

## NITRÓGENO ORGÁNICO Y QUÍMICO EN SORGO NEGRO CON COBERTURA PERMANENTE DE MANÍ FORRAJERO. I. CARACTERÍSTICAS NUTRITIVAS Y DE PRODUCCIÓN<sup>1</sup>

Rodolfo WingChing<sup>2/\*</sup>, Augusto Rojas\*, Anaité Quan\*\*

**Palabras clave:** *Sorghum almun*, nitrógeno, fertilización orgánica, producción orgánica de sorgo, sorgo negro forrajero, composición nutricional.

**Keywords:** *Sorghum almun*, nitrogen, organic fertilization, organic sorghum production, black sorghum, nutritional value.

Recibido: 20/08/04

Aceptado: 30/10/04

### RESUMEN

Se realizó un estudio con sorgo forrajero (*Sorghum almun*) para evaluar la aplicación de 0, 150, 225 y 300 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno (N) proveniente de un fertilizante orgánico y de 300 kg ha<sup>-1</sup> de Nutrán (nitrato de amonio 33,5% N) sobre la producción de materia seca (MS) y la calidad nutricional del forraje. El sorgo fue plantado en un lote con cobertura permanente de maní forrajero (*Arachis pinto* CIAT 18744). El sorgo y el maní fueron cosechados cada 54 días durante un periodo de 312 días. Se obtuvo una respuesta cuadrática del nivel de N orgánico aplicado con respecto a la producción de MS y proteína cruda. La producción de biomasa del sorgo fertilizado con 300 kg ha<sup>-1</sup> de Nutrán (3,4 t MS) fue similar a la biomasa obtenida cuando se fertilizó con 225 kg ha<sup>-1</sup> de N orgánico (3,31 t MS). Aún cuando el contenido de proteína fue mayor en el control fertilizado con Nutrán, no se observó diferencias entre los tratamientos en FDA, FDN y DIVMS.

### ABSTRACT

**Organic and chemical nitrogen in black sorghum grown with forage peanut as a cover crop. I. Nutritional value and dry matter production.** A study was conducted on forage sorghum (*Sorghum almun*) to evaluate the application of 0, 150, 225 and 300 kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen from an organic fertilizer and 300 kg ha<sup>-1</sup> N from Nutran® (ammonium nitrate, 33.5% N) on dry matter (DM) production and forage nutritional value. Sorghum was planted in a plot of perennial peanut (*Arachis pinto* CIAT 18744). Black sorghum and the perennial peanut were harvested every 54 days during a 312 day period. There was a quadratic response to the level of organic N application on DM and crude protein yield. Biomass production of sorghum fertilized with 300 kg ha<sup>-1</sup> N from a chemical fertilizer (3.4 t DM) was similar to the DM (3.31 t) obtained with the application of 225 kg ha<sup>-1</sup> N from an organic source. Even though CP content was higher in the Nutran® treatment, no differences were observed among treatments on NDF, ADF and IVDMD.

### INTRODUCCIÓN

El cultivo del sorgo en Costa Rica, desde su introducción en los años 50s (Sequeira 1978, Jiménez 1995), se utiliza en sistemas de

producción lechera y de engorde de animales. Sus características: alta producción de forraje durante varios ciclos de producción, alta producción de semilla, resistencia a plagas y enfermedades, ciclos de cosecha cortos, mayor resistencia a

1/ Proyecto de Investigación: UDLP-NCSU-UCR-UNA

2/ Autor para correspondencia. Correo electrónico: rwingchi@cariari.ucr.ac.cr

\* Escuela de Zootecnia, Centro de Investigaciones en Nutrición Animal, Universidad de Costa Rica. San José Costa Rica.

\*\* ADAPS. Empresa Privada.

sequías y volcamiento y un perfil nutricional equivalente a 80-90% del maíz (Compton 1990), hacen de este forraje un insumo de bajo costo y fácil manejo en las fincas. Después del establecimiento, la sostenibilidad del forraje depende del manejo agronómico, donde la aplicación de fertilizante y agroquímicos se consideran los mayores rubros. Abarca y Madriz (1999) informan que el costo de fertilización de las pasturas en fincas productoras de leche en San Carlos y Cartago es de  $\$7,98$  y  $\$7,33$  por cada kilogramo de leche producido, respectivamente y que el manejo del sorgo para corta en la zona de Cartago fue de  $\$1,21$  por kilo de leche producido.

La reducción de insumos externos utilizados en los sistemas de producción es una meta que los productores de leche y carne deben alcanzar, debido a que los sistemas que no son rentables van a ser absorbidos por la globalización del mercado. El uso de tecnologías de bajo costo y de integración horizontal de la finca son alternativas viables para estos sistemas. Dos ejemplos de estas tecnologías, son: la utilización de coberturas vivas en los sistemas de pasto de corta y la aplicación de abonos orgánicos, las cuales traen beneficios a corto y largo plazo. Es reconocido el efecto positivo de las coberturas, medido por incrementos en la producción de la materia orgánica (MO), en la población de actinomicetes y bacterias, control de malezas y nematodos fitopatógenos (Da Costa 1995), en la mejora de la penetración de las raíces, la reducción de la compactación, el incremento en la infiltración y en la retención del agua, la disminución de las pérdidas por evaporación (Cubero 1994), la reducción en el rango de variación de la temperatura del suelo, el incremento de la concentración de N, P, S y C y en la capacidad de intercambio catiónico y capacidad buffer del suelo (Kass 1996).

En los últimos años hay un interés especial en el uso del maní forrajero, debido a su capacidad de fijar N y mejora del suelo al asociarse con forrajes de piso. Villarreal *et al.* (1999), Villalobos *et al.* (1999) y Rodríguez *et al.* (1999) encontraron incrementos en las poblaciones microbiales (bacterias, artrópodos y lombrices) en pasturas

asociadas, con respecto a pasturas no asociadas. También Argel y Villarreal (1998) informan que esta leguminosa tiene la capacidad de fijar hasta  $300 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  de N.

En relación con el uso de abonos orgánicos Schoenau *et al.* (1999) indican que la aplicación de excretas animales como abono orgánico trae beneficios al cultivo como fuente de nutrimentos en el corto y largo plazo, incrementa el contenido de MO y mejora la estructura del suelo. Un mal uso resulta en problemas de germinación de la semilla, incremento en la salinidad del suelo, desbalance de nutrimentos, excesiva pérdida de nutrimentos, contaminación de aguas subterráneas por nitritos y liberación de gases de efecto invernadero como el óxido nitroso y el metano (Paul y Zebarth 1997, Schoenau *et al.* 1999). Con respecto a la población microbiana, Forge y Bittman (1999) informan de incrementos de poblaciones de bacterias, protozoarios y nematodos después de la aplicación de excretas animales.

Con base en lo antes expuesto el objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de la fertilización con abono orgánico y químico, sobre la producción de biomasa y calidad nutricional del forraje con presencia de una cobertura permanente de maní forrajero.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación

La investigación se realizó en el distrito de Río Cuarto de Grecia. Esta zona se clasifica como Bosque húmedo tropical y Bosque muy húmedo tropical con una transición a premontano. Una precipitación promedio anual de 5185 mm y una temperatura promedio de  $25^{\circ}\text{C}$ .

### Diseño Experimental

Se utilizó un diseño de bloques al azar con un arreglo factorial con 3 repeticiones, el cual incluye los efectos de tratamiento, época de corte y la interacción tratamiento por época

de corte. Las parcelas utilizadas fueron de 17,7 m X 5,14 m, separadas entre si por 0,5 metros, cada parcela tuvo 4 surcos de 17,7 m cada uno, con distancias entre surcos de 12,9 m. Cuando se presentaron diferencias estadísticas ( $p < 0,05$ ) para las variables analizadas, se realizó la prueba de Waller-Duncan para estimar las diferencias entre medias.

### Tratamientos

Se utilizó abono orgánico elaborado con desechos avícolas y pulpa de café como fuente de N (Cuadro 1) y Nutrán® (33,5% N) como fuente química. De las 5 parcelas experimentales, la parcela química (Tq) se fertilizó con 300 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> de N, a las 3 parcelas con fertilización orgánica se le aplicó dosis equivalentes al 50% (150 kg ha<sup>-1</sup> N), 75% (225 kg ha<sup>-1</sup> N) y 100% (300 kg ha<sup>-1</sup> N) de la fertilización química, denominadas Tor<sub>1</sub>, Tor<sub>2</sub> y Tor<sub>3</sub>, correspondiente a dosificaciones de 8,6, 12,8 y 17,1 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, respectivamente. Además, se estableció la parcela testigo (To) a la cual no se le aplicó ningún tipo de fertilizante.

Cuadro 1. Composición del abono orgánico utilizado en la fertilización del sorgo.

Variable	Abono orgánico*	S**
N total	1,75 %	0,71
MO	23,35 %	12,47
Humedad	29,93 %	14,17
P	0,88 %	0,25
Ca	11,20 %	6,44
Mg	0,49 %	0,10
K	1,44 %	0,50
Fe	16090 mg kg <sup>-1</sup>	11770,3
Cu	63,33 mg kg <sup>-1</sup>	10,30
Zn	226,22 mg kg <sup>-1</sup>	62,73
Mn	477,44 mg kg <sup>-1</sup>	94,94

\* N° muestra analizadas=2

\*\* Desviación estándar.

### Manejo de los tratamientos

Las parcelas de sorgo fueron establecidas sobre una cobertura de maní forrajero (*Arachis pintoi*) de un año de establecida, al momento de la siembra, el reservorio de nutrientes presente en esta área se describe en el cuadro 2, y se aplicó 2,2 t ha<sup>-1</sup> de abono orgánico a las parcelas de los tratamientos orgánicos y 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en la parcela del tratamiento químico. El material vegetativo tanto sorgo como maní se cosechó cada 54 días durante 312 días (Cuadro 3). Se cosecharon los 2 surcos del centro (parcela útil = 35,4 m). Este material se pesó en fresco para analizar la producción de materia verde por hectárea (MV). Se picó a 2,5 cm de grosor, para obtener una muestra compuesta de 2 kg y así determinar el contenido de MS (AOAC 1984).

### Análisis realizados

La metodología empleada para el análisis de estas fracciones es la establecida por la AOAC (1984) para determinar el contenido de proteína cruda (PC), se usó la metodología propuesta por Van Soest y Robertson (1985) para el análisis de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácida (FDA) y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Producción de MS

En la figura 1 se aprecia que la fertilización con niveles crecientes de abono orgánico provoca una respuesta cuadrática en la producción de MS del sorgo negro, sin diferencias significativa ( $p > 0,0001$ ) (Cuadro 4) entre el tratamiento de 300 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> de N de la fuente química, con su equivalente al 75% de la fuente orgánica (225 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> de N), con un valor promedio de 3,40 a 3,31 t ha<sup>-1</sup> corte<sup>-1</sup> de MS, respectivamente, lo que equivale a producciones de 22,85 y 22,25 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> de MS.

Cuadro 2. Características químicas del suelo de las parcelas experimentales.

Análisis	Unidades	Antes del experimento <sup>1</sup>	Después del experimento <sup>1</sup>				
			Tq	To	Tor <sub>1</sub>	Tor <sub>2</sub>	Tor <sub>3</sub>
pH H <sub>2</sub> O		4,7	4,8	4,7	4,8	4,8	4,9
Ca	cmol(+) l <sup>-1</sup>	5,2	4,85	4,27	5,18	4,58	4,15
Mg		1,4	0,98	0,71	0,93	0,68	0,79
K		0,67	0,23	0,31	0,27	0,34	0,15
Acidez		2,9	2,30	2,59	2,25	2,45	3,23
CICE		10,17	8,36	7,88	8,63	8,05	8,32
P		40,4	22,3	25,8	21,5	29,3	21,5
Cu	mg l <sup>-1</sup>	9,6	9,9	10	12,1	9,1	9,7
Fe		223	361	340	399	311	350
Mn		30,5	44	31,8	30,8	33,1	23,9
Zn		5,0	5,4	5,1	5,7	4,6	4,4
MO		%	14,27	6,78	7,63	6,65	7,76

## 1. Análisis de una muestra compuesta

Cuadro 3. Distribución temporal de las cosechas de material y de la precipitación en las parcelas experimentales.

Corte	Fecha	Precipitación mensual (mm)*
I	24 de Julio de 1997	94,6
II	18 de Setiembre de 1997	408,6
III	13 de Noviembre de 1997	555,4
IV	8 de Enero de 1998	0
V	6 de Marzo de 1998	0
VI	30 de Abril de 1998	1,8

\*Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (2002)

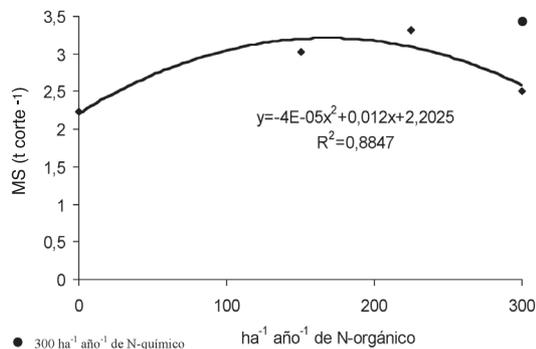


Fig. 1. Efecto de la fertilización orgánica sobre el rendimiento en MS del sorgo negro forrajero, con cobertura de maní forrajero.

Schoenau *et al.* (1999) informan resultados similares con la aplicación de 204 kg ha<sup>-1</sup> de N en forma orgánica en trigo. El tratamiento con mayor aplicación de N orgánico se comportó similar al tratamiento sin aplicación de fertilizante ( $p < 0,05$ ). Esto concuerda con lo expuesto por Schoenau *et al.* (1999), quienes mencionan problemas en el cultivo de trigo con aplicaciones de boñiga de cerdas en lactación en niveles mayores de 300 kg ha<sup>-1</sup> de N; debido posiblemente a una toxicidad de amonio que causa daños a la semilla y a una reducción del proceso de mineralización (alta relación C:N). En la presente investigación no se puede asociar daños a la semilla debido a

Cuadro 4. Rendimiento y composición nutricional de sorgo negro fertilizado con abono orgánico y químico, con cobertura en maní forrajero.

Variables	Tratamientos					Pr>F
	TO	TQ	TOR <sub>1</sub>	TOR <sub>2</sub>	TOR <sub>3</sub>	
Producción de MV t corte <sup>-1</sup>	11,48 <sup>c</sup>	17,11 <sup>a</sup>	15,46 <sup>b</sup>	16,70 <sup>ab</sup>	12,79 <sup>c</sup>	0,0001
Producción de MS t corte <sup>-1</sup>	2,23 <sup>c</sup>	3,40 <sup>a</sup>	3,03 <sup>b</sup>	3,31 <sup>ab</sup>	2,50 <sup>c</sup>	0,0001
Producción de PC kg corte <sup>-1</sup>	205 <sup>c</sup>	335 <sup>a</sup>	265 <sup>b</sup>	282 <sup>ab</sup>	215 <sup>c</sup>	0,005
Contenido de PC %	9,19 <sup>ab</sup>	9,85 <sup>a</sup>	8,76 <sup>b</sup>	8,53 <sup>b</sup>	8,58 <sup>b</sup>	0,0037
Producción MS digestible ha <sup>-1</sup> t corte <sup>-1</sup>	1,53 <sup>c</sup>	2,24 <sup>a</sup>	2,05 <sup>b</sup>	2,23 <sup>ab</sup>	1,72 <sup>c</sup>	0,0001
Producción MO digestible ha <sup>-1</sup> t corte <sup>-1</sup>	7,86 <sup>c</sup>	11,29 <sup>a</sup>	10,44 <sup>b</sup>	11,26 <sup>ab</sup>	8,82 <sup>c</sup>	0,0001
Contenido de FDN %	66,04	64,78	64,27	64,58	64,15	0,1855
Contenido de FDA %	38,61	39,07	39,62	38,98	38,45	0,5997
Digestibilidad <i>in vitro</i> MS%	68,48	66,00	67,53	67,43	68,96	0,1177

que el material tiene un comportamiento perenne; sin embargo, es posible una alteración en la relación C:N. Igual comportamiento informan Adeli y Varco (2001) al no encontrar diferencias en el rendimiento de MS producida en el cultivo del sorgo cuando fertilizaron con fuentes químicas y orgánicas (efluentes de lagunas de oxidación de actividad porcícola).

El efecto de aplicar una enmienda, sea orgánica o química, en el rendimiento del cultivo del sorgo negro forrajero se refleja en incrementos de 4,03 t ha<sup>-1</sup> corte<sup>-1</sup> de MV o 0,83 t ha<sup>-1</sup> corte<sup>-1</sup> de MS (p<0,05). Cuando la enmienda es orgánica se produce en promedio 3,50 t ha<sup>-1</sup> de MV o 0,72 t ha<sup>-1</sup> de MS (p<0,05) por corte con relación a cultivos sin aplicación de fertilizante. Al comparar los rendimientos promedio de MV ha<sup>-1</sup> o MS ha<sup>-1</sup> entre la fertilización química y la orgánica, se obtienen

rendimientos mayores con la fertilización convencional de 2,13 y 0,45 t (p<0,05), respectivamente. Contrariamente, González *et al.* (1996) obtuvieron mejores rendimientos en la producción de MS ha<sup>-1</sup> del pasto Buffel (*Cenhrus ciliaris*) con la aplicación de excretas de bovino (30 t ha<sup>-1</sup>) que con la fertilización química (100 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> de N-50 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> de N). Trabajos realizados por Estavillo *et al.* (1996) indican que la producción de biomasa fertilizada con material orgánico se iguala o supera a la producción convencional al segundo año.

Los rendimientos de sorgo presentan una merma en la producción de forraje verde de 21,48% y de 36% para el segundo y tercer corte con respecto al primero. Cordero (1966), informa de pérdidas de 37,9% y 45,8% para los primeros 3 cortes, con una merma total de 69,95% en el rendimiento del cultivo del sorgo, con la aplicación de fertilizante. Resultados similares

informan González *et al.* (1996), con mermas en la producción de 68,16% en las parcelas fertilizadas químicamente, pero menores a las obtenidas con la fertilización orgánica (12,49%) en pasturas de pasto Buffel. En la presente investigación la merma total con respecto al primer corte fue de 28,18%, lo cual puede deberse al efecto residual del material orgánico aplicado (González *et al.* 1996) y a la cobertura del maní forrajero. El cuarto corte presenta una reducción significativa del material, la cual se debió a la reducción de la precipitación (Cuadro 3).

### Proteína cruda (PC)

El contenido de PC mayor se obtuvo con la fertilización química y en el tratamiento testigo ( $p < 0,05$ ), sin determinarse diferencias entre los niveles de fertilización orgánica utilizados ( $p > 0,05$ ) (Cuadro 4). Resultados contrarios encontraron González *et al.* (1996) al cuantificar contenidos de PC mayores en parcelas fertilizadas de forma orgánica que parcelas sin fertilización.

El mejor rendimiento de proteína cruda expresado como kg PC por corte por cada tonelada de materia seca producida se obtuvo en el tratamiento químico (98,53 kg PC corte<sup>-1</sup> t<sup>-1</sup> MS producida), seguido por el tratamiento testigo (91,93 kg PC corte<sup>-1</sup> t<sup>-1</sup> MS producida) y por último el rendimiento promedio de los tratamientos orgánicos (89,30 kg PC corte<sup>-1</sup> t<sup>-1</sup> MS producida). Al comparar el tratamiento testigo con el promedio de producción de PC de los tratamientos con aplicación de fertilizante nitrogenado y con los tratamientos orgánicos, se cuantifica una reducción del 2,86% y 6,21% con relación al rendimiento de PC en la parcela sin fertilización, respectivamente; así el rendimiento de PC obtenido en las parcelas con fertilización química, supera en 12,49% el rendimiento obtenido en las parcelas con fertilización orgánica ( $p < 0,05$ ).

La producción de PC difiere por la época de corte ( $p < 0,05$ ), los mayores rendimientos se alcanzan en el 2<sup>do</sup>, 1<sup>ro</sup> y 6<sup>to</sup> corte (Cuadro 5). La disponibilidad del nitrógeno está influenciada por la precipitación pluvial (Cuadro 3), lo cual pudo favorecer esta variabilidad.

En la figura 2 se demuestra que la aplicación de fertilizante orgánico causó una tendencia cuadrática en la producción de proteína ha<sup>-1</sup> corte<sup>-1</sup>, presentándose la mayor respuesta por hectárea en el nivel de 150 a 160 kg N; sin embargo, no se alcanza la producción de la fertilización convencional.

### Pared celular

Los constituyentes de la pared celular (FDN y FDA) no difieren significativamente entre tratamientos ( $p < 0,05$ ), pero si entre cortes, siendo la interacción no significativa. Maccon *et al.* (2002) informaron resultados similares, al no obtener diferencias significativas en los componentes de la pared celular del sorgo fertilizado con efluentes de lechería.

La FDN presenta en promedio 64,29% ± 0,20 con relación a los tratamientos orgánicos, 64,78% para la fertilización química y de 66,04% para el tratamiento sin fertilización. Corrales (1986), informa de valores de 61,65% en sorgo fertilizado con dosis crecientes de fertilizante (0-75 kg ha<sup>-1</sup> N) y 61,38% para sorgo sin fertilizar. En cambio, Hernández (1986) obtuvo valores mayores para sorgo fertilizado (63,6%) y sin fertilizar (63,40%). El sorgo presenta valores de FDN menores que los pastos utilizados ampliamente en la producción ganadera del país, como lo es el pasto Estrella africana (71,2%), el pasto Kikuyo (67%) y pasto King grass (72,5%) (Sánchez y Soto 1998), lo que lo perfila como un material de mucho potencial.

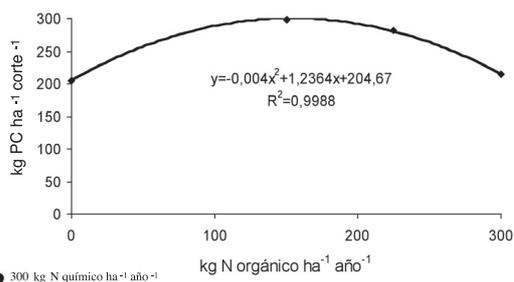


Fig. 2. Efecto de la fertilización orgánica sobre la producción de proteína cruda del sorgo negro forrajero.

Cuadro 5. Rendimiento y composición nutricional por corte del sorgo negro fertilizado con abono orgánico y químico, con cobertura de maní forrajero

Variables	Corte						Pr>F
	I	II	III	IV	V	VI	
Producción de MV t	19,22 <sup>a</sup>	15,09 <sup>c</sup>	12,30 <sup>d</sup>	8,39 <sup>e</sup>	16,13 <sup>bc</sup>	17,12 <sup>b</sup>	0,0001
Producción de MS t	3,29 <sup>a</sup>	2,83 <sup>b</sup>	2,49 <sup>c</sup>	1,83 <sup>d</sup>	3,55 <sup>a</sup>	3,35 <sup>a</sup>	0,0001
Producción MS digestible ha <sup>-1</sup> t	2,19 <sup>a</sup>	2,05 <sup>b</sup>	1,68 <sup>c</sup>	1,24 <sup>d</sup>	2,24 <sup>a</sup>	2,31 <sup>a</sup>	0,0001
Producción MO digestible ha <sup>-1</sup> t	12,77 <sup>a</sup>	10,93 <sup>bc</sup>	8,28 <sup>d</sup>	5,70 <sup>e</sup>	10,17 <sup>c</sup>	11,79 <sup>b</sup>	0,0001
Producción de PC kg	301 <sup>a</sup>	299 <sup>a</sup>	209 <sup>c</sup>	161 <sup>d</sup>	269 <sup>b</sup>	315 <sup>a</sup>	0,0001
Contenido de PC %	9,17 <sup>b</sup>	10,56 <sup>a</sup>	8,38 <sup>c</sup>	8,80 <sup>cb</sup>	7,58 <sup>d</sup>	9,40 <sup>b</sup>	0,0001
Contenido de FDN %	68,77 <sup>a</sup>	62,01 <sup>d</sup>	64,86 <sup>cb</sup>	63,36 <sup>cd</sup>	63,83 <sup>c</sup>	65,72 <sup>b</sup>	0,0001
Contenido de FDA %	43,87 <sup>a</sup>	34,00 <sup>d</sup>	39,36 <sup>b</sup>	36,58 <sup>c</sup>	40,22 <sup>b</sup>	39,64 <sup>b</sup>	0,0001
Digestibilidad <i>in vitro</i> MS %	66,45 <sup>c</sup>	72,41 <sup>a</sup>	67,34 <sup>cb</sup>	67,93 <sup>cb</sup>	63,04 <sup>d</sup>	68,91 <sup>b</sup>	0,0001

El contenido de FDA que se obtuvo para los tratamientos orgánicos fue de 39,02% ± 0,6, muy similar al obtenido con la fertilización química (39,07%) y mayor (38,61%) al tratamiento sin fertilización. El contenido de FDA del sorgo es similar al encontrado por Sánchez y Soto (1998) para el pasto Estrella (40%) y el pasto Kikuyo (38,6%) y menor para el pasto King grass (51,1%), lo que potencia su uso en las producciones pecuarias.

#### Digestibilidad *in vitro* de la MS (DIVMS)

Los valores obtenidos de DIVMS no difieren estadísticamente entre sí, el valor menor se obtuvo en el tratamiento químico (66%), los valores obtenidos para la fertilización orgánica y sin fertilizante fueron de 67,97 y 68,48%, respectivamente

(Cuadro 4). Jiménez (1995), encontró valores de 69,42; 66,06 y 61,63% para sorgo cosechado a los 56, 70 y 84 días, lo cual concuerda con los datos obtenidos en esta investigación.

En la figura 3 se describen las toneladas de MS digestible que se obtienen al aplicar dosis crecientes de fertilizante orgánico, se nota una disminución cuando se dosifica con 300 kg N orgánico. Maccon *et al.* (2002), no encontraron diferencias en la producción de MS digestible de varios cultivos (pasto Bermuda, pasto Bermuda con maíz, maíz con maní forrajero y maíz con sorgo) al utilizar dosis crecientes de nitrógeno, proveniente de aguas de lavado de lechería. La digestibilidad del material se vio afectada por las condiciones climáticas, lo cual se refleja en el número de corte (Cuadro 4).

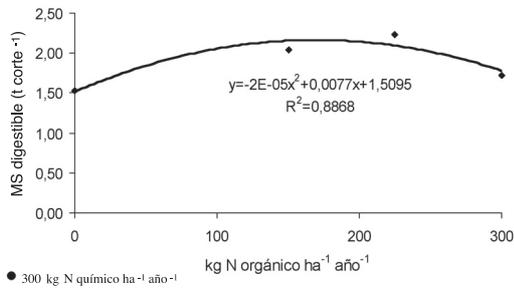


Fig. 3. Efecto de la fertilización orgánica sobre la producción de materia digestible en el sorgo negro forrajero, con cobertura de maní forrajero.

### Producción de biomasa total

Al adicionar la cobertura de maní forrajero (3 t ha<sup>-1</sup> corte<sup>-1</sup> de MS) al rendimiento obtenido por el sorgo, se logra alcanzar producciones promedio de 5,89 t ha<sup>-1</sup> corte de MS (Figura 4), lo que equivale a rendimientos de 39,7 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> de MS. Esta asociación además de mejorar el aporte de nutrimentos al sistema ruminal, permite

una oferta mayor de alimento o la posibilidad de mantener más animales en una unidad de tiempo. Esto se debe a que su rendimiento (t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> de MS) mejora los obtenidos por Corrales (1986) en el cultivo de sorgo (23,87 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> de MS), por Elizondo y Boschini (2002) en maíz (22,63 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> de MS), por Nieto (2004) en la asociación de maíz con maní forrajero (33,02 ton ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> de MS), y lo informado por Macoon *et al.* (2002) para maíz con pasto Bermuda (24,77 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> de MS) y maíz con sorgo (22,77 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> de MS).

### Costos de producción

Por medio de una simulación se determinó el costo de la fertilización tanto química como orgánica, donde la fuente nitrogenada (46% N) se compró a ¢112 kg<sup>-1</sup> y la fuente orgánica a ¢1000 el saco de 30 kg, se asume 25% de reducción en el costo cuando se produce en la misma finca (¢33 y ¢25 kg<sup>-1</sup>, respectivamente). Los datos reflejan un aumento de 6 veces en el costo de producción del kilo de MS del sorgo negro cuando se fertiliza

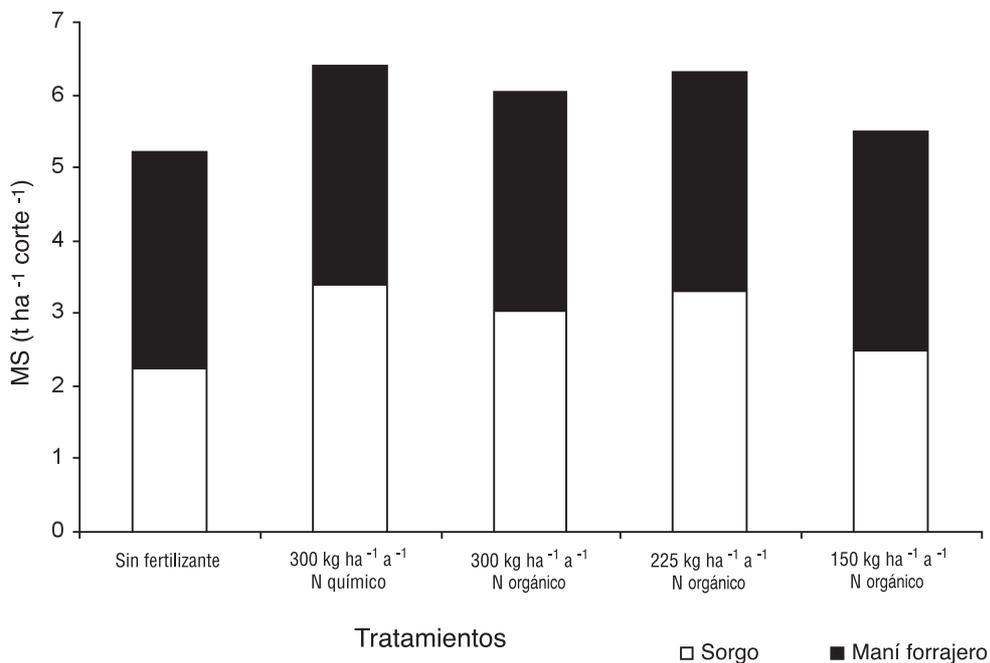


Fig. 4. Producción de materia seca total del cultivo de sorgo con cobertura de maní forrajero permanente.

con abonos orgánicos en dosis de 225 kg ha<sup>-1</sup> de N, esto comparado con el costo de la fertilización convencional (¢19,18 v ¢3,18, respectivamente) (Cuadro 6).

Según Rynk (1992) durante el proceso de estabilización del abono orgánico se dan mermas del 30-50% del material original. Con base en esto, para el tratamiento de 225 kg N orgánico se requiere procesar 22284 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (30% de merma). En relación con los costos se aprecia en el cuadro 6, que la fertilización orgánica fue 1013% más costosa que la fertilización química.

diferencias estadísticas entre si. Dosis de 300 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> de N orgánico se asociaron con reducciones en el rendimiento del cultivo del sorgo. La presencia de 2 condiciones climatológicas (invierno y verano) provocan una reducción en el rendimiento de la producción de la MV ha<sup>-1</sup> de 39,71% en promedio y entre periodos de invierno se encontró una merma de 3,12% en promedio.

El efecto de la fuente nitrogenada (química u orgánica), presenta influencia sobre el contenido de proteína, pero no sobre la composición de la pared celular y la cantidad de MO digestible.

## CONCLUSIONES

Los mejores rendimientos de MV, MS y digestible se obtuvieron con la fertilización química (300 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> de N) y con la aplicación de 225 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> de N con base en la fertilización orgánica (12,8 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), sin cuantificar

## IMPLICACIONES

Al no encontrarse diferencias significativas entre los tratamientos químico y orgánico sobre los rendimientos de MV, MS y digestible, los resultados obtenidos en esta investigación sugieren que en la producción de forrajes es

Cuadro 6. Determinación del costo de la fertilización química y orgánica para la producción de 1 kg de materia seca del sorgo negro <sup>a</sup>.

Parámetro	Tratamiento*							
	Sin fertilizante	300 kg N químico	300 kg N orgánico		225 kg N orgánico		150 kg N orgánico	
			C **	P	C	P	C	P
Cantidad de material comercial (kg)		652	17142	17142	12857	12857	8571	8571
Costo por kilo de material comercial		¢112	¢33	¢25	¢33	¢25	¢33	¢25
Costo anual***		¢73	¢571,3	¢428,5	¢428,5	¢321,4	¢285,7	¢214,3
Producción de MS (kg) año <sup>-1</sup>	15052	22950	20452		22342		16875	
Costo por kilo de MS año <sup>-1</sup>		¢3,18	¢27,94	¢20,95	¢19,18	¢14,39	¢16,93	¢12,70
Producción de MS adicional (kg) año <sup>-1</sup>		7898	5400		7290		1823	
Costo por kilo de MS adicional año <sup>-1</sup>		¢9,24	¢106	¢79,35	¢58,80	¢44,09	¢156,7	¢117

\*Dosificación ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. \*\* C = Material comprado; P = Material producido. \*\*\* Miles de colones. <sup>a</sup> 1 US\$ equivale a ¢440.

posible la sustitución del fertilizante químico por fuentes orgánicas, mejorando así la estructura del suelo, incrementando los contenidos de MO y generando un reservorio de nutrimentos a corto y largo plazo, lo que facilita el proceso de transición de sistemas convencionales a sistemas orgánicos de producción animal. Como la fertilización orgánica es limitada por la necesidad de altas cantidades de materias primas para su elaboración (225 kg N equivalen a 12,8 t de material orgánico), esto condiciona su producción al uso de recursos propios de la finca para reducir costos. La presencia de cobertura de maní forrajero elimina la aplicación de herbicidas utilizados en el monocultivo del sorgo y permite aumentar los rendimientos de biomasa por hectárea.

### AGRADECIMIENTO

Se agradece al Sr. Agustín Rojas propietario de la Finca Parana por facilitar el espacio físico donde se realizó este experimento y al Dr. Henry Soto por el análisis estadístico.

### LITERATURA CITADA

- ABARCA R., MADRIZ A. 1999. Determinar la competitividad económica de la explotación lechera especializada de las zonas altas del Valle Central (Cartago) y San Carlos ante el convenio Marco del GATT. Tesis. Ing. Agr. Escuela de Economía Agrícola. Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. 165 p.
- ADELI A., VARCO J. 2001. Swine lagoon effluent as a source of nitrogen and phosphorus for summer forage grasses. *Agron. J.* 93:1174-1181.
- ARGEL P., VILLARREAL M. 1998. Nuevo maní forrajero perenne (*Arachis pintoi*) Cultivar Porvenir (CIAT 18744): Leguminosa herbácea para alimentación animal, el mejoramiento y conservación del suelo y el embellecimiento del paisaje. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Centro Internacional de Agricultura tropical (CIAT). Boletín Técnico. 32 p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. 1984. Official Methods of analysis. Washington D.C. 1008 p.
- COMPTON P. 1990. Agronomía del sorgo. Instituto internacional para el mejoramiento en cultivos para los trópicos semi-áridos (ICRISAT), Hyderabad, India. 301 p.
- CORDERO E. 1966. Efecto de distancias de siembra y densidades de semilla en la producción de sorgo forrajero (*Sorghum vulgare* Pers). Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. 32 p.
- CORRALES J.C. 1986. Efecto de la densidad y distancia de siembra y la fertilización nitrogenada sobre la producción de biomasa y la calidad del sorgo negro forrajero (*Sorghum almun*). Tesis Ing. Agr. Escuela de Zootecnia. Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica. San José. Costa Rica. 173 p.
- CUBERO D. 1994. Manual de conservación de suelos y aguas. EUNED. San José, Costa Rica. 300 p.
- Da COSTA M. 1995. Abonos verdes: una práctica indispensable en los sistemas agrícolas de las regiones tropicales y subtropicales. In: García J.E. y Monte-Nájera J. (eds) 1995. Agricultura Orgánica. Simposio Centroamericano. Memorias. San José, Costa Rica. p. 91-119.
- ELIZONDO J., BOSCHINI C. 2002. Producción de forraje con maíz criollo y maíz híbrido. *Agronomía Mesoamericana* 13 (1): 13-17.
- ESTAVILLO J.M., GONZÁLEZ-MURÚA C., BESGA G., RODRÍGUEZ M. 1996. Effect of cow slurry N on herbage productivity, efficiency of N utilization and on white clover content in a natural sward in the Basque Country, Spain. *Grass and Forage Science* 51: 1-7.
- FORGE T., BITTMAN S. 1999. Responses of the soil microbial biomass and microfauna to long-term and short-term manure applications. In: Manure management 99. Proceedings of a Tri-Provincial conference on manure management. Saskatoon. June 22-25. 10 p.
- GONZÁLEZ S.A., EGUIARTE V., GALINA M. 1996. Aplicación y efecto residual del estiércol en la producción y calidad del buffel (*Cenchrus ciliaris* cv. Texas-4464) en el trópico seco. *Pastos y Forrajes* 19: 147-159.
- HERNÁNDEZ H.E. 1986. Fertilización nitrogenada y edad de corte para sorgo forrajero (*Sorghum almun*).

- Tesis. Ing. Agr. Escuela de Zootecnia. Universidad de Costa Rica. San José. Costa Rica. 145 p.
- JIMÉNEZ C. 1995. Degradabilidad ruminal del sorgo negro. Tesis M.Sc. Programa de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. 61 p.
- KASS D.C.L. 1996. Nutrient cycling in tropical forest ecosystems: Principles and their application in management and conservation. John Wiley. 190 p.
- MACCON B., WOODARD K.R., SOLLENBERGER L.E., FRENCH III E.C., PORTIER K.M., GRAETZ D.A., PRINE G.M., Van HORN Jr H.H. 2002. Dairy effluent effects on herbage yield and nutritive value of forage cropping systems. *Agron. J.* 94:1043-1049.
- NIETO J.C. 2004. Caracterización nutricional y productiva de material fresco y ensilado de maní forrajero (*Arachis pintoi*) cultivado en asocio con maíz (*Zea mays*), a tres densidades de siembra. Tesis M.Sc. Programa de posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. 68 p.
- PAUL J.W., ZEBARTH B.J. 1997. Denitrification and nitrate leaching during the fall and winter following dairy cattle slurry application. *Can. J. