

# Contenido Foliar de Nutrientos y Crecimiento en Plantaciones de Teca en Ticoporo, Ven.<sup>1</sup>

R. Hernández\*, A. Torres\*, O. Márquez\*, W. Franco\*

## ABSTRACT

The relationship between foliar nutrient content and growth was studied in a teak (*Tectona grandis* L.f.) plantation on alluvial soils, in the Venezuelan western plains. The 12-year-old plantation on moderately drained soils showed better growth, expressed in terms of basal area and volume, than the one on poorly drained soils. The K and P foliar contents were significantly greater in the site with moderate drainage, whereas the Mg, Fe y Mn foliar concentration were significantly greater in the poorly drained site. Potassium foliar content was positively correlated ( $R^2 = 0.5757$ ,  $P = 0.001$ ) with teak growth, expressed in terms of basal area. This could explained the better productivity of teak plantations on moderately drained soil.

## INTRODUCCION

En los llanos occidentales venezolanos se establecieron plantaciones de teca (*Tectona grandis* L.f.) sobre suelos aluviales con diferentes niveles de inundación durante la estación lluviosa. Esto determinó un rendimiento variable de las plantaciones, pues esta especie requiere suelos bien drenados (Keogh 1980; Torres 1982; Watterston 1971). Se ha documentado (Kozłowski 1984) el efecto de las inundaciones periódicas sobre el crecimiento de especies intolerantes, al disminuir la aireación y la capacidad de absorción de nutrientes por

## RESUMEN

Se estudió la relación entre el contenido foliar de nutrientes y el crecimiento en una plantación de teca (*Tectona grandis* L.f.) sobre suelos aluviales en dos sitios contrastantes en los llanos occidentales venezolanos. La plantación de 12 años de edad sobre suelos moderadamente bien drenados, mostró un crecimiento mayor, en términos de área basal y de volumen, que la establecida en suelos pobremente drenados. Los contenidos foliares de K y P fueron significativamente mayores en el sitio con mejor drenaje; mientras que las concentraciones foliares de Mg, Fe y Mn resultaron notoriamente mayores en el sitio poco drenado. El contenido foliar de K mostró correlación ( $R^2 = 0.5757$ ,  $P = 0.001$ ) con el crecimiento de la teca, en términos de área basal, que podría explicar la mejor productividad de la plantación en suelos moderadamente bien drenados.

Palabras clave: Contenido foliar de nutrientes, teca, plantación forestal.

las plantas. Se han realizado también algunos estudios del ciclaje de nutrientes, como el efectuado en una plantación experimental de teca en Dehra Dun (India), (Seth *et al.* 1963), con el propósito de evaluar la calidad de sitio y la rotación continua de la especie. En ese mismo bosque, por medio de la técnica del árbol promedio y del muestreo estratificado, se estimaron la materia seca y el contenido de nutrientes (Kozłowski 1984). En la Reserva Forestal de Caparo, al oeste de Venezuela, se realizó un inventario de los macronutrientes en parcelas de teca plantadas sobre suelos aluviales, y se encontró que el 70% del K y entre el 40% y 50% del Ca se almacenan en la vegetación (Hase y Foelster 1983).

Generalmente, como no se realizan evaluaciones del sitio antes de la reforestación, ocurren fallas en plantaciones forestales; así sucedió en una plantación de teca de Filipinas (Zech 1990), donde se presentó un empequeñecimiento de los individuos por deficiencias minerales.

El presente estudio trata de establecer una relación entre el contenido foliar de nutrientes y el crecimiento en las plantaciones de teca en suelos

1 Recibido para publicación el 20 de mayo de 1992.  
Los autores agradecen la participación de J. Fernández y M.E. Benítez en la toma de los datos de campo; también a F. Ferrer y J. Fernández por los análisis foliares y a J. Serrano en el procesamiento de los datos. Este trabajo fue financiado parcialmente por el Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico de la Universidad de Los Andes (CDCHT-ULA) y por las empresas FOSFA-SUROESTE C A y CONTACA

\* Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales, Mérida, Mérida 5101. Ven

moderadamente bien drenados y pobremente drenados de la Reserva Forestal de Ticoporo.

