

Cambios en las Propiedades Físico-Químicas de los Suelos en una Cronosecuencia de *Tectona grandis*¹

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

ABSTRACT

The effect of a teak (*Tectona grandis* L.f.) chronosequence on the soil properties was studied in the Ticoporo Forest Reserve, Ven. Ca and Mg contents, pH and cation exchange capacity were significantly higher in the soils of the 12-year-old plantation as compared to the two- and seven-year-old plantations. The available soil P concentration showed a significant decline with plantation age, while K content showed little variation. The possibility that older teak trees could take nutrients more efficiently from deeper soil horizons and return them to the soil surface as leaf litter is discussed. The increase in soil nutrients could be a consequence of leaf litter decomposition and further nutrient cycling.

Key words: Forest soils, forest plantation, nutrients, teak.

INTRODUCCION

En la mayoría de los programas de plantaciones monoespecíficas se utilizan especies con altos requisitos nutricionales y suelos de media a baja fertilidad. En la reserva forestal de Ticoporo en Venezuela, en los Llanos Occidentales, existen 10 000 ha de plantación de teca (*Tectona grandis*), que configura un marco de producción cuyo estudio ecológico y nutricio debe ser cuidadoso. La teca es una especie que presenta un crecimiento relativamente rápido y provee una de las maderas de mayor valor comercial. Por tanto es necesario estudiar las

RESUMEN

Se estudió en la reserva forestal de Ticoporo, Unidad II Contraenchapados Táchira C.A. (CONTACA), en el estado Barinas, Ven., el efecto que tiene una cronosecuencia de teca (*Tectona grandis* L.f.) sobre los suelos. Se encontraron aumentos significativos en los contenidos de Ca, Mg, pH, N, materia orgánica y en la capacidad de intercambio catiónico en las plantaciones con 12 años de edad. No hubo variaciones en los contenidos de K, pero sí una disminución significativa en los de P en las plantaciones estudiadas (2 años, 7 años y 12 años). Se concluyó que, con el crecimiento, la teca extrae con mayor eficiencia más cantidad de nutrimentos de los horizontes profundos del perfil del suelo, que son retomados como hojarasca sobre la superficie. Ello produce, con el tiempo, un aumento de los elementos nutritivos como consecuencia del reciclaje de nutrimentos por descomposición de la hojarasca.

Palabras clave: Suelos forestales, plantaciones forestales, nutrimentos, teca.

modificaciones que pueden ocurrir en el suelo, y se espera que todo cambio en el uso de la tierra modifique las características físico-químicas del suelo. Algunos autores (Aborisade y Aweto 1990; José y Rosh 1992; Nath *et al.* 1988; Salas 1985; Yadav y Sharman 1968) señalan que el impacto de los monocultivos forestales se manifiesta en las capas superiores, donde afecta algunas propiedades del suelo y se relaciona con el pH, las bases cambiables y el carbono orgánico.

En estudios efectuados por Nath *et al.* (1988) se constató un incremento en el pH y la saturación de bases en los suelos bajo plantaciones de teca con 12 años e incluso la transformación de un suelo Inceptisol a un Mollisol en plantaciones de 28 años. El grupo de trabajo "Productividad, ecología y suelos en plantaciones forestales industriales", de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Los Andes, adelanta actualmente un programa de investigación en la región con el fin de desarrollar un conocimiento predictivo del funcionamiento, mantenimiento y mejoramiento de la fertilidad del suelo y su producción; así como el efecto sobre el manejo de plantaciones forestales. Este trabajo se enmarca

¹ Recibido para publicación el 20 de mayo de 1992. Se agradece la participación de J. Fernández, N. Cañizales y H. Uzcátegui en la toma de datos de campo y en los análisis de laboratorio. Este trabajo fue financiado parcialmente por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico y Tecnológico de la Universidad de los Andes (CDCHT-ULA), y las empresas FOSFA-SUROESTE C.A. y CONTACA.

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

dentro de una de esas líneas de investigación; su objetivo fue estudiar los cambios sobre algunas características físico-químicas de los suelos, inducidos por plantaciones de teca con 2 años, 7 años y 12 años de edad.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en la Unidad II de la reserva forestal de Ticoporo, a 8° 12' latitud norte y 70° 56' longitud oeste. El área de estudio está a 160 msnm y su topografía es plana con una pendiente del uno por ciento.

