

Nota Técnica

IDENTIFICACION DE ESPECIES FORESTALES ACUMULADORAS DE ALUMINIO EN UNA PLANTACIÓN FORESTAL EXPERIMENTAL UBICADA EN SARAPIQUÍ, COSTA RICA^{1/}*

Jenny Pérez**
Elemér Bornemisza***
Phil Sollins****

ABSTRACT

Identification of aluminum foliar accumulating forestry species from Sarapiquí, Costa Rica. Data are presented on foliar Al and nutrient content of nine native tree species growing in plantation at the La Selva Biological Station, Costa Rica (10°26'N, 83°59'W). Foliar aluminum content was determined by wet digestion of randomly selected leaves from 15 trees of each species. Foliar Al content averaged 22.4 g/kg for *Vochysia guatemalensis* and 11.6 g/kg for *Vochysia ferruginea*, high enough for both to be considered Al accumulators (Foy, Channey and While, 1978); foliar Al content was less than 0.25 g/kg for the other species. The soil (0-15 cm) at this site is strongly acid (pH in water of 4.8), moderately high in exchangeable Al, and low in exchangeable base cations. Both Al-accumulating species grew well in this soil despite its high Al content. Two of the non-accumulators (*Callophyllum brasiliense* and *Hyeronima alchorneoides*) also grew well, suggesting a mechanism of Al tolerance unrelated to foliar Al accumulation.

INTRODUCCION

La deforestación en Costa Rica ha causado una disminución de la cobertura boscosa (Keogh, 1984). Se ha estimado que la tasa anual de deforestación en el país es de aproximadamente 55,000 ha, aumentando 2,7% por año (Harrison,

1991). Las consecuencias de la deforestación sobre el suelo en los trópicos son evidentes ya que se induce una disminución en la fertilidad, debido a incrementos en la acidez, erosión, lixiviación y pérdida de bases cambiables. Esta alteración, junto con los ciclos de meteorización natural y el laboreo continuo de los suelos sin un manejo apropiado, constituyen un obstáculo que limita el uso de estas áreas para ciertas actividades agrícolas, dada la incapacidad de estos suelos de permitir el desarrollo de muchos cultivos y especies forestales (Sánchez, 1981; Keogh, 1984).

La reforestación con especies nativas de rápido crecimiento, capaces de renovar las reservas nutritivas del suelo mediante la deposición de hojarasca y de crecer en suelos con grandes contenidos de Al, puede constituir una alternativa para solucionar, al menos en parte, los problemas apuntados. Esta opción resulta especialmente práctica cuando no es posible corregir, mediante enmiendas, la

1/ Recibido para publicación el 26 de julio de 1993.

* Parte de la Tesis de la primera autora para optar al grado de Maestría en el Sistema de Estudios de Posgrado, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

** Dirección actual: 407 Boyett, #G, College Station, TX 77840. Estados Unidos.

*** Centro de Investigaciones Agronómicas, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

**** Department of Forest Science, Oregon State University, Corvallis, OR 97331. Estados Unidos.

excesiva acidez y los escasos niveles de nutrientes esenciales, según ha sido sustentado por Foy (1988). El éxito mostrado por algunas de estas especies se debe a la presencia de mecanismos fisiológicos que les permiten, entre otros, acumular en su follaje grandes concentraciones de Al, sin que esto afecte su desarrollo (Cuenca y Herrera, 1987; Haridasan, 1988; Cuenca, Herrera y Medina, 1990).

A nivel experimental ya han sido evaluadas en Costa Rica algunas especies aparentemente capaces de crecer en suelos ácidos y poco fértiles (Martínez, 1981; Espinoza y Butterfield, 1990; Montagnini y Sancho, 1992). Sin embargo, algunas de las investigaciones se han limitado a evaluar el posible potencial maderable de estas especies y su adaptación. Por ello, aunque es posible que entre las mismas figuren algunas especies que sean acumuladoras de Al, son demasiado escasos (McCall, 1970; Alvarado, 1982) los intentos por identificar esta condición entre las especies establecidas en las plantaciones experimentales, información importante pues se desconoce, entre otros aspectos, cual podría ser el impacto que puede ejercer sobre el suelo la deposición de hojarasca con grandes concentraciones de Al.

Es por ello que el objetivo de este estudio fue determinar la presencia de especies forestales acumuladoras de Al, establecidas en una plantación experimental ubicada en Sarapiquí, Costa Rica y relacionar esta condición con la respuesta al crecimiento mostrada por dichas especies.

MATERIALES Y METODOS

La fase de campo de la investigación se realizó en una plantación experimental establecida en la Estación Biológica La Selva de la Organización para Estudios Tropicales (OET), sita en Puerto Viejo de Sarapiquí, Costa Rica (10°26'N, -83°59'W), a 50 msnm, donde la precipitación media anual es de 3912 mm; la máxima precipitación mensual ocurre en junio (500 mm) y la mínima en marzo (150 mm). La temperatura media anual es de 24°C. Según Holdridge *et al.* (1971), la zona clasifica como bosque húmedo tropical.

La plantación fue establecida en 1985 con 13 especies forestales del trópico húmedo de Costa Rica (Espinoza y Butterfield, 1990), siguiendo un diseño de bloques completos al azar con 5 repeticiones para un total de 65 parcelas de 14X14 m cada una. Los arbolitos fueron plantados en cuadro, cada 2 m (Espinoza y Butterfield, 1990). Para el presente estudio se seleccionaron las 9 especies que presentaron mejor crecimiento diamétrico, altura y forma al momento del estudio, en agosto de 1985, es decir, cuando la plantación tenía 4 años y 8 meses de edad (Cuadro 1).

El suelo de la plantación pertenece a la consociación La Guaría y se clasificó como Fluventic Dystropept, según un estudio realizado por Sancho y Mata (1987).

Las determinaciones analíticas se realizaron en el Laboratorio de Suelos del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica.

Cuadro 1. Altura, diámetro y área basal media de 9 especies forestales nativas del trópico húmedo de Costa Rica a la edad de 5 años¹.

Especie	Nombre Común	Altura ² (m)	Diámetro ³ (cm)	Área basal (m ² /ha)
<i>Vochysia guatemalensis</i>	Chanco	14,2	15,8	23,52
<i>Stryphnodendrum microstachyum</i>	Vainillo	11,2	16,1	23,21
<i>Vochysia ferruginea</i>	Botarrama	10,0	13,3	16,39
<i>Dipteryx panamensis</i>	Almendro	9,9	7,7	5,49
<i>Calophyllum brasiliense</i>	Cedro María	8,6	9,4	8,33
<i>Hieronima alchorneoides</i>	Pilón	8,2	7,8	9,94
<i>Cordia alliodora</i>	Laurel	6,4	7,1	3,17
<i>Tabebuia rosea</i>	Roble sabana	5,5	6,7	4,37
<i>Vitex cooperi</i>	Cacho venado	4,1	3,4	1,92

1 Fuente: Butterfield y Espinoza (1992)

2 Altura total.

3 Diámetro a la altura de pecho (DAP).

Cuadro 2. Caracterización química del suelo de una plantación forestal experimental establecida en Sarapiquí, Costa Rica.

Propiedad química	Valor
pH H ₂ O	4,81
pH KCl	4,03
Ac. interc. (cmol/kg)	1,76
Saturación de acidez (%)	78
CICE (cmol/kg)	2,36
Ca (cmol/kg)	0,12
Mg (cmol/kg)	0,25
K (cmol/kg)	0,13
P (mg/kg)	2
Fe (mg/kg)	172
Cu (mg/kg)	26
Zn (mg/kg)	4
Mn (mg/kg)	84

Muestreo del suelo

La muestra de suelos se realizó de 0-15 cm de profundidad y se analizó según las metodologías de rutina (Briceño y Pacheco, 1984). Para el muestreo de hojas se seleccionaron al azar 3 árboles de cada parcela, para un total de 15 árboles por especie. Considerando que el contenido de elementos nutritivos posiblemente varía dependiendo de la posición de las hojas en el árbol, se muestrearon hojas maduras, representativas de diferentes posiciones en cada árbol; las submuestras de todas las parcelas se mezclaron y se obtuvo una muestra compuesta de 100 a 150 hojas por especie. Las hojas se lavaron con agua destilada, se secaron en un horno a 65°C por 48 h y se molieron en un molino de acero inoxidable. La determinación de Al se hizo después de una digestión húmeda con mezcla nitroperclórica por 24 h (Briceño y Pacheco, 1984). El Al en los extractos se determinó por absorción atómica, usando N₂O. Al momento del muestreo (agosto de 1989), los árboles tenían 4 años y 8 meses.

RESULTADOS Y DISCUSION

Caracterización del suelo

El suelo se caracterizó por poseer en su horizonte superficial una alta acidez, que se manifestó por kun pH en H₂O igual a 4,8; una acidez intercambiable de 1,7 cmol/kg; un porcentaje de saturación de Al de 78% (Cuadro 2).

Se determinó un bajo nivel de P disponible (2 mg/kg). Dados los altos contenidos de Fe y Al,

es probable que parte del P inorgánico se encuentre absorbido por óxidos e hidróxidos de estos elementos, y por eso es poco soluble (Fassbender y Bornemisza, 1987).

De los 4 micronutrientes catiónicos, el Cu y el Mn se encontraron en un nivel óptimo, el Fe en exceso y el Zn deficiente.

El alto porcentaje de saturación de Al (78%) junto con los bajos contenidos de cationes, a saber, Ca, Mg y K, cuya suma no alcanzó 5 cmol/kg, cifra que se considera como un nivel crítico para el crecimiento de los cultivos (Bertsch, 1986), muestra nuevamente, que el suelo bajo estudio tiene un alto nivel de Al y es pobre nutricionalmente (al menos para cultivos agrícolas).

Resultado del análisis foliar

El análisis de las hojas (Cuadro 3) determinó que *Vochysia guatemalensis* y *Vochysia ferruginea* presentan altos contenidos de Al (22400 mg/kg y 11600 mg/kg, respectivamente). Según el criterio de Foy *et al.* (1978), estas especies clasifican como acumuladoras de Al, dado que la concentración de este elemento en las hojas supera los 1000 mg/kg. Ambas especies pertenecen a la familia botánica Vochysiaceae, cuyos miembros han sido identificados como acumuladores de Al en su follaje (Chenery y Sporne, 1976).

Los niveles de Al en las hojas de las 7 especies restantes fueron menores de 250 mg/kg, por lo que, según el criterio anterior, no se consideran acumuladoras de este elemento.

Aparentemente, las 2 especies acumuladoras de Al no parecen sufrir ningún efecto adverso como resultado de las altas concentraciones de

Cuadro 3. Contenido de Al en las hojas de nueve especies forestales nativas del trópico húmedo de Costa Rica.

Especie	Al (mg/kg)
<i>Vochysia guatemalensis</i>	22400
<i>Vochysia ferruginea</i>	11600
<i>Vitex cooperi</i>	215
<i>Cordia alliodora</i>	150
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	135
<i>Dipteryx panamensis</i>	105
<i>Calophyllum brasiliense</i>	100
<i>Stryphondendron mycrostachyum</i>	100
<i>Tabebuia rosea</i>	75

este elemento en las hojas, posiblemente porque tienen la capacidad de quelar este elemento en la raíz y transportarlo en forma no tóxica a través de los tejidos, según la hipótesis postulada por Haridasan (1982) y Cuenca *et al.* (1990) para especies acumuladoras de Al establecidas en Brasil y Venezuela, respectivamente. En este caso, la tolerancia al Al se hizo evidente por la buena adaptación mostrada al compararlas con otras especies en el mismo sitio y a juzgar por los altos valores de los 3 parámetros de crecimiento que fueron medidos: altura total, diámetro y área basal (Cuadro 1). Estos resultados muestran que ambas especies podrían tener potencial como especies maderables, lo que ha permitido que se les considere en programas de reforestación de tierras con baja fertilidad (Eugenio González, comunicación personal, 1991) y posiblemente también en suelos con altos contenidos de Al disponible. Además, es factible tomar en cuenta su establecimiento bajo otras condiciones, si se considera lo observado por Haridasan (1988) sobre la capacidad que poseen los miembros de esta familia de adaptarse a un amplio rango de pH y fertilidad del suelo. Esto hace más atractivo su empleo en las actividades silvícolas del país. Sin embargo, sería prudente investigar primero cual es el posible efecto que podría ocasionar la deposición y descomposición del material vegetal de las especies acumuladoras de Al, sobre la dinámica y disponibilidad de éste y otros elementos en el suelo.

RESUMEN

Se estudió el contenido de Al en las hojas de 9 especies forestales nativas del trópico húmedo de Costa Rica establecidas en una plantación forestal en la Estación Biológica La Selva, Costa Rica. Se determinó el contenido nutricional del suelo a través de un análisis químico y el Al en las hojas se determinó mediante una digestión húmeda en muestras seleccionadas al azar de 15 árboles de cada especie. *Vochysia guatemalensis* presentó un contenido de Al foliar de 22,4 g/kg y *Vochysia ferruginea* de 11,6 g/kg, suficiente para considerarlas acumuladoras de este elemento según Foy, Chaney y While (1978). Las otras especies estudiadas presentaron un contenido de Al foliar menor de 0,25 g/kg. Se discute la capacidad de crecimiento de las especies en un suelo de baja fertilidad y alto contenido de Al intercambiable.

De acuerdo con el crecimiento observado, las especies acumuladoras de Al no parecen afectarse por estos factores.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al señor Bernal Paniagua por su colaboración en el trabajo de campo y al Dr. Manuel Zeledón y al Ing. Eugenio González por los comentarios brindados. A la Organización para Estudios Tropicales por facilitar los datos de crecimiento de las especies y al Proyecto PLOTS (NSF Grant BSR 86-0547) por el financiamiento dado para la realización de este trabajo.

LITERATURA CITADA

- ALVARADO, A. 1982. Effect of compounds initially released from leaf and stem tissues of *C. alliodora* and *P. macroloba* on the pH and extractable bases of soils at La Selva. *In* B. Willianson (ed.) Tropical Biology. OTS. 82-1:348-351.
- BERTSCH, F. 1986. Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica. Oficina de Publicaciones de la Universidad de Costa Rica. 76 p.
- BRICEÑO, J. A.; PACHECO, R. 1984. Métodos analíticos para el estudio de suelos y plantas. Editorial de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 137p.
- BUTTERFIELD, R.; ESPINOZA, M. 1992. Adaptability of 14 native timber species for reforestation in the Atlantic lowland of Costa Rica. *New Forest* (in press).
- CUENCA, G.; HERRERA, R. 1987. Ecophysiology of aluminium in terrestrial plants growing in acid and aluminium rich tropical soil. *Ann. Soc. Zool. Belg.* 117:57-73.
- CUENCA, G.; HERRERA, R.; MEDINA, E. 1990. Aluminium tolerance in trees of tropical cloud forest. *Plant and Soil* 125:169-175.
- CHENERY, E.; SPORNE, K. 1976. A note on the evolutionary status of aluminium-accumulators among dicotyledons. *New Phytol.* 76:551-554.
- ESPINOZA, M.; BUTTERFIELD, R. 1990. Adaptabilidad de 13 especies nativas maderables bajo condiciones de plantación en las tierras bajas húmedas del Atlántico, Costa Rica. *In* Manejo y aprovechamiento de plantaciones forestales con especies de uso múltiple. Actas Reunión IUFRO, Guatemala, abril 1989. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 159-172 pp.
- FASSBENDER, H. W.; BORNEMISZA, E. 1987. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. IICA. San José, Costa Rica. 420 p.

- FOY, C.D.; CHANEY, R.L.; WHILE, M.C. 1978. The physiology of metal toxicity in plants. *Ann. Rev. Plant. Physiol.* 29:511-566.
- FOY, C.D. 1988. Plant adaptation to acid aluminum toxic in soil. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 19 (7-12):959-987.
- HARIDASAN, M. 1982. Aluminium accumulation by some cerrado native species of central Brazil. *Plant and Soil* 65:265-273.
- HARIDASAN, M. 1988. Performance of *Miconia albicans* (sw) Triana, an aluminium-accumulating species, in acidic and calcareous soils. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 19 (7-12):1091-1103.
- HARRISON, S. 1991. Population growth, land use and deforestation in Costa Rica, 1950-1984. *Interciencia* 16 (2):83-93.
- HOLDRIDGE, L. R.; GRENKE, W. C.; HATHEWAY, W. H.; LIANG, T.; TOSI, J. A. 1971. Forest environmental in tropical life zones. A pilot study. Pergamon Press. New York. 747 p.
- KEOGH, R. M. 1984. Change in the forest cover of Costa Rica through history. *Turrialba* 34 (3):325-331.
- MARTINEZ, H. 1981. Evaluación de ensayos de especies forestales en Costa Rica. Tesis M.Sc. UCR-CATIE, Turrialba, Costa Rica. 172 p.
- McCALL, J.C. 1970. Properties of some material evaters in a tropical wet forest of Costa Rica. *Biosciencias.* 20:1096-1100.
- MONTAGNINI, F.; SANCHO, F. 1992. Nutrient budgets of young plantation with native trees: Strategies for sustained management. *In* Forest and wood-based biomass energy as rural development assets. Ed by W. Bentley and M. Gowden. Proceedings of a workshop held in Old Saybrook, CT, USA. February 23-27.
- SANCHEZ, P. 1981. Suelos del trópico; características y manejo. IICA, San José, Costa Rica. 634 p.
- SANCHO, F., MATA, R. 1987. Estudio detallado de suelos de la Estación Biológica La Selva. Organización para Estudios Tropicales, San José, Costa Rica. 162 p.