## MATERIALES Y METODOS

### Area de estudio

El trabajo de campo se realizó en la Unidad II de la Reserva Forestal de Ticoporo (40 775 ha), cedida en concesión a la empresa CONTACA en 1970. La descripción general de esta área puede encontrarse en Márquez *et al.* (s.f.). Los suelos moderadamente bien drenados se caracterizan por texturas FA<sup>30</sup>/FA-FAL<sup>50</sup>/FAa<sup>120</sup>, donde los superíndices indican la profundidad del horizonte en centímetros; eso determina la existencia de períodos de saturación moderada durante la estación lluviosa, a partir de los 50 cm de profundidad en el sector de enraizamiento principal (0-100 cm). Los suelos pobremente drenados tienen texturas FA<sup>60</sup>/A<sup>80</sup>/FAa-Fa<sup>120</sup>, lo que produce una saturación durante la época húmeda. Las características químicas en ambos sitios son similares. El pH es ligeramente ácido (5.4-5.7).

Las parcelas de estudio se ubicaron en una plantación establecida en 1978. En el sitio pobremente drenado todos los árboles mostraron necrosis foliar entre un tercio y dos tercios del follaje, mientras que en el sitio moderadamente drenado la mayoría de los árboles (91%) presentó necrosis hasta un tercio del follaje.

### Evaluación de crecimiento

El crecimiento de la teca se evaluó en ambos sitios, en 18 parcelas de 0.13 ha con 64 árboles (12 hileras x 12 hileras) teóricos centrales, correspondientes a dos ensayos de fertilización (Torres *et al.* s.f.) con tres dosis de fosforita, con y sin aclareo, y tres repeticiones. Durante el período de mayo a junio de 1990, previo a la aplicación de los tratamientos, se midió la circunferencia de todos los fustes a la altura del pecho (c) en milímetros y la altura total (h) en un 30% de los árboles escogidos al azar, por parcela. El número de árboles, el área basal y el volumen por parcela y por hectárea, y el diámetro y altura promedios por parcela, se calcularon con los programas EPO2 y ORO1 del paquete F77, desarrollado en la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Los Andes.

La estimación del volumen por árbol (sin tocón y sin corteza) se hizo con la ecuación encontrada por Salinas (1986):

$$V = 9.83 * 10^{-6} * d^{1.78684} * h^{1.52166}$$

Para los árboles a los que no se les midió altura, fue estimada con el ajuste de los datos al modelo matemático  $h=f(d^2)$ , utilizando el paquete estadístico SAS (SAS 1988).

Las diferencias de las características del vuelo y el contenido foliar de nutrimentos, entre los dos sitios, se analizó a través de pruebas de medias con el procedimiento "TTEST" (SAS 1988).

### Muestreo foliar y análisis químico

En cada sitio se seleccionaron 12 parcelas correspondientes a las dosis de control y más alta de fosforita, con y sin raleo. En cada parcela se muestrearon cuatro árboles al azar, tomándose cuatro hojas por árbol a una altura aproximada de 9.5 m, las cuales se mezclaron para formar una muestra compuesta por parcela.

Se obtuvieron en total 24 muestras foliares, que se secaron a 60°C durante 72 horas; luego se pulverizaron en un molino Thomas Wiley "Laboratory Mill Model 4". Alícuotas de polvo foliar fueron digeridas con una mezcla de HClO<sub>4</sub> - HNO<sub>3</sub> (1:1), para determinar los elementos Ca, Mg y K mediante un espectrofotómetro Perkin-Elmer 303. El N se precisó por MicroKjeldahl; el azufre (S), por el método gravimétrico del sulfato de bario; el boro (B), después de la acenización seca de las muestras a 550°C, mediante la reacción colorimétrica de curcumina. Los elementos Mn, Fe y P se determinaron coloriméricamente (Malavolta *et al.* 1989).