En general, la zona presenta un patrón intrincado de superposiciones de sedimentos aluviales, depositados por varios ríos que provienen de Los Andes (Quiu, Zapa, Acequia, Michay y Socopo). Estos ríos forman una típica planicie aluvial de deposiciones sucesivas ocurridas durante el Pleistoceno inferior y superior hasta el Holoceno. Los suelos presentan texturas medias a pesadas, con clases de drenaje que varían de bien drenados a pobremente drenados. Los sedimentos retomados de acumulaciones piedemontinas de fines de la Era Terciaria o inicios de la Cuaternaria han originado suelos ultisoles muy ácidos y con severas limitaciones por fertilidad. Los sedimentos más recientes del Pleistoceno superior y Holoceno dan origen a suelos inceptisoles y alfisoles ligeramente ácidos y de mediana fertilidad (Franco 1988).

El área se caracteriza por un clima (Al wig), según la clasificación climática de Koeppen y corresponde a la zona de vida bosque húmedo tropical. Presenta una precipitación media anual de 1700 mm, distribuidos anualmente con tendencia bimodal, con ocho meses a nueve meses de lluvia (máximas precipitaciones en junio, julio y agosto) y una temperatura media anual de 27 grados centígrados. En consecuencia, el régimen de humedad en los suelos bien drenados se califica como údico y existen zonas donde la ocurrencia de humedad en el perfil, durante gran parte del año, refleja condiciones de hidromorfismo, que determinan un régimen de humedad aquíco (Ven. Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales Renovables s.f.).

Con el fin de efectuar este estudio y otros se establecieron parcelas en plantaciones de teca, que incluyeron tres edades (2 años, 7 años y 12 años)

sobre suelos que corresponden a los grandes grupos Eutropepts y Dystropepts. Se seleccionaron 36 parcelas cuadradas de 12 árboles x 12 árboles (144) (0.13 ha) para las plantaciones correspondientes a 12 años, y 24 de 8 árboles x 8 árboles (64) (0.06) para las plantaciones de dos años y siete años de edad. Mayores detalles sobre las plantaciones y las parcelas pueden encontrarse en Torres *et al.* (1992).

Se recolectaron muestras de suelo en todas las parcelas en las profundidades 0 cm - 20 cm y 20 cm - 40 cm, siguiendo una diagonal determinada por el extremo SO en el centro y el extremo NE de la parcela. De cada parcela se obtuvo una muestra compuesta por tres submuestras tomadas en las profundidades indicadas. Las 168 muestras recogidas se secaron al aire y fueron tamizadas en mallas de dos milímetros. Para los análisis físicos y químicos se utilizaron metodologías estándar (Black 1965; Jackson 1958). La caracterización granulométrica fue hecha por el método de Boyoucos; el pH se determinó en agua y en KCI, usando la relación 1:2.5; y la acidez de cambios se determinó utilizando el KCI 1N como extractor. El fósforo se determinó por colorimetría; los elementos Ca, Mg, K y Na se extrajeron con acetato de amonio 1N pH 7 y se midieron en un espectrofotómetro Perkin Elmer mod. 303. El N se determinó por microKjeldahl y el carbono orgánico por combustión húmeda.

Se realizaron análisis de variancia para establecer el efecto de la edad de la plantación sobre las variables del suelo; con ese propósito se seleccionaron 20 parcelas al azar para cada una de las edades. Las diferencias entre los tratamientos se determinaron con la aplicación de la prueba de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados promedio de los análisis de suelos de las 20 parcelas estudiadas para cada una de las edades de plantación (2 años, 7 años y 12 años), se resumen en el Cuadro 1. En cuanto al impacto del factor edad en las plantaciones sobre las propiedades del suelo, se señala que no presentan variación en color, estructura y espesor de los horizontes. Los resultados concuerdan con un estudio comparativo realizado en Kerala, India (José y Koshi 1972), en el que se analizó la influencia de la teca sobre el suelo en plantaciones de 1 año, 15 años, 30 años, 60 años y 120 años y en un bosque natural, y se encontró que

sólo el bosque natural, igual que las plantaciones de 120 años, presentaban un horizonte superficial más profundo.

En nuestro caso, los suelos bajo teca de 12 años de edad señalaron diferencias con respecto de los suelos bajo teca de siete años y dos años de edad en muchas de las propiedades químicas analizadas. Los contenidos de materia orgánica y N aumentaron en función de la edad de la plantación, ocurriendo cambios significativos ($P < 0.01$). El contenido de N en la plantación de 12 años se incrementó en 53.3% en relación con la de dos años, mientras que la materia orgánica fue 1.9 veces mayor. El aumento en el contenido de materia orgánica confiere al suelo una mayor capacidad de retención de cationes. En un estudio realizado sobre ciclaje de nutrimentos en plantaciones de teca en Cuba (Geigel 1977), se encontró un aumento similar de N en la hojarasca incorporada al suelo.

La capacidad de intercambio (CIC) tiene poca variación en las plantaciones de dos años y siete años, mientras que en la plantación de 12 años se observó un aumento que se relacionaría más con el incremento de materia orgánica, que con las varia-

ciones observadas en los contenidos de arcilla en los diferentes suelos. En la plantación de siete años, el suelo tiene un contenido de arcilla 1.5 veces mayor que en la de dos años mientras que en la de 12 años, cuyos contenidos de arcilla son similares a la de siete años pero 1.6 veces más que la de dos años, la CIC es 1.7 veces mayor.

En la plantación más vieja ocurrió un ascenso significativo del pH del suelo (0.5 unidades) en los primeros 40 cm de profundidad, mientras que en las otras plantaciones la variación del pH no fue significativa. La mayor alcalinidad del suelo puede relacionarse con el aumento en los contenidos de Ca y Mg y con la relación Ca/Mg, que es 1.9 veces mayor en la plantación de 12 años.

La plantación de 12 años presentó un contenido de Ca 2.4 veces superior que la de siete años y 2.8 veces mayor que la de dos años (Cuadro 2). Estas diferencias fueron estadísticamente significativas ($P < 0.01$). Por otra parte, el contenido de Mg fue 2.5 veces mayor en la plantación de 12 años que en la de siete años y 1.9 veces mayor que en la de dos años. Resultados similares (Nath *et al.* 1988) atribuyen la elevación del pH del suelo al aumento

Cuadro 1. Propiedades físicas y químicas de los suelos bajo plantaciones de teca a diferentes edades. Se dan las medias y la desviación estándar, entre paréntesis.

	12 años	7 años	2 años
Arena (%)	23.00 (5.20)	34.00 (5.20)	39.00 (7.80)
Arcilla (%)	31.00 (4.10)	28.70 (6.40)	19.00 (3.40)
Limo (%)	45.60 (4.80)	36.50 (4.20)	41.00 (9.40)
pH	5.60 (0.10)	5.20 (0.40)	5.10 (0.30)
P (ppm)	1.13 (0.70)	1.99 (1.50)	3.11 (0.60)
Ca (mEq/100 g)	5.86 (2.10)	2.43 (1.20)	2.06 (1.10)
Mg (mEq/100 g)	2.57 (1.00)	1.02 (0.20)	1.37 (0.50)
K (mEq/100 g)	0.28 (0.10)	0.25 (0.02)	0.30 (0.10)
Ca/Mg	3.30 (1.40)	1.70 (0.80)	1.70 (0.50)
Al (mEq/100 g)	0.30 (0.10)	0.70 (0.40)	0.50 (0.20)
CIC (mEq/100 g)	14.15 (2.80)	8.31 (1.00)	8.26 (1.10)
M.O (%)	4.80 (0.57)	3.40 (0.30)	2.90 (0.50)
N (%)	0.23 (0.02)	0.16 (0.02)	0.15 (0.02)

en las concentraciones de Ca y Mg en plantaciones de teca. Esos incrementos pueden ser provocados por la eficiencia en el biociclaje de nutrientes por la teca como lo confirman otros investigadores, quienes han encontrado acumulaciones de Ca y Mg en suelos bajo plantaciones de teca (Franco 1988, Sing *et al.* 1985, Yadan y Sharman 1968). Los aumentos en el contenido de Ca en los suelos de los bosques de teca se deben al carácter calcícola de esta especie, muy eficiente en acumular y retornar ese elemento con la caída del follaje.

El elemento K muestra pocas variaciones. Aunque se han encontrado cantidades limitadas bajo plantaciones de cuatro años y nueve años en suelos aluviales, a 100 km de Ticoporo (Jackson 1958) En Tanzania (Lundgren 1973) se halló un contenido similar de K, mientras que las concentraciones de Ca y Mg se mostraron superiores a las requeridas por la plantación al final de la rotación (30 años). En un estudio realizado en una plantación de teca y *Gmelina arborea* en la India se determinó un aumento en las bases totales en el suelo, sin embargo el contenido de K disminuyó (Chijioke 1980).

El contenido de P varía de 3.1 ppm en la plantación de 2 años a 1.13 en la de 12 años, lo que representa un decremento de 2.7 veces. Esta diferencia fue significativa ($P = 0.01$) (Cuadro 2B), pudiendo estar relacionada con una absorción continua de P por parte de la planta y una redistribución interna en los tejidos jóvenes en crecimiento (Pritchett 1990).

Está bien documentado en la literatura (Salas 1987) que la mayor extracción de nutrientes ocurre en las plantaciones jóvenes entre los 8 años y 10 años, por presentar un crecimiento y un desarrollo más activo aunque un menor retorno al suelo. Por su parte, Chijioke (1980) estima que plantaciones de gmelina de cinco años a seis años requieren 132% más de K y un 50% más de Ca que plantaciones de 13 años y 15 años.

Se concluye que los incrementos de pH, contenidos de Ca, Mg y saturación de bases en los suelos bajo teca de 12 años, pueden atribuirse a la liberación de nutrientes que se producen con la biodegradación de la hojarasca sobre el horizonte (A), lo que significa un aumento progresivo en la fertilidad del suelo.

Cuadro 2. Análisis de variancia con la edad, en el contenido de calcio en suelo bajo plantaciones de teca.

A Calcio (mEq/100 g) y fósforo (ppm)

Edad de la plantación Años	Calcio mEq/100 g	Fósforo (ppm)
2	2.06 a	3.11 a
7	2.43 a	1.99 b
12	5.86 b	1.13 b

B. Análisis de variancia para el calcio

Fuente de variación	GL	CM	Fc	P > F
Tratamiento	2	79.3518	5.18	0.01
Error	51	2.3573		
Total	53			

C Análisis de variancia para el fósforo

Fuente de variación	GL	CM	Fc	P > F
Tratamiento	2	17.8494	5.18	0.01
Error	51			
Total	53			

a, b: Letras distintas indican diferencia significativa al 0.01 de probabilidad

LITERATURA CITADA

- ABORISADE, K D ; AWETO, A. 1990 Effects of exotic tree plantations of teak (*Tectona grandis*) and gmelina (*Gmelina arborea*) on a forest soil in south - western Nigeria Soil Use Management (India) 6:43-45.
- BLACK, C.A. 1965 Methods of analysis. American Society of Agronomy. 1572 p
- CHIJIJOKE, O.E. 1980. Impact on soils of fast-growing species in lowland humid tropics FAO Forestry Paper no 21 111 p.
- FRANCO, W. 1988. Suelos del Lote Boscoso San Pedro y de las Reservas Forestales de Guarapiche, Imataca y Ticoporo Mérida, Ven.. Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias Forestales 309 p.
- GANGOPADHYAY, S K ; NATH, S ; BANERJEE, S. 1987. Nature and properties of some introduced teak (*Tectona grandis*) growing on soils of north-west Gengal. Indian Forester 113:65-72
- GEIGEL, F. 1977. Materia orgánica y nutrimentos devueltos al suelo mediante la hojarasca de diversas especies forestales Revista Forestal Baracoa (Cuba) 7(3-4):15-38.
- 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 (Holanda) 6:33-57.
- JACKSON, M.L. 1958. Soil chemical analysis Prentice-Hall, Englewood Cliffs p 498.
- JOSE, A ; KOSHI, M. 1972. A study of the morphological, physical and chemical characteristics of soils as influenced by teak vegetation. Indian Forester (India) 98:338-348.
- LUNDGREN, B. 1973. Soil conditions and nutrient cycling under natural and plantation forest in Tanzania highlands. Upsala, Swedish University of Agricultural Sciences, Dept. of Forest Soils Reports on Forest Ecology and Forest Soils no 31 426 p
- NATH, S ; BANERJEE, M ; CHATTOTAJ, G ; GANGULY, S ; DAS, P ; BANERJEE, S 1988 Changes in soil attributes consequent upon differences in forest cover in a plantation area Journal of the Indian Society of Soil Science 36:515-521
- PRITCHETT, ? 1990 Suelos forestales: Propiedades, conservación y mejoramiento Trad. por José Hurtado Vega. México, D F, Limusa 634 p.
- SALAS, G DE LAS. 1987. Suelos y ecosistemas forestales, con énfasis en América Tropical San José, C.R., Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura 447 p.
- SALAS, M. 1985. Caracterización físico-química de los suelos de la Unidad Experimental Ticoporo bajo plantaciones de *Tectona grandis* desde el año 1972 hasta 1981. Mérida, Ven., Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales 50 p
- SING, S.B. ; NATH, D.K. ; PAL, D.K. ; BANERJEE, S.K. 1985 Changes in soil properties under different plantations of the Darjeeling forest division. Indian Forester 3:90-97.
- TORRES, A ; OMAIRA, M ; RUGEN, H ; FRANCO, W 1992 Respuesta inicial a la fertilización con fosforita en plantaciones de teca (*Tectona grandis*) en los Llanos Occidentales de Venezuela. Mérida
- VEN MINISTERIO DEL AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES REVOVABLES. s f Estudio de suelos del Sector Ticoporo. Estado Barinas. 75 p
- YADAV, J S ; SHARMAN, R. 1968 A soil investigation with reference to the distribution of sal and teak. Indian Forester 94:897-902.