia por pequeña que sea puede tener un impacto positivo en la calidad, y encontraron una correlación limitada, pero positiva entre el peso específico y la altura, el duramen y el diámetro a la altura del pecho. El peso específico es un rasgo heredado, y por lo tanto se puede lograr mediante el mejoramiento genético [Zobel y Talbert, 1984] [Mandal y Chawhaan, 2003].

Las tecas que se cultivan en Cuba tienen su origen en semillas introducidas por Fors. desde la isla de Trinidad en 1932, donde la especie había sido introducida desde Birmania en 1913 [Betancourt, 1987]; sin embargo, es lógico pensar que otros orígenes hayan sido introducidos por jardines botánicos o instituciones de investigación después de esa fecha.

En el caso de la teca existen muy buenas posibilidades para el mejoramiento por procedencias y por selección individual. En muchos países estos trabajos han conducido a la obtención de sustanciales mejoras. Se dispone de semillas de orígenes certificados, rodales semilleros selectos y huertos semilleros clonales, y aunque las semillas de fuentes mejoradas son cada día más solicitadas, las disponibilidades actuales son aún pequeñas [Keiding, 1985].

Independientemente de las ventajas evidentes que esta especie tiene y de su buen comportamiento en diferentes localidades, se requiere realizar estudios exhaustivos sobre técnicas de vivero, plantación y mejora genética. En tal sentido, con el objetivo de comparar el comportamiento de diferentes genotipos de *Tectona grandis*, en la provincia de Pinar del Río la Estación Experimental Forestal de Viñales viene conduciendo sendos experimentos en el Km 14 de la carretera a Viñales y en San Diego de los Baños, cuyos resultados se reportan en este trabajo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La producción de posturas se desarrolló en el vivero de la Estación Experimental Forestal de Viñales y en el vivero de San Diego de los Baños, pertenecientes a la Empresa Forestal Integral de Costa Sur. El envase utilizado fue bolsas de polietileno de 11,5 x 20 cm, y como sustrato se usó suelo aluvial de ambas localidades.

El tratamiento pregerminativo de la semilla consistió en mantener cua-

renta y ocho horas en agua a temperatura ambiente con cambio cada doce horas. En febrero del 2001 se realizó la siembra en el vivero depositando 1 o 2 semillas en cada bolsa, según su disponibilidad. Las descendencias utilizadas en este experimento son: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 106, 107, 108, 129, 202 y 204.

Durante la permanencia de las posturas en los viveros se les dio una esmerada atención según la NRAG 326 (1978) [citada por Gra y col., 2003]. Antes de ser plantadas las posturas en septiembre se realizó una medición de altura total de las plantas, y tomó una muestra de 20 plantas en el centro de cada parcela.

Fase de campo

Localidad Km 14, carretera a Viñales

El área seleccionada para el establecimiento del experimento es de topografía ondulada con un suelo esquelético natural [ACC, 1980]. La temperatura promedio anual es de 24,4°C, siendo la del mes más caliente 28,4°C, y el más frío 16,4°C, con un promedio de precipitaciones de 1495 mm anuales. Estos datos fueron obtenidos de la estación meteorológica más cercana, ubicada en el Km 4, carretera a la Coloma, Pinar del Río, con datos promedios de veintitrés años. El área estaba dedicada al pastoreo de ganado mayor, y la preparación del suelo consistió en chapea y aradura con bueyes.

La plantación se efectuó en septiembre del 2001 empleando un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, 21 tratamientos, tres

plantas por parcelas y espaciamento de 3 x 3 m. El área se ha mantenido limpia mediante una chapea anual a todo el experimento.

Localidad de San Diego de los Baños

Esta área presenta una topografía ligeramente ondulada con una pendiente del 3% y un suelo ferralítico rojo lixiviado [ACC, 1980].

Según datos de la Estación Meteorológica de Paso Real de San Diego, con promedio de observaciones de cincuenta y cuatro años, la temperatura promedio anual es de 24,5°C, siendo la del mes más caliente 27,1°C, la del más frío 17,2°C, y las precipitaciones promedio anual de 1437 mm. El área

estaba siendo usada en la producción de cultivos varios, y su preparación consistió en aradura total.

La plantación se efectuó en septiembre del 2001 en un diseño de bloques completos al azar con 21 tratamientos, tres plantas por parcela y cuatro repeticiones a un espaciamento de 3 x 3 m.

La mayoría de los experimentos genéticos se analizan mediante análisis de varianza, que le permite al genetista forestal dividir la variación observada en sus componentes genéticos y ambientales, y determinar las interacciones de ambas. Para este se utilizó la metodología descrita por Zobel y Talbert (1988) (Tabla 1).

TABLA1

Análisis de varianza para una prueba genética de medios hermanos plantados en un diseño de bloques completos al azar

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	Cuadrados medios esperados
Réplicas	R - 1	MS 4	$\pi^2 w + A \pi^2 RF + AF \pi^2 R$
Familias	F - 1	MS 3	$\pi^2 w + A \pi^2 RF + AR \pi^2 F$
Fam. x rep.	(F - 1) (R - 1)	MS 2	$\pi^2 w + A \pi^2 RF$
Árboles dentro de las parcelas	R F (A - 1)	MS 1	$\pi^2 w$

donde: F, R y A se refiere al número de familias, repeticiones y árboles por parcelas en cada familia.

$\pi^2 w$, RF, $\pi^2 F$ y $\pi^2 R$, respectivamente, las componentes de varianza dentro de la parcela, en la repetición por la familia, en la familia y en la repetición. La heredabilidad en sentido estricto de árboles individuales (h^2), es decir, la proporción de varianza genética aditiva respecto a la

varianza fenotípica se calculó según Zobel Y Talbert (1988).

$$h^2_i = \frac{\pi^2 A}{\pi^2 P} = \frac{4\pi^2 F}{\pi^2 W + \pi^2 RF + \pi^2 F}$$

Para estimar la heredabilidad a nivel de familias se empleó la fórmula:

$$h^2_f = \frac{\pi^2 F}{\pi^2 W / AR + \pi^2 RF / A + \pi^2 F}$$

Ganancia genética

La diferencial de selección S es la diferencia existente entre la media de los individuos seleccionados (X_s) y la media de la población (X). Simbólicamente se expresa como:

$$S = X_s - X$$

Para el cálculo de la ganancia genética se utilizó la fórmula:

$$G = i \times h^2 \times \Pi^2 P$$

donde:

i : Intensidad de selección

h^2 : Heredabilidad en sentido estricto

$\Pi^2 P$: Desviación estándar fenotípica

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Etapa de vivero

Los datos de las mediciones de vivero fueron procesados estadísticamente mediante análisis de varianza de clasificación simple, y se encontraron diferencias altamente significativas en Viñales, y significativas en San Diego de los Baños, al igual que en el estudio de las procedencias, reportado por Echeverría y col. (2005). El desarrollo alcanzado por las plantas fue superior en el vivero de Viñales, no siendo así en el de San Diego (Tabla 2).

TABLA 2

Resultados de las mediciones y los análisis de los datos de la etapa de vivero

Km 14 a Viñales

Fam.	Altura media (cm)	Grupos
9	41,0	a
8	38,03	ab
11	34,73	ab
7	33,13	b
10	30,70	bc
15	28,67	bc
16	26,37	cd
12	24,66	cd
13	24,07	cd
14	23,93	cd
19	23,87	cd
18	23,13	cde
4	19,64	de
20	18,07	de
202	16,47	def
3	15,73	ef
204	15,58	ef
5	15,01	ef
129	13,93	fg
1	13,13	fg
2	12,22	fg

San Diego de los Baños

Fam.	Altura media (cm)	Grupos
16	22,50	a
19	22,40	a
5	21,85	a
10	21,60	a
7	20,80	a
18	20,60	a
15	20,50	a
14	19,40	a
8	19,30	ab
4	18,90	ab
2	18,60	ab
3	18,60	ab
13	18,60	ab
11	17,80	ab
12	16,70	bc
1	15,80	bc
9	15,70	bc
106	15,10	bc
107	13,20	c
108	12,90	c

Medias con letras desiguales difieren estadísticamente a $p < 0,05$.

Como se puede apreciar, las diferencias entre los diferentes genotipos (familias) son, como lo demostró el análisis de varianza, altamente significativas. Aquí se destacan con alturas que superan los 28,0 cm las familias 9, 8, 11, 7, 10 y 15.

Fase de campo

En la fase de campo (*Tabla 3*) la altura promedio alcanzada en el Km 14 de la carretera a Viñales por todas las familias a los 2,5 años fue de 6,02 m, equivalente a un incremento medio anual en altura de 2,41 m. Se considera óptimo y supera a los valores de la localidad de San Diego. Se destacan en esta localidad las familias 9, 15, 19, 13 y 8, con un incremento medio de 2,67 m por año. Resultados similares han sido reportados por Echeverría y col. (2005) en un estudio de procedencias de *Tectona grandis* en esta propia localidad, por lo que en este caso se deben seleccionar los mejores individuos dentro de las familias destacadas para la consecución del programa de mejora genética en esta especie.

Las pruebas de rangos múltiples mostraron diferencias significativas entre las progenies (*Tabla 3*). Las cinco mejores familias superan a las cinco peores en un 25% en la altura media.

En el área experimental de San Diego hubo resultados inferiores a los obtenidos en el Km 14 de la carretera a Viñales. En esta prueba se midió también el diámetro a 1,30 m, y al igual que en la altura (*Tabla 3*) las diferencias entre familias y entre los bloques fueron significativas. La altura media fue de 4,01 m, y 5,45 cm de diámetro medio a 1,30 m. Las mejo-

res cinco familias en la altura media superan a la media de la población en un 18%, mientras que en el diámetro medio las cinco familias que se ubicaron entre las mejores en el ordenamiento de las medias superan a la media de la población en un 19%.

En la localidad del Km 14 de la carretera a Viñales se excluyeron del análisis algunos bloques que quedaron ubicados en un sitio pobre, en una pendiente de un 15%, con efectos negativos de la erosión. En este sentido es de señalar que *Tectona grandis* es una especie exigente a suelos profundos, fértiles y con buen drenaje.

Los valores de heredabilidad calculados -0,54 y 0,66 para árboles individuales y de 0,76 a 0,83 para la heredabilidad a nivel de familias- se ubican próximos a lo reportado por Mesén y Cornelius (2000) para *Vochysia guatemantensis* en un ensayo de procedencias-progenies, donde calcularon valores de 0,69 para el diámetro y 0,68 para la rectitud del fuste.

En la localidad del Km 14 de la carretera a Viñales, a los 5,9 años de establecido el experimento se realizó una medición de altura y diámetro (*Tabla 4*), para de esta forma evaluar el comportamiento de estos genotipos, por lo que se realizó un análisis de varianza donde se pudo apreciar que existen diferencias significativas entre las familias y entre los bloques, tanto para la altura como para el diámetro, teniendo un mejor comportamiento la 9, 13 y 19 con una altura promedio entre todas las familias de 8,01 m y el diámetro a 1,30 m promedio de 8,20 m, lo cual indica un incremento en altura de 2,04 m.

TABLA 3

Resultados de las mediciones de campo (datos promedios a los 2,5 y 3,5 años en el Km 14 a Viñales y San Diego de los Baños, respectivamente)

Km 14 a Viñales

<i>Fam.</i>	<i>Altura media (m)</i>	<i>Grupos</i>
9	6,88	a
15	6,78	a
19	6,62	ab
13	6,57	abc
8	6,51	abc
12	6,50	abc
204	6,48	abc
20	6,33	abc
14	6,27	abc
11	6,10	abc
3	5,95	abc
18	5,86	bcd
4	5,75	bcd
6	5,73	cd
2	5,67	cd
5	5,62	d
129	5,59	d
10	5,50	d
1	5,39	d
202	5,28	d
16	5,08	d

San Diego de los Baños

<i>Fam.</i>	<i>Altura media (m)</i>	<i>Grupos</i>	<i>Diámetro medio</i>	<i>Grupos</i>
15	5,23	a	6,90	a
12	4,80	ab	6,71	a
107	4,75	ab	6,46	a
7	4,57	ab	4,21	c
9	4,39	ab	6,22	a
18	4,38	ab	5,28	b
5	4,32	ab	6,11	a
2	4,26	ab	5,38	b
19	4,18	bc	5,75	b
3	4,16	bc	5,81	b
8	4,02	bc	5,58	b
16	4,01	bcd	6,21	a
14	3,92	bcd	5,25	b
10	3,81	bcd	5,29	b
108	3,72	cd	5,15	b
20	3,64	cd	6,04	a
11	3,48	cd	4,56	c
1	3,43	cd	5,21	b
4	3,11	cd	3,97	c
106	3,10	d	4,00	c
13	2,98	d	4,02	c

TABLA 4

Resultados de las mediciones de campo (datos promedios a los 5,9 años en el Km 14 a Viñales)

<i>Altura</i>			<i>Diámetro</i>		
<i>Fam.</i>	<i>Altura media</i>	<i>Grupos</i>	<i>Fam.</i>	<i>Diámetro medio</i>	<i>Grupos</i>
6	7,7222	a	6	2,7778	a
17	4,6667	a	12	5,2083	ab
12	4,7083	a	11	5,2500	ab
11	4,8750	a	17	5,2500	ab
129	7,4583	b	129	7,3750	bc
7	7,7917	bc	16	8,4167	cd
5	7,9867	bc	3	8,5000	cd
3	8,0000	bc	18	8,5667	cd
16	8,2500	bc	7	8,5833	cd
18	8,6333	bc	5	8,7000	cd
4	8,9267	bc	202	8,8333	cd
202	8,9583	bc	14	9,5417	cd
10	9,0278	bc	204	9,5833	cd
14	9,1250	bc	4	9,6333	cd
1	9,1667	bc	1	9,7500	cd
2	9,2083	bc	10	9,8944	cd
204	9,2083	bc	2	10,0000	cd
20	9,7083	bc	13	10,1667	cd
8	9,9583	bc	20	10,2917	cd
15	9,9583	bc	15	10,3750	cd
19	10,0933	bc	8	10,6250	d
13	10,2083	bc	19	10,6667	d
9	10,3333	c	9	11,0833	d

En el área de estudio perteneciente a la localidad de San Diego los resultados fueron inferiores a los obtenidos en el Km 14 de la carretera a Viñales. En esta evaluación se midió también altura y diámetro a 1,30 m (Tabla 5), donde las diferencias entre familias y entre los bloques son significativas. En esta área los genotipos que mejor se comportaron fueron la 7, 8 y 12, y alcanzó una al-

tura media entre todas las familias de 5,33 m y 5,76 m de diámetro medio a 1,30 m.

Los resultados en ambas localidades muestran un incremento óptimo en altura y diámetro, y además las familias de mejor comportamiento coinciden con las de mediciones anteriores, lo que indica que estos genotipos se deben tener en cuenta para el mejoramiento genético de esta especie.

TABLA 5
Resultados de las mediciones de campo (datos
promedios a los 5,9 años en la localidad de San Diego
de los Baños)

<i>Altura</i>			<i>Diámetro</i>		
<i>Fam.</i>	<i>Altura media</i>	<i>Grupos</i>	<i>Fam.</i>	<i>Diámetro medio</i>	<i>Grupos</i>
106	3,1167	a	106	2,7917	a
108	3,6917	ab	13	4,0833	ab
13	3,9333	abc	108	4,2083	ab
4	4,3333	abcd	4	4,8333	ab
3	4,6667	abcde	11	4,9583	ab
11	4,9000	abcdef	3	5,1667	ab
9	5,1583	abcdef	9	5,4167	ab
107	5,1750	abcdef	19	5,6250	ab
18	5,2083	abcdef	18	5,7917	ab
19	5,2333	abcdef	5	6,0833	bc
2	5,2583	abcdef	10	6,5833	bc
5	5,6583	abcdef	107	6,6250	bc
20	5,6917	abcdef	2	6,6667	bc
10	5,9167	bcdef	14	6,7083	bc
14	6,0333	bcdef	20	6,8333	bc
1	6,1583	bcdef	1	6,9167	bc
15	6,4667	cdef	15	6,9583	bc
16	6,5000	cdef	16	7,2917	bc
12	6,7333	def	7	7,7083	c
8	7,2167	ef	12	7,7917	c
7	7,4167	f	8	7,9583	c

Ganancia genética

El principal objetivo de un programa de mejoramiento genético forestal es cambiar las características importantes de los árboles, en forma tal que

las plantas mejoradas tengan un rendimiento cuantitativo y cualitativo superior al del material no mejorado.

La ganancia genética obtenida seleccionado el 30% de las mejores familias en los dos índices evaluados fue del 17-19% para la altura total, y del 25% para el diámetro.

CONCLUSIONES

- Tanto la fase de vivero como en el campo las diferencias entre familias han sido significativas. Existe un grupo de progenies que se destacan desde el vivero, con un comportamiento adecuado en los sitios objeto de estudio. Ellas son las familias 15, 9, 19, 12, 8, 3 y 7.
- Los altos valores de heredabilidad en sentido estricto, tanto a nivel de árbol individual como para las familias, muestran los progresos que se pueden alcanzar en el programa de mejoramiento genético y establecimiento de plantaciones comerciales en esta valiosa especie forestal.
- Las ganancias genéticas obtenidas 17-19% para la altura y el 25% para el diámetro a 1,30 m, representan avances muy significativos en la mejora genética de *Tectona grandis*.
- Los resultados en ambas localidades –a los 5,9 años– muestran un incremento óptimo en altura y diámetro, y además las familias de mejor comportamiento coinciden con las de mediciones anteriores, lo que indica que estos genotipos se deben tener en cuenta para el mejoramiento genético de esta especie.

BIBLIOGRAFÍA

- ACC: «II clasificación genética de los suelos de Cuba», Ed. Academia, Instituto de Suelos, 1980.
- AKWASI, A.; O. AMOAKO: «El desafío para los productores de teca es mejorar la calidad de la madera de los árboles de rápido crecimiento», *Actualidad Forestal Tropical*, 12 (1), 2004.
- BHAT, K. M., H. OK MA: «Productores de teca, uníos», *Actualidad Forestal Tropical* no. 1, 2004.
- ECHEVERRÍA, P.; Y. FLEITAS; M. H. PÉREZ; A. GONZÁLEZ; M. RIVERO; E. S GONZÁLEZ; J. A. FÜSTER; T. PLACENCIA: «Comportamiento de procedencias de *Tectona grandis* (L. F.) en Pinar del Río, Defors, 2005.
- FAO: *Situación de los bosques del mundo*, Roma, 2005.
- GRÁ, H.; J. M. MONTALVO; M. A. BETANCOURT; J. DURANTE; E. CORDERO: *Manual de viveros forestales*, Instituto de investigaciones Forestales, Minag, La Habana, 2003.
- ITTO: «Perspectivas para la teca de plantaciones», *Actualidad Forestal Tropical* 12(1), 2004.
- KEIDING, H. TEAK: «*Tectona grandis* L.», *Seed Leaflet* no. 4, Danida Forest Seed Centre, 1985.
- MESÉN, F.; J. CORNELIUS: «Evaluación de un ensayo de procedencias-progenies de *Vochysia guatemalensis* a los ocho años de edad, con fines de conservación en huertos semilleros», *Memorias del II Simposio sobre Avances en la Producción de Semillas Forestales en América Latina*, Turrialba, Costa Rica, 2000.
- NRAG 326/1978: «Vivero forestal. Atenciones culturales en la producción de posturas en bolsas», Minag, Cuba.
- OBREGÓN, A.; F. MORLENO: «Características de los suelos de Alturas de Pizarra, Pinar del Río», I Taller Científico sobre desarrollo integral de la montaña y utilización de los recursos forestales, Pinar del Río, Cuba, 1991.
- OIMT: «Reseña anual y evaluación de la situación mundial de las maderas, 2001», OIMT, Yokohama, Japón, 2002.
- ZOBEL, B.; J. TALBERT: *Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales*, Ed. Limusa, México, 1988.