

# Abonos verdes de leñosas y no leñosas como fuente de nutrientes para maíz en un suelo deficiente de Bases<sup>1</sup>

Marcelo F. Arco-Verde<sup>2</sup>, Donald L. Kass<sup>3</sup>, Reinhold Muschler<sup>3</sup>,  
Muhammad Ibrahim<sup>3</sup>, Erick C. Fernandes<sup>4</sup>

**Palabras claves:** Bocashi, *Calliandra calothyrsus*, *Canavalia ensiformis*, deficiencia de Ca, deficiencia de P, estiércol de ganado, gallinaza, *Gliricidia sepium*, *Inga edulis*, *Mucuna deeringiana*

**WOODY AND NON-WOODY GREEN MANURES AS NUTRIENT SOURCES FOR MAIZE IN A BASE DEFICIENT SOIL**

## RESUMEN

## SUMMARY

Se comparó el contenido de nutrimentos y la capacidad de suministrarlos al maíz, de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp., *Inga edulis* Mart., *Canavalia ensiformis* (L.) DC, *Mucuna deeringiana* (Bort.) Small, *Calliandra calothyrsus* Meissn., estiércol de ganado, gallinaza y bocashi, un tipo de compost que se puede preparar rápidamente. Se analizaron los contenidos de nutrientes del material aplicado, cuando era factible recuperarlo, del suelo y del maíz a los 20, 40 y 60 días después de la siembra. Los materiales de origen animal presentaron los mejores resultados, debido principalmente a sus mayores contenidos de Fósforo y Calcio, elementos muy deficientes en este suelo.

A comparison was made of the nutrient content, and capacity to supply nutrients to maize, of *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp., *Inga edulis* Mart., *Canavalia ensiformis* (L.) DC, *Mucuna deeringiana* (Bort.) Small, *Calliandra calothyrsus* Meissn., cattle manure, chicken manure and bocashi, a rapidly composted material. Analyses of the soil, the applied materials when recoverable, and of maize planted in this soil, were carried out 20, 40 and 60 days after planting. Materials of animal origin gave the best results, principally due to their higher contents of Phosphorus and Calcium, elements which were very deficient in this soil.

## INTRODUCCIÓN

Se han identificado varios factores que determinan la tasa de liberación de N de la biomasa podada de árboles fijadores de N en sistemas agroforestales (Palm, 1995), especialmente, la relación (lignina + polifenol):N (Mafongoya *et al.*, 1998). Existen pocos estudios con otros nutrientes (Lupwayi y Haque, 1998). En este artículo se presentan los resultados de la fase de invernadero de un estudio en el que se determinó la liberación de nutrientes de abonos verdes de especies leñosas y herbáceas, estiércol animal y fertilizantes minerales. Se estudiaron los cambios en los contenidos de nutrientes en los abonos ver-

des, en el suelo y en los tejidos de plantas de maíz (*Zea mays* L.).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio de invernadero se realizó en Turrialba, Costa Rica en enero 1998, utilizando 144 macetas llenadas con 6 kg de suelo secado al aire, el cual tenía las siguientes características: pH en H<sub>2</sub>O 5.03, Kjeldahl N 1 mg g<sup>-1</sup>, P (Olsen) 3.43 mg kg<sup>-1</sup>, K (Olsen) 0.03 cmol (+)kg<sup>-1</sup>, Ca (KCl) 0.27 cmol (+)kg<sup>-1</sup>, acidez intercambiable 0.08 cmol (+)kg<sup>-1</sup>. Se utilizaron 12 repeticiones (macetas) de los siguientes tratamientos:

1. Control sin enmiendas

<sup>1</sup> Basado en Arco-Verde MF (1998) Tasa de descomposición, disponibilidad de nutrientes y efectos de la aplicación de compuestos orgánicos sobre el cultivo de maíz en un humic andosol de Costa Rica. Tesis Mag Sc CATIE, Turrialba, Costa Rica 105p. <sup>2</sup> MSc. Agroforestería Tropical, CATIE, 1998, EMBRAPA, Boa Vista, Roraima, Brasil, marcelo@epafrr.embrapa.br <sup>3</sup> CATIE, Turrialba, Costa Rica, dkass@catie.ac.cr; muschler@catie.ac.cr; mibrahim@catie.ac.cr. <sup>4</sup> Cornell University, Ithaca, NY, USA. Ecf3@cornell.edu

2. 9 g de 18-5-15-6-0.67-7.3 fertilizante comercial (N-P-K-Mg-B-S)
3. 52.92 g de hojas y tallos verdes secados al aire de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp.
4. 57.7 g de hojas y tallos verdes secados al aire de *Inga edulis* Mart.
5. 54.92 g de hojas y tallos verdes secados al aire de *Calliandra calothyrsus* Meissn.
6. 59.44 g de hojas y tallos verdes secados al aire de *Canavalia ensiformis* (L.) DC
7. 49.32 g de hojas y tallos verdes secados al aire de *Mucuna deeringiana* (Bort) Small
8. 94.8 g de gallinaza seca
9. 71.42 g de estiércol de ganado lechero
10. 284.4 g de bocashi

El bocashi es un material rápidamente compostado que contiene de 36% de suelo, 18% cascarilla de arroz, 18% carbón vegetal, 3.6% cal agrícola, 18% melaza y 6.4% de afrecho de arroz. Los tratamientos corresponden a una aplicación de 300 kg N ha<sup>-1</sup>. Las macetas se dispusieron en un diseño completamente aleatorio. Se plantaron 12 semillas de maíz variedad "Diamantes" por maceta y se ralearon a 8 plantas por maceta 10 días después de siembra. Las macetas se cosecharon a los 20, 40 y 60 días después de siembra (cuatro macetas por tratamiento y fecha) y se separó la biomasa de maíz, la biomasa residual de la enmienda y el suelo. Se estimó peso seco y se determinó N, P, K, Ca y Mg. Las macetas se irrigaron durante todo el experimento para mantener el suelo en capacidad de campo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las enmiendas de origen animal tuvieron contenidos más altos de P y Mg que las enmiendas leñosas y herbáceas (Cuadro 1). El contenido de K de *G. sepium* y el contenido de Ca de *C. ensiformis* fueron similares a los contenidos de las enmiendas animales. Las enmiendas elevaron significativamente los niveles de N del suelo (Cuadro 2); los niveles de P extraíbles por el método Olsen fueron significativamente mayores en suelos que recibieron enmiendas animales. Veinte días después de la aplicación de las enmiendas, los niveles de K en el suelo en el tratamiento de *G. sepium* fueron significativamente mayores que en el control, fertilizantes minerales y enmiendas animales, mostrando la alta solubilidad de este elemento. Ninguna enmienda vegetal incrementó significativamente los niveles de Ca en el suelo, aunque *C. ensiformis* mostró niveles más altos que todas las otras enmiendas vegetales. Los

niveles de Mg en el suelo fueron mejorados únicamente por la fertilización mineral y por las enmiendas animales. Lupwayi y Haque (1998) encontraron niveles insignificantes de Ca y P liberado (en cinco semanas) de la biomasa de podas de *Leucaena leucocephala* y *L. pallida*, *Sesbania sesban* y *S. goetzi*.

**Cuadro 1.** Contenido de nutrientes adicionados en cada tratamiento (kg ha<sup>-1</sup>) en un invernadero. Turrialba, Costa Rica.

Tratamientos	N	P	K	Ca	Mg
	kg ha <sup>-1</sup>				
Fertilizante	300	36	207	25	42
Gallinaza	300	461	212	1232	118
Bocashi	300	209	289	1125	113
Estiércol vacuno	300	104	303	238	120
<i>Canavalia</i>	300	18	124	243	39
<i>Mucuna</i>	300	20	98	134	33
<i>Calliandra</i>	300	21	111	117	27
<i>Inga</i>	300	21	99	71	25
<i>Gliricidia</i>	300	23	201	156	32

El crecimiento del maíz fue satisfactorio únicamente con las enmiendas animales, aunque el contenido de N en las plantas fue más alto en las enmiendas vegetales (con la excepción de *I. edulis*, Cuadro 3). Los contenidos de P no presentaron diferencias entre tratamientos; los niveles de K fueron mayores que el control en todos los tratamientos y se mantuvieron encima de los niveles críticos para este elemento. Los niveles de Ca fueron adecuados únicamente con gallinaza, bocashi y en el control. Los bajos niveles de Ca y las lentas tasas de liberación de este elemento hacen inadecuadas a todas las enmiendas evaluadas en este estudio. Especies como *Gmelina arborea* y *C. ensiformis* acumulan Ca, pero la liberación de Ca -el cual se almacena en la pared celular- es probablemente muy baja para favorecer a los cultivos anuales en la época de aplicación de las enmiendas. Los niveles de Mg fueron adecuados en todos los tratamientos.

## CONCLUSIONES

En suelos tropicales con baja fertilidad, la liberación de N y P de abonos verdes de leñosas (las que han recibido la mayoría de la atención de los investigadores) no siempre determinan la respuesta de los cultivos. Todos los tratamientos tenían niveles adecuados de N y P, aunque los niveles de N fueron ligeramente menores en *C. calothyrsus* e *I. edulis*, lo cual era de esperarse dadas sus altas relaciones (polifenol + lignina): N (Palm,

**Cuadro 2.** Contenido de nutrientes en un suelo Humic Andosol a diferentes tiempos después de la aplicación de las enmiendas. Turrialba, Costa Rica

Variables	Tiempo (días)	Tratamientos*									
		Control	Fertilizante	<i>Gliricidia</i>	<i>Inga</i>	<i>Calliandra</i>	<i>Mucuna</i>	<i>Canavalia</i>	Gallinaza	Boca	Estiércol
N (%)	20	0.1 d	0.14 bc	0.14 bc	0.13 bcd	0.14 bc	0.11 cd	0.13 bcd	0.15 bc	0.19 a	0.13 bcd
	40	0.11 c	0.13 bc	0.14 bc	0.11 c	0.13 bc	0.15 bc	0.14 bc	0.3 a	0.27 a	0.18 bc
	60	0.1 c	0.13 bc	0.21 ab	0.12 bc	0.13 bc	0.15 abc	0.16 abc	0.16 abc	0.24 a	0.2 abc
P (mg kg <sup>-1</sup> )	20	2.12 c	7.76 c	3.47 c	2.96 c	3.18 c	2.71 c	3.11 c	83.16 a	43.22 b	6.0 c
	40	4.29 c	8.35 c	2.97 c	3.34 c	2.68 c	3.34 c	3.37 c	224.81 a	98.15 b	15.78 c
	60	1.34 b	5.08 b	3.37 b	1.9 b	1.79 b	1.79 b	2.8 b	61.87 ab	100.07 a	15.35 ab
K (Cmol(+) l <sup>-1</sup> )	20	0.02 g	0.71 a	0.27 cde	0.08 fg	0.15 efg	0.07 fg	0.14 efg	0.4 bc	0.38 bcd	0.53 b
	40	0.26 abc	0.53 ab	0.31 abc	0.08 c	0.11 bc	0.19 bc	0.3 abc	0.33 abc	0.4 abc	0.7 a
	60	0.05 c	0.57 a	0.56 a	0.12 c	0.1 c	0.16 c	0.39 ab	0.11 c	0.26 bc	0.42 ab
Ca (Cmol(+) l <sup>-1</sup> )	20	0.28 c	0.42 c	0.38 c	0.25 c	0.42 c	0.2 c	0.35 c	2.26 b	3.28 a	0.45 c
	40	0.28 c	0.46 c	0.44 c	0.18 c	0.45 c	0.39 c	0.56 c	4.54 a	3.42 b	1.12 c
	60	0.24 b	0.43 b	0.93 b	0.25 b	0.49 b	0.52 b	1.01 b	1.75 b	4.42 a	1.17 b
Mg (Cmol(+) l <sup>-1</sup> )	20	0.11 f	1.18 a	0.19 def	0.13 ef	0.21 def	0.11 f	0.16 def	0.72 b	0.56 bc	0.37 cde
	40	0.53 abc	0.99 ab	0.19 bc	0.09 c	0.18 bc	0.23 bc	0.25 bc	1.16 a	0.7 abc	0.9 abc
	60	0.12 c	1.07 a	0.34 bc	0.12 c	0.17 c	0.21 bc	0.32 bc	0.35 bc	0.73 abc	0.85 ab

\*Cifras con la misma letra en las hileras no difieren estadísticamente (Tukey p < 0.05)

**Cuadro 3.** Contenidos de nutrientes (mg kg<sup>-1</sup>) en la biomasa del maíz a diferentes tiempos después de la aplicación de las enmiendas. Turrialba, Costa Rica.

Nutrientes	Tiempo (días)	Tratamientos*									
		Control	Fertilizante	<i>Gliricidia</i>	<i>Inga</i>	<i>Calliandra</i>	<i>Mucuna</i>	<i>Canavalia</i>	Gallinaza	Boca	Estiércol
Nitrógeno	20	1.56 e	9.77 c	8.11 cd	3.11 de	7.99 cd	4.5 cde	6.17 cde	26.94 a	26.44 a	5.25 cde
	40	1.13 e	10.7 cde	13.49 cd	3.56 de	16.85 bc	8.37 cde	7.93 cde	36 a	27.1 ab	11.69 cde
	60	nd	20.3 bc	15.54 c	5.42 c	22.2 bc	10.49 c	10.88 c	88.15 a	51.61 b	30.29 bc
Fósforo	20	0.57 b	0.51 b	0.58 b	0.55 b	0.59 b	0.58 b	0.55 b	1.76 a	1.96 a	0.74 b
	40	0.33 c	0.44 c	0.51 c	0.31 c	0.59 c	0.34 c	0.49 c	2.55 a	2.3 a	1.48 b
	60	0.07 c	0.74 c	0.49 c	0.26 c	0.58 c	0.3 c	0.32 c	8.64 a	7.37 ab	3.79 bc
Potasio	20	0.5 e	15.47 cd	7.14 cde	1.49 e	5.02 de	1.73 e	4.99 de	59.8 a	55.85 a	19.14 c
	40	0.74 c	16.43 c	13.07 c	2.84 c	12.79 c	6.72 c	8.65 c	73.88 a	54.04 b	43.06 b
	60	0.69 c	29.98 bc	22.26 bc	5.56 c	18.14 c	9.54 c	14.14 c	118.1 a	134.83 a	115.3 ab
Calcio	20	0.18 b	0.22 b	0.46 b	0.37 b	0.52 b	0.34 b	0.68 b	4.73 a	4.17 a	0.53 b
	40	0.35 b	0.37 b	1.18 b	0.45 b	1.82 b	0.78 b	1.03 b	8.83 a	7.44 a	1.65 b
	60	0.27 c	0.81 c	1.41 c	0.98 c	2.07 c	1.42 c	1.41 c	29.38 a	23.7 a	6.88 bc
Magnesio	20	0.31 c	0.73 c	0.48 c	0.4 c	0.56 c	0.42 c	0.53 c	2.65 a	1.53 b	0.59 c
	40	0.31 d	1.45 d	0.76 d	0.36 d	1.55 cd	0.65 d	0.65 d	5.94 a	3.01 bc	1.4 d
	60	0.15 d	3.47 cd	1.16 cd	0.69 cd	1.91 cd	0.99 cd	1.13 cd	21.89 a	12.64 b	5.85 cd

\* Cifras con la misma letra en las hileras no difieren estadísticamente (Tukey p < 0.05)

1995) El crecimiento del maíz fue adecuado con la enmienda de estiércol vacuno, a pesar de que los niveles de N en este tratamiento fueron menores que en aquellos con enmiendas vegetales. Debido a los bajos niveles de Ca en el suelo, este fue el nutriente más crítico en este experimento. Las enmiendas animales funcionaron bien, probablemente porque fueron capaces de suplir Ca al cultivo en crecimiento.

### BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Lupwayi NZ and Haque I (1998) Mineralization of N, P, K, Ca and Mg from sesbania and leucaena leaves varying in chemical composition Soil Biology and Biochemistry 30: 337-343
- Mafongoya PL Giller KE and Palm CA (1998) Decomposition and nitrogen release patterns of tree prunings and litter Agroforestry Systems 38: 77-97
- Palm CA (1995) Contribution of agroforestry trees to nutrient requirements in intercropped plants Agroforestry Systems 30: 105-124