

INFORMACIONES AGRONOMICAS

NUTRICION Y FERTILIZACION DE LA TECA

Alfredo Alvarado*

Introducción

La teca (*Tectona grandis* Linn. F.) pertenece a la familia Verbenaceae. Este árbol es originario de Birmania, Tailandia y algunas partes de la India (Briscoe, 1995). La madera de teca tiene al menos 25 tipos de uso, que van desde la construcción completa de una casa con este material, hasta postes y piezas de ebanistería.

El cultivo de teca comenzó en la India en el decenio de 1840 y alcanzó niveles significativos a partir de 1865. El primer país fuera de Asia donde se introdujo la teca fue Nigeria, en 1902 y en América Tropical, la primera plantación de teca se estableció en Trinidad y Tobago en 1913. Posteriormente se extendió a Honduras, Panamá y Costa Rica entre 1926 y 1929. Luego, el cultivo de la teca se ha extendido a casi todos los países latinoamericanos (Tewari, 1999; Pandey y Brown, 2000).

Calidad de sitio de siembra

El primer paso para asegurar el buen desarrollo de una plantación de teca es escoger el sitio adecuado. La teca prefiere suelos moderadamente profundos (> 90 cm), bien drenados, de textura media, planos o con pendiente suave, localizados en regiones de temperatura media (Drechsel y Zech, 1994; Jha, 1999). Deben evitarse las siguientes condiciones: 1) suelos mal drenados, en particular Vertisoles de depresión con problemas de anegamiento por períodos prolongados, 2) suelos poco profundos, dentro de ellos muchos Entisoles con afloramiento rocoso o roca a poca profundidad, 3) cimas de pendientes muy secas o muy ventosas, 4) áreas en las que la distribución de lluvias se concentra en períodos muy cortos o que tienen épocas secas prolongadas, en este último caso, la especie tiende a botar las hojas dos veces al año con el consecuente gasto energético y 5) regiones donde los niveles de acidez del suelo y del subsuelo sean muy elevados, en particular pendientes en las cuales aflora el horizonte B ácido. En general, una buena plantación ocupa solamente entre 30 y 50% del total de la superficie de un predio.

Preparación para la siembra

Para obtener buen crecimiento, la teca requiere de una buena preparación del suelo antes de la siembra definitiva. La siembra puede hacerse por pseudo-estacas, o en forma más común por plántulas producidas de semilla en viveros especiales. Las plántulas se llevan al campo en bolsas o en vasos plásticos. Cuando se usan pseudo-estacas, se debe arar el suelo para eliminar malezas y se aplica fertilizante.

* Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
Correo electrónico: alfredoa@cariari.ucr.ac.cr

Abril 2006 • N° 61

CONTENIDO

Pág.

Nutrición y Fertilización de la Teca1

Manejo de Nutrientes en Cebolla9

Efecto de la Fertilización con Nitrógeno y Potasio en el Rendimiento y la Calidad de los Cítricos11

Reporte de Investigación Reciente13

- Epoca de lluvia y pérdida de amonio de la urea en una plantación de pino
- Mineralización de nitrógeno después de la fertilización con urea de bosques de pino de Oregón
- Diagnóstico nutricional del eucalipto por DRIS, M-DRIS Y CND
- Respuesta del café a la fertilización potásica
- Nutrición mineral, crecimiento y contenido de aceite esencial de menta en solución nutritiva bajo diferentes concentraciones de fósforo.

Cursos y Simposios15

Publicaciones de INPOFOS16

Editor: Dr. José Espinosa

Se permite copiar, citar o reimprimir los artículos de este boletín siempre y cuando no se altere el contenido y se citen la fuente y el autor.



INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFORO
POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE
POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE OF CANADA

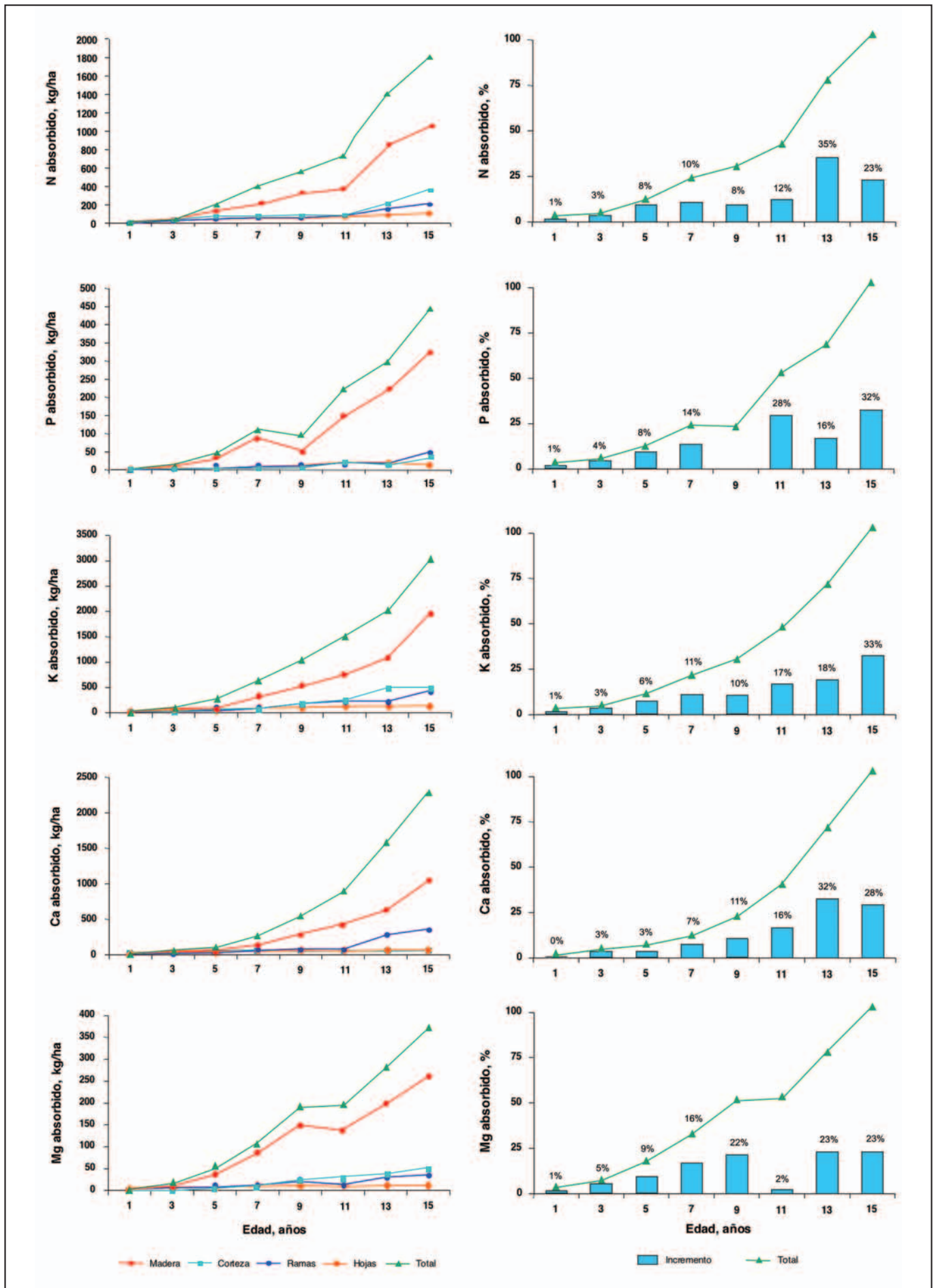


Figura 1. Curvas de absorción de nutrientes en plantaciones de teca de diferente edad en Nigeria (adaptada de datos de Nwoboshi, 1984).

En ocasiones se establecen plantaciones de teca en suelos compactados por pisoteo de ganado. En estas condiciones es necesario subsolar y rastrear el suelo en la faja donde se van a sembrar los árboles, evitando trabajar todo el suelo para reducir las pérdidas por erosión. Cuando los suelos compactados por pisoteo son además ácidos (Ultisoles e Inceptisoles), se debe aplicar cal al voleo en la banda de siembra antes del paso del subsolador y la rastra para incorporar la cal hasta una profundidad adecuada. Antes de iniciar esta fase se deben tomar muestras de suelo para análisis químicos, para determinar las condiciones de fertilidad y definir el tipo de manejo de la nutrición de acuerdo a las limitaciones en contenidos de P, K, Ca, Mg y S y para determinar las necesidades de cal para controlar acidez.

No se aconseja sembrar teca en suelos arcillosos (Vertisoles) por la susceptibilidad a permanecer encharcados por una buena parte del año, pero si se decide utilizarlos, es necesario planificar un buen sistema de drenaje y la confección de lomos. La teca se

siembra en la cima de los lomos, sin embargo, el costo de este tipo de siembra es relativamente mayor al de otro tipo de suelos.

Requerimientos nutricionales

La teca puede remover apreciables cantidades de nutrientes, sin embargo, puede crecer en suelos relativamente infértiles con buena estructura, drenaje, enmiendas y fertilizantes. En la **Figura 1** se presenta la dinámica de absorción de nutrientes de 1 a 15 años de edad en la biomasa aérea de plantaciones de teca en Nigeria (Nwoboshi, 1984). Se encontró que los requerimientos de nutrientes aumentan con la edad y los requerimientos tienen el siguiente orden $K > Ca > N > P > Mg$. Se observa que el mayor requerimiento de nutrientes ocurre a edades mayores a los 9 años, por lo que se espera respuesta a la fertilización en plantaciones adultas.

En la **Tabla 1** se presentan las cantidades de nutrientes absorbidos en diferentes tejidos en plantaciones de teca

Tabla 1. Acumulación de nutrientes en los diferentes componentes de la biomasa y del mantillo de plantaciones de teca (*T. grandis*) en regiones tropicales (adaptado de Salas, 1987 y Negi *et al.*, 1995).

Edad plantación	Componente	Peso seco t/ha	N----- kg/ha -----				
			N	P	K	Ca	Mg
6 años, Venezuela	Hojas	3.4	68	9	52	49	11
	Ramas	4.2	19	7	42	37	6
	Tronco	39.4	125	46	161	200	39
	Mantillo	20.8	159	18	36	240	33
	Total	68.3	371	81	291	526	79
10 años, India	Hojas	5.2	60	3	35	61	14
	Ramitas	5.0	17	1	25	51	9
	Ramas	8.3	28	3	23	37	11
	Corteza	7.9	28	2	34	196	17
	Tronco	48.2	93	4	36	81	56
	Raíces	15.4	47	4	84	143	40
	Total	90.0	272	18	236	569	147
20 años, India	Hojas	5.5	64	1	49	14	14
	Ramitas	5.5	17	1	22	39	7
	Ramas	12.7	20	4	37	62	13
	Corteza	8.9	36	3	63	320	8
	Tronco	58.1	92	10	61	102	71
	Raíces	17.9	72	6	145	177	58
	Total	108.6	300	26	377	713	171
30 años, India	Hojas	7.8	111	2	61	82	21
	Ramitas	8.5	33	2	34	34	10
	Ramas	35.1	43	2	72	108	33
	Corteza	13.9	28	4	52	338	8
	Tronco	98.8	176	18	46	185	157
	Raíces	28.5	64	12	191	244	59
	Total	192.6	422	41	456	992	288

Tabla 2. Cantidad de nutrientes adicionados al suelo con los residuos en plantaciones de teca de 30 años de edad (Sanmughavel y Francis, 1988).

Componente	N	P	K	Ca	Mg
	----- kg/ha -----				
Hojas	134.10	1.38	107.1	209.46	117.00
Ramas	1.78	0.10	4.55	3.85	0.98
Corteza	0.01	tr	0.01	0.03	0.01
Organos reproductivos	1.05	0.16	3.21	2.34	0.34
Total	138.94	1.64	114.86	215.68	118.32

Tabla 3 . Interpretación de niveles foliares de nutrimentos en plantaciones de teca (adaptado de Drechsel y Zech, 1991; Boardman *et al.*, 1997).

Elemento	Deficiente	Marginal	Adecuado	Alto
N (%)	<1.20	1.20-1.51	1.52-2.78	
P (%)	<0.10	0.10-0.13	0.14-0.25	0.40
K (%)	<0.50	0.50-0.79	0.80-2.32	2.33
S (%)	<0.08	0.08-0.10	0.11-0.23	
Ca (%)	<0.55	0.55-0.71	0.72-2.20	
Mg (%)	<0.10	0.10-0.19	0.20-0.37	
Cu (mg/kg)			10-25	
Zn (mg/kg)		11-19	20-50	
Mn (mg/kg)	<30	30-49	50-112	
Fe (mg/kg)			58-390	379-1 074
Al (mg/kg)			85-320	340-480
B (mg/kg)			15-45	

Tabla 4. Efecto de diferentes dosis y frecuencia de aplicación de fertilizante en la altura, el peso seco y las concentraciones de N, P y K en plántulas provenientes de tocones de teca (Rangaswamy *et al.*, 1990; 1991).

Trat.	Fertilizante aplicado		Frecuencia aplicación (días)	Variables de crecimiento				
	----- (g) -----			Altura (cm)	Materia seca (g)	Concentración en la plántula ----- (% peso seco) -----		
	DAP	KCl						N
Testigo	0	0	0	9.8	7.5	1.10	0.78	1.35
1	1.0	0.25	15	17.3	40.0	1.50	0.76	1.96
2	0.5	0.125	15	17.2	39.0	1.40	0.75	1.58
3	1.0	0.25	30	18.9	42.5	1.60	0.84	2.18
4	0.5	0.125	30	15.9	20.0	1.40	0.72	1.28

de 6, 10, 20 y 30 años de edad en diferentes países (Salas 1987; Negi *et al.*, 1995). Las diferencias debidas a la edad se deben a una mayor acumulación de biomasa con el tiempo.

Reciclaje de nutrientes

Una vez que la plantación cierra la copa, el reciclaje de nutrientes juega un papel importante en la nutrición de la planta de teca. Más del 90% de los residuos que caen de los árboles se mineralizan en un periodo de menos de 6 meses (Egunjobi, 1974). En países asiáticos se ha

reportado que una plantación de teca de 30 años de edad deposita 10175 kg/ha de residuos, los cuales adicionan 139, 1.6, 115, 216 y 118 kg/ha de N, P, K, Ca y Mg, respectivamente (Shanmughavel y Francis 1988). En este caso, el 91% de los residuos son hojas, el 7% ramas y el 2% restante son órganos reproductivos y corteza (Tabla 2).

Contenido foliar de nutrientes

El muestreo foliar debe realizarse colectando la segunda hoja desde la terminal de la rama, del tercio inferior de la copa de los árboles de mayor diámetro. Es

mejor muestrear en la época lluviosa (Jayamadhavan y Sudhakara, 2000). Los valores críticos para interpretación de las concentraciones foliares de nutrientes se presentan en la **Tabla 3**.

Síntomas de deficiencia de nutrientes

Los síntomas visuales de deficiencia de nutrientes en teca se describen a continuación (Nwoboshi, 1975):

A. Síntomas desarrollados en las hojas viejas

- Hojas de tamaño pequeño con clorosis uniforme de tono verde pálido, con o sin manchas necróticas N
- Hojas con clorosis uniforme de color verde pálido, con o sin corchosis en los márgenes P
- Clorosis marginal uniforme con o sin necrosis intervenal y ápices quemados en las hojas viejas; hojas jóvenes de forma normal pero de color verde más oscuro o curvadas hacia atrás K
- Hojas de tamaño y forma normal con clorosis intervenal, con o sin bandas verdosas en los márgenes (**Foto 1**). Mg

B. Síntomas presentes en las hojas jóvenes

- Hojas de tamaño y forma normal con un moteamiento intervenal amarillo blanquizco S
- Hojas jóvenes de forma distorsionada, tamaño más pequeño que el normal, curvadas hacia atrás y ápices quemados, con o sin necrosis intervenal y corchosis de color verde pálido. Las hojas viejas tiene apariencia normal y pueden presentar clorosis marginal Ca

Fertilización de la teca

Fertilización en vivero

Un factor importante en los programas de silvicultura intensiva es la necesidad de producir plántulas de calidad en viveros bien manejados. Los sustratos utilizados varían según la disponibilidad de material, se puede usar una mezcla de suelo fértil con arena y materia orgánica (Chaves y Fonseca; 1991, Tewari, 1999) y más recientemente jiffies o sustratos a base de musgo (**Foto 2**). Diferentes estudios, han demostrado que la fertilización con N, P y K en viveros de teca brinda buenos resultados ya que se obtienen plantas de

buen color y vigor, se acelera el crecimiento y se reduce la incidencia de enfermedades en el vivero (Nwoboshi, 1975; Sundralingam, 1982; Tewari, 1999). En la **Tabla 4** se presentan los efectos de la aplicación de N, P y K en las variables de crecimiento y en el contenido de nutrientes en el tejido de plántulas de teca provenientes de tocones.

Fertilización al transplante

Investigación conducida en Nandayure y Hojanca, Costa Rica, comparó el efecto de adicionar al transplante de las plántulas de teca a sitio definitivo empleando dosis de 25, 50 y 100 kg/ha de nitrógeno usando urea o las fórmulas 15-15-15, 12-24-12, y 18-15-6-2. Se encontró que los tratamientos no afectaron la sobrevivencia de las plantas y que los tratamientos con mayor contenido de N solo o en las combinaciones N-P-K produjeron el mayor incremento en altura y diámetro de los árboles. Este efecto tendió a desaparecer después de 54 meses de aplicado el fertilizante (Fonseca, 2000). Por esta razón, se recomienda aplicar fertilizante al menos una vez por año hasta el cierre del dosel. Cuando se presentan



Foto 1. Deficiencia de Mg en teca joven.



Foto 2. Vivero de clonación de teca utilizando jiffies en la plantación Maderas de Costa Rica en Peñas Blancas, Guanacaste.

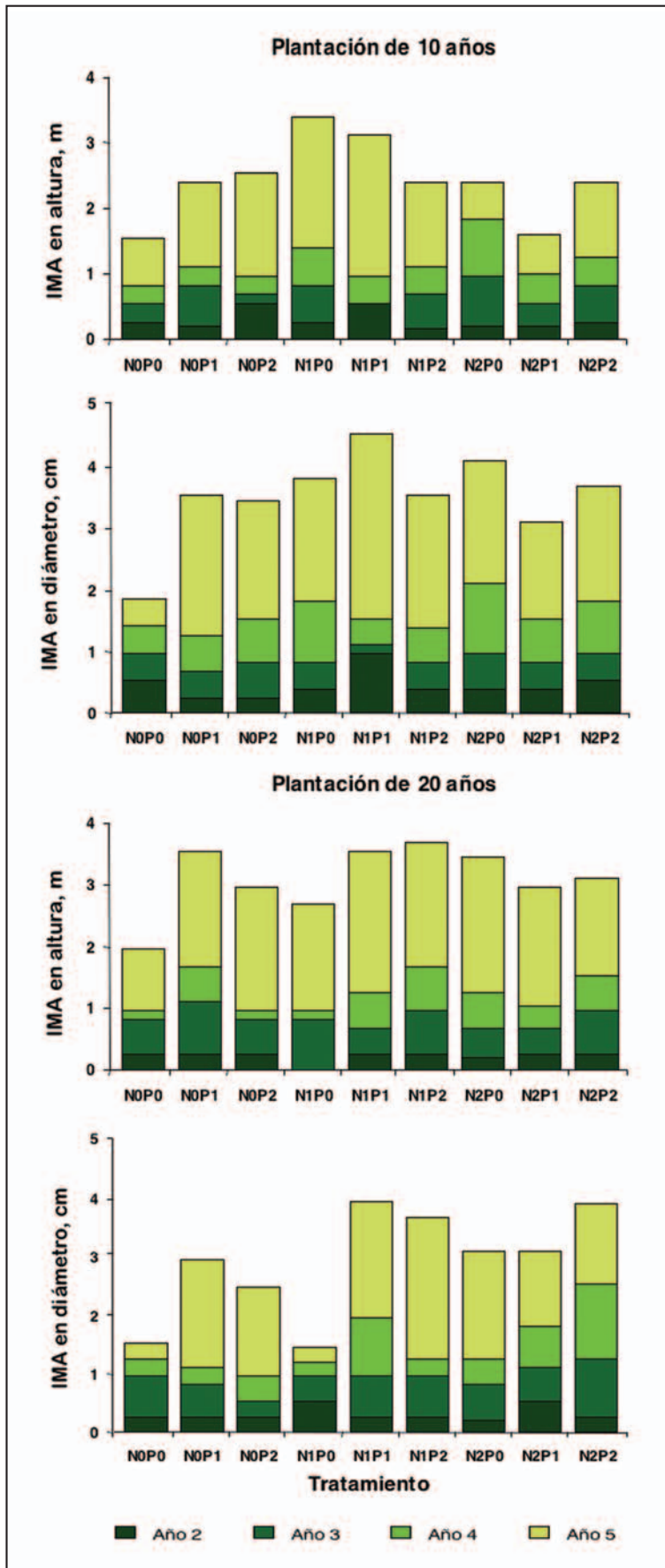


Figura 2. Incremento medio anual en altura y diámetro de plantaciones de teca de 10 y 20 años de edad como respuesta a la aplicación anual de N (0, 150 y 300 kg/ha) y P (0, 75 y 150 kg/ha), durante 5 años, en la India (adaptado de Prasad, Sah y Bhandari 1986).

deficiencias de elementos menores en una región, la adición de pequeñas cantidades de fertilizante portadores de estos elementos puede solventar el problema.

Fertilización de mantenimiento

Se ha demostrado que la fertilización aumenta el diámetro y la altura de los árboles de teca y la respuesta se atribuye al mejoramiento de las condiciones nutricionales de la planta que se refleja en incrementos en la concentración foliar de nutrientes y al rápido cierre de la copa de los árboles lo que suprime el crecimiento de malezas, en particular gramíneas, con lo que se reduce la competencia por nutrientes (Patel, 1991; Prasad y Bhandari, 1986).

Investigación conducida en India (Prasad, Sah y Bhandari, 1986) demostró que la adición conjunta de N, P y K en plantaciones de 10 y 20 años de edad incrementó la altura, diámetro y volumen del árbol. Se probaron aplicaciones de dosis anuales de N (0, 150 y 300 kg/ha) y P (0, 75 y 150 kg/ha) con una base de 50 kg de K/ha, durante 5 años. Las dosis anuales de N se fraccionaron en dos aplicaciones por año, mientras que el P y K se adicionó en una sola aplicación. Las mejores respuestas se encontraron con los siguientes tratamientos: 150-75-50, 150-150-50 y 300-150-50 kg/ha de N, P y K, respectivamente. El efecto de los diferentes tratamientos se presenta en la **Figura 2** donde se observa que el incremento de las variables estudiadas fue mayor en el último año de estudio. Por esta razón, se recomienda realizar este tipo de trabajos por periodos prolongados de tiempo.

Otro estudio conducido en Panamá (Montero, 1995) evaluó la respuesta a la aplicación de dosis de 84.9, 169.8 y 254.7 g/árbol de la fórmula NPK 12-24-12 y un testigo sin fertilización. La mejor respuesta se obtuvo con la dosis de 254.7 g/árbol al medir las variables altura, diámetro, sobrevivencia, incremento medio en altura e incremento corriente anual (**Tabla 5**).

Corrección de acidez

Una de las más importante propiedades físico-químicas del suelo para la teca es la reacción del suelo (pH). La teca presenta un crecimiento pobre cuando el pH (CaCl_2) es menor a 4.3 y se considera que un pH mayor a 4.7 es adecuado para el crecimiento normal del árbol (Zech y Drechsel, 1991). Este factor tiene relación directa

Tabla 5. Respuesta de plantaciones jóvenes de teca a la aplicación de fertilizante en El Limón, Herrera, Panamá (Montero, 1995).

Tratamiento* g/árbol	Altura media m	Diámetro medio mm	Area basal m ² /ha	Volumen m ³ /ha
0	3.2	30	0.78	1.33
85	4.0	40	1.33	2.89
170	4.0	38	1.22	2.67
255	5.3	55	2.67	7.78

* El fertilizante aplicado correspondió a la fórmula 12-24-12

con la saturación de bases, la saturación de Ca y la saturación de acidez o de Al (Bebarta, 1999). En la **Figura 3** se describe el comportamiento del crecimiento de la teca en suelos de Costa Rica con pH inferior a 6 (Alvarado y Fallas, 2004). Los datos de esta figura demuestran que al pasar de 1% al 5.8% de saturación de Al en el suelo, el incremento medio anual de la altura de los árboles se reduce de 3.9 a 1.5 m/año. Se considera que el nivel crítico tentativo de saturación de acidez para la teca es 6%. La adición de cal debe reducir los valores altos de saturación de acidez a valores menores a 6% para evitar el efecto negativo de esta condición en la altura de los árboles. De igual manera, valor crítico de saturación de Ca en el suelo es 67.6 % (**Figura 4**). Este hecho se relaciona con la información obtenida previamente por Vallejos (1996) y Montero (1999) quienes determinaron que a mayor cantidad de Ca intercambiable en el suelo mayor es el crecimiento de la plantación. Cuando el suelo tiene contenidos bajos de Ca intercambiable es aconsejable dejar en el campo la

corteza de la madera (rica en este elemento) para así reducir la posibilidad de inducir deficiencias de Ca después del primer corte de la plantación.

En ciertas ocasiones, el crecimiento de la teca se ve afectado por factores edáficos adversos en el subsuelo. Cuando la acidez aumenta con la profundidad del perfil, la plantación puede crecer normalmente durante cierto número de años, pero luego el crecimiento se estanca cuando las raíces encuentran el subsuelo ácido debido a que el crecimiento radical se constriñe. En estas condiciones, cualquier periodo seco causa un amarillamiento de las hojas de abajo hacia arriba.

Por otro lado, cuando el material parental es de origen calcáreo, los árboles de teca de 10 años de edad pueden presentar problemas graves causados por deficiencia de Fe y Mn inducida por el incremento del pH con la profundidad del perfil del suelo (Mongia y Bandyopadhyay, 1993).

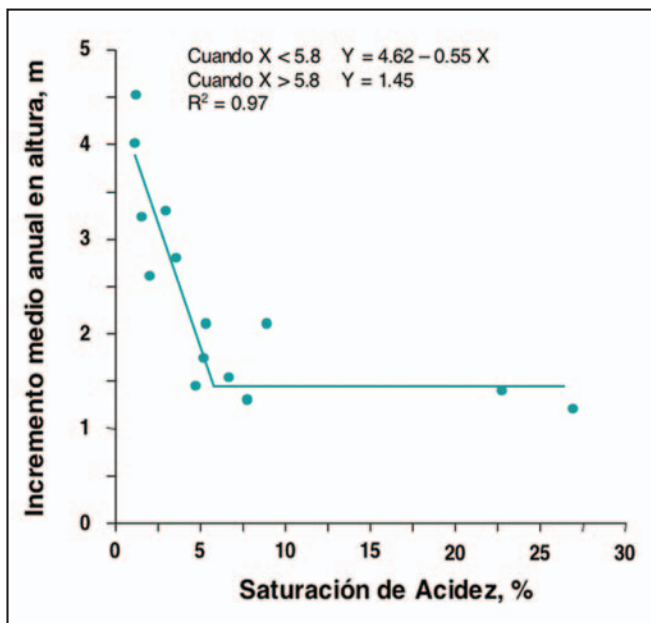


Figura 3 . Relación entre el incremento medio anual en la altura y la saturación de acidez en el suelo para 14 plantaciones de teca en Costa Rica con un pH del suelo en agua < 6.0 (Alvarado y Fallas, 2004).

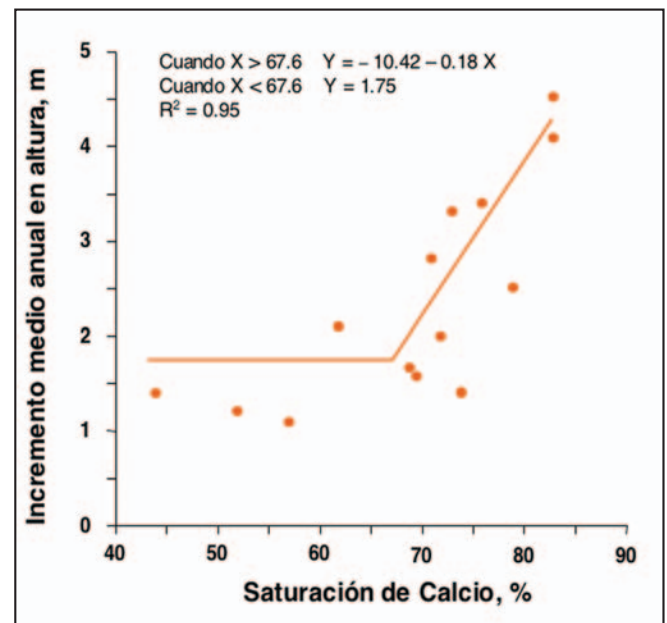


Figura 4. Relación entre el incremento medio anual en la altura y la saturación con calcio en el suelo para 14 plantaciones de teca en Costa Rica con un pH del suelo en agua < 6.0 (Alvarado y Fallas, 2004).

Bibliografía

- Alvarado, A. y Fallas, J.L. 2004. Efecto de la saturación de acidez sobre el crecimiento de la teca (*Tectona grandis* L. f.) en Ultisoles de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 28(1): 81-87.
- Bebarta, K.C. 1999. Teak ecology, silviculture, management and profitability. International Book Distributors. Dehra Dun, India. Chapter 6. pp. 103-125.
- Boardmann, R., Cromer, R.N., Lambert, M.J. y Webb, M.J. 1997. Forest plantations. In: D.J. Reuter y J.B. Robinson (eds.). *Plant analysis, an interpretation manual*. CSIRO Publishing. Australia. pp. 505-561.
- Briscoe, C. 1995. Silvicultura y manejo de teca, Melina y pochote. Turrialba, CR. Diseminación del cultivo de árboles de uso múltiple. MADELEÑA/USAID/CAP/RENARM y FINNIDA/PROCAFOR. Proyecto 1. CATIE Serie Técnica, Informe Técnico No. 270. 44 p.
- Chaves, E. y Fonseca, W. 1991. Teca (*Tectona grandis*), especie de árbol de uso múltiple en América Central. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 47 p.
- Drechsel, P. y Zech, W. 1994. DRIS evaluation of teak (*Tectona grandis* L. f.) mineral nutrition and effects of nutrition and site quality on the teak growth in West Africa. *Forest Ecology and Management* 70: 121-133.
- Egunjobi, J.K. 1974. Litter fall and mineralization in a teak (*Tectona grandis*) stand. *Oikos* 25:222-226.
- Fonseca, W. 2000. La aplicación de fertilizantes químicos en (*Tectona grandis* Linn. f.) en Guanacaste, Costa Rica. In: Consejo Nacional de Rectores, Oficina de Planificación de la Educación Superior. Taller de Nutrición Forestal. San José, Costa Rica. pp. 39-44.
- Jayamadhavan, A., Sudhakara, K. y Washid, P.A. 2000. Methods of leaf sampling in teak (*Tectona grandis*) for nutrient analysis. *Journal of Tropical Forest Science* 12(2):227-237.
- Jha, K.K. 1999. Teak (*Tectona grandis*) farming. International Book Distributing Co. India. 125 p.
- Mollinedo, M.; Ugalde, L.; Alvarado, A.; J.M.; Rudy, L. C. 2005. Relación suelo-árbol y factores de sitio, en plantaciones jóvenes de teca (*Tectona grandis*). En la zona oeste de la cuenca del Canal de Panamá. *Agronomía Costarricense* 29(1): 67-75.
- Mongia, A.D. y Bandyopadhyay, A.K. 1993. Effects of soil iron and manganese on teak mortality grown in South Andaman. *Journal of the Indian Society of Soil Science*. 41(1): 199-201.
- Montero, M. 1995. Dinámica de crecimiento de teca (*Tectona grandis*) bajo fertilización en El Limón de Chupampa, Herrera, Panamá. In: Memorias del Seminario Técnico sobre Fertilización Forestal realizado en Santiago, Veraguas, Panamá. CATIE/ INRENARE. pp. 17-29.
- Montero, M. 1999. Factores de sitio que influyen en el crecimiento de *Tectona grandis* L. f. y *Bombacopsis quinata* (Jacq.) Dugand, en Costa Rica. Tesis Mag. Ciencias. Universidad Austral de Chile, Valdivia/ CATIE, Turrialba, Costa Rica. 111 p.
- Negi, M.S.; Tandon, V.N.; Rawat, H.S. 1995. Biomass and nutrient distribution in young teak (*Tectona grandis* Linn. F.) plantations in Tarai Region of Uttar Pradesh. *Indian Forester* 121(6): 455-464.
- Nwoboshi, L.C. 1984. Growth and nutrient requirements in a teak plantation age series in Nigeria. II. Nutrient accumulation and minimum annual requirements. *Forest Science* 30(1): 35-40.
- Pandey, D. y Brown, C. 2000. La teca: una visión global. *Unasyuva* 51(2): s.p.
- Patel, V.J. 1991. Teak cultivation at Jivrajbhai Patel agroforestry center. In *Teak: Proceedings of the international teak symposium, thiruvananthapuram, Kerala, India*. Eds. Basha, S.C; Mohanan, C.; Sankar, S. Kerala, India./ Kerala Forest Department & Kerala Forest Research Institute./ 15-19 p.
- Prasad, R., Sah, A.K. y Bhandari, A.S. 1986. Fertilizer trial in ten and twenty years old teak plantations in Nadhya Pradesh. *Journal of Tropical Forestry* 2(1):47-52.
- Rangaswamy, C.R., Jain, S.H. y Sarma, C.R. 1991. Effect of inorganic fertilisers on seedlings of casuarina, sandal and teak. *Myforest* 27(1):35-38.
- Salas, de las G. 1987. Suelos y ecosistemas forestales con énfasis en América Tropical. Servicio Editorial IICA. San José, Costa Rica. 447 p.
- Shanmughavel, P. y Francis, K. 1998. Litter production and nutrient return in teak plantations. *Van Vigyan* 36(2-4):128-133.
- Sundralingam, P. 1982. Some preliminary studies on the fertilizer requirements of teak. *The Malaysian Forester* 45(3): 361-366.
- Tewari, D. 1999. A monograph on teak (*Tectona grandis* Linn. .F.). Dehra Dun, India. International Book Distributors. 479 p.
- Vallejos, B.O. 1996. Productividad y relaciones del índice de sitio con variables fisiográficas, edafoclimáticas y foliares para *Tectona grandis* L f., *Bombacopsis quinata* (Jacq.) Dugand y *Gmelina arborea* Roxb. en Costa Rica. Tesis Mag. Ciencias. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 147 p.
- Zech, W. y Drechsel, P. 1991. Relationships between growth, mineral nutrition and site factors of teak (*Tectona grandis*) plantations in the rainforest zone of Liberia. *Forest Ecology and Management* 41: 221-235. ♦