Para determinar la relación entre el crecimiento —expresado a través del área basal por hectárea— y el contenido foliar de nutrimentos se usó una regresión múltiple, método "Stepwise", utilizando SAS (SAS 1988).

## RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 1 se observa que el crecimiento en diámetro (d) de los individuos en suelos poco drenados, es aproximadamente 1.3 veces mayor que en los poco drenados; esto puede relacionarse con la mejor

**Cuadro 1.** Características del crecimiento en plantaciones de teca de 12 años sobre suelos moderadamente y pobremente drenados (medias y desviación estándar).

Parámetro	Sitios con drenaje		
	Moderado	Pobre	P > F
Arboles (núm/ha)	1 054 (36)	1 006 (51)	0 0127
Diámetro (cm)	17.4 (1.4)	13.9 (1.1)	0 0001
Area basal (m <sup>2</sup> /ha)	32.6 (4.0)	23.2 (3.4)	0 0001
Altura (m)	11.9 (0.5)	11.4 (0.4)	0 0281
Volumen (m <sup>3</sup> /ha) <sup>1</sup>	98.5 (14.6)	68.8 (12.6)	0 0001
IMA (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> ) <sup>2</sup>	8.2 (1.2)	5.9 (1.1)	0 0001

1 Volumen sin corteza y sin tocón.

2 Incremento medio anual en volumen.

aireación de ese sitio. Los resultados obtenidos en Ticoporo son inferiores a los hallados en Caparo, Venezuela, en sitios bien drenados (Hase y Foelster 1982) y bastante menores a los encontrados en Trinidad, en rodales de 5 años y 10 años, situados en terrenos de colinas y penillanuras, bien drenados, pero muy ácidos (pH 4-5.5), (Ross 1959).

Tanto el área basal como el volumen por hectárea resultaron significativamente ( $P=0.0001$ ) más altos en suelos moderadamente bien drenados, que en suelos pobremente drenados. Los valores promedios de área basal, relativamente altos, sugirieron que el crecimiento de la teca es fuertemente afectado por la competencia intraespecífica. El incremento medio anual en volumen sin corteza fue 8.2 m<sup>3</sup>/ha en suelos

con drenaje moderado, mientras que en suelos pobremente drenados fue 5.9 m<sup>3</sup>/ha, lo que da una diferencia de 1.4 veces más. Estos valores son menores que los encontrados en sitios bien drenados de Caparo, Ven., (Hase y Foelster 1983).

El Cuadro 2 muestra el contenido promedio de nutrientes en las hojas de teca; en él se observa una diferencia bien marcada en el contenido de K en el suelo moderadamente bien drenado ( $P=0.0001$ ), dos veces mayor que en el suelo pobremente drenado. El contenido de K encontrado en este trabajo es superior al reportado por Kaul *et al.* (4). Este fue el único nutriente que sobresalió ( $P=0.0001$ ) en el modelo que relacionó el área basal con el contenido foliar de nutrientes. Su elevado coeficiente de determina-

**Cuadro 2.** Concentraciones foliares promedio de elementos en plantaciones de teca sobre suelos moderadamente drenados y pobremente drenados. (Desviación estándar y porcentaje de los macronutrientes con base en el peso seco).

Nutriente	Sitios con drenaje		
	Moderado	Pobre	P > t
N (%)	1.11 (0.25)	1.16 (0.19)	0.3600
P (%)	0.38 (0.09)	0.21 (0.08)	0.0001
K (%)	2.25 (0.50)	1.15 (0.33)	0.0001
Ca (%)	1.61 (0.20)	1.57 (0.31)	0.6561
Mg (%)	0.30 (0.07)	0.36 (0.07)	0.0507
S (%)	0.16 (0.03)	0.16 (0.03)	0.6100
B (ppm)	17.07 (4.43)	19.14 (3.00)	0.2180
Fe (ppm)	9.98 (3.10)	12.57 (1.60)	0.0399
Mn (ppm)	67.77 (12.23)	89.34 (15.43)	0.0019

ción ( $R^2 = 0.5757$ ) muestra que una porción importante de la variación en el crecimiento de la teca podría explicarse por un cambio en el contenido foliar de este elemento.

La concentración foliar de P es notoriamente mayor ( $P = 0.0001$ ) en los suelos moderadamente bien drenados que en los pobremente drenados, y superior, en ambos casos, a las concentraciones encontradas en hojas de teca de la India (Kaul *et al.* 1974) y Filipinas (Zech 1990). Los valores de P encontrados en teca en suelos bien drenados son similares a los reportados para una plantación de teca sobre suelos aluviales de la Reserva Forestal de Caparo (Hase y Foelster 1983). La concentración foliar de N es menor que las publicadas en la literatura (Hase y Foelster 1983; Kaul *et al.* 1979; Seth *et al.* 1963; Zech 1990), mientras que la concentración foliar de Mg en tecas de Ticoporo es alta, si se compara con plantaciones de la India (Seth *et al.* 1963) y Caparo (Hase y Foelster 1983), pero es similar a los resultados obtenidos en Filipinas (Zech 1990).

Se ha dado gran importancia al contenido foliar de Ca en las hojas de teca, porque se trata de una especie calcícola (Bhatia 1955); los valores de Ca (1.57-1.61%), en ambos sitios de la plantación estudiada, están por encima de los reportados en Caparo (Hase y Foelster 1983) y en el norte de Luzon, en Filipinas (Zech 1990); pero, son menores que los reportados para la teca de New Forest, India, (Kaul *et al.* 1979).

En suelos moderadamente bien drenados la relación Ca:K varía de 0.66 a 0.69; mientras que en los poco drenados, está entre 1.27 y 1.54, por la disminución del contenido foliar de K. El S presenta un contenido 1.6 veces mayor que el reportado en Filipinas (Zech 1990), y el B, en ambos sitios, tiene un contenido similar.

Las concentraciones de Fe y Mn, aunque son significativamente mayores en el sitio pobremente drenado, que en el moderado, son bajas si se comparan con los valores publicados por otros autores para *Pinus* (Bonneau 1988), *Eucalyptus* (Malavolta *et al.* 1989) y *Tectona* (Zech 1990).

La diferencia en la productividad de la teca puede ser por las condiciones edáficas, diferentes en los sitios estudiados, con una mejor aireación en los suelos moderadamente bien drenados, lo que implica un

aumento de los contenidos foliares de K y P, como resultado de una mayor absorción activa (Luttge y Higinbotham 1979) de estos nutrientes.

#### LITERATURA CITADA

- BHATIA, K. 1955. Foliar calcium o teak. *Journal of the Indian Botanical Society (India)* 34(3):227-234.
- BONNEAU, M. 1988. Le diagnostic foliaire. *Revue Forestière Française* 40:19-28.
- HASE, H.; FOELSTER, H. 1983. Impact of plantation forestry with teak (*Tectona grandis*) on the nutrient status of young alluvial soils in west Venezuela. *Forest Ecology and Management* 6:33-57.
- KAUL, O N.; SHARMA, D.C.; TANDAR, V N.; SRIVASTAVA, P.P.L. 1979. Organic matter and plant nutrients in a teak (*Tectona grandis*) plantation. *Indian Forester* 105(8):573-582.
- KEOGH, R.M. 1980. El futuro de la teca en la América tropical. *Unasyuva (Italia)* 31(126):13-19.
- KOZLOWSKI, T.T. 1984. Responses of woody plants to flooding. In Kozlowski, T.T. 1984. *Flooding and plant growth*. New York, Academic Press. p. 129-163.
- LUTTGE, U.; HIGINBOTHAM, N. 1979. *Transport in plants*. New York, Springer Verlag. 468 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; DE OLIVEIRA, S.A. 1989. Avaliação do estado nutricional das plantas. Piracicaba, São Paulo. Bra. Potafos no 201. p. 9.
- MARQUEZ, O.; HERNANDEZ, R.; TORRES, A.; FRANCO, W. s.f. Cambios de las propiedades físico-químicas de los suelos en una cronosecuencia de *Tectona grandis* en los llanos occidentales de Venezuela.
- ROSS, P. 1959. Teak in Trinidad. *Economic Botany (EE UU)* 13:30-40.
- SALINAS, L. 1986. Elaboración de tablas de volumen para teca (*Tectona grandis*) en la Unidad Experimental de la Reserva Forestal de Ticoporo, Estado Barinas. Mérida, Ven., Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales. Cuaderno del Comodato ULA-MARNR no. 4. 43 p.
- SAS INSTITUTE. 1988. SAS/STAT user's guide: Release 6.03 Edition. Cary, North Carolina, EE UU., SAS Institute Inc. 378 p.

- SETH, O.; KAUL, N.; GUPTA, A.G. 1963. Some observations on the nutrient cycle and return of nutrients in plantations at New Forest Indian Forester 89:90-97.
- TORRES, A. 1982. Influencia del sitio y la espesura en el crecimiento de plantaciones de teca (*Tectona grandis*) en la Reserva Forestal de Caparo, Estado Barinas. Ven. Mérida, Ven., Universidad de los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Instituto de Silvicultura 67 p
- TORRES, A.; MARQUEZ, O.; HERNANDEZ, R.; FRANCO, W. s.f. Respuesta inicial de crecimiento a la fertilización con fosforita en plantaciones de teca (*Tectona grandis*) en los llanos occidentales de Venezuela.
- WATTERSTON, K.G. 1971. Growth of teak under different edaphic conditions in Lancetilla Valley, Honduras Turrialba (C.R.) 21(2):222-225
- ZECH, W. 1990. Mineral deficiencies in forest plantations of North-Luzon, Philippines. Tropical Ecology 31(1):22-31

## RESEÑA DE LIBROS

**ROBERT, P.C.; RUST, R.H.; LARSON, W.E. (EDS.). 1993. Soil specific crop management. In Primer Taller sobre Investigación y Desarrollo (1., 1992, Minneapolis, USA). Resúmenes. ASA/CSSA/SSSA. 395 p.**

El presente documento contiene los trabajos presentados en el Taller de Trabajo sobre Investigación y Desarrollo de Prácticas de Manejo para Sitios Específicos, realizado en Minneapolis en 1992. En general, los objetivos fueron (i) revisar el conocimiento adquirido respecto al manejo y aplicación tecnológica para sitios específicos; (ii) identificar las necesidades de investigación en este sentido, para manejar cultivos desde la siembra hasta la cosecha; e (iii) identificar las necesidades del desarrollo de tecnología de transferencia.

Debe recordarse que a pesar de que históricamente las prácticas agronómicas se desarrollaron en las fincas, las tendencias modernas de conservación y, recientemente, las condiciones socioeconómicas y ambientales causaron que el manejo del conjunto fuera más relevante que el de sitios específicos; por esta razón, en el taller se trató de revertir el proceso hacia

el concepto original, con el fin de disminuir los efectos unilaterales en "la finca" en beneficio "del conjunto".

El texto incluye secciones sobre variabilidad del recurso suelo, manejo de esa variabilidad, tecnología en ingeniería, beneficios, ambiente y transferencia de tecnología, en adición a varios resúmenes de "posters" presentados durante el taller y las recomendaciones emanadas de los participantes. El contenido de los trabajos presentados fue, en su mayoría, de excelente calidad y como en otras ocasiones el documento debe leerse con afán de actualizarse y adaptar su contenido a nuestra situación tropical.

Por los temas tratados, el volumen podría ser de relevancia en cursos sobre manejo de suelos y cultivos, así como de planificación en ordenamiento territorial. La obra puede obtenerse en la Sociedad Americana de Agronomía de los Estados Unidos de América.

DR ALFREDO ALVARADO H  
CENTRO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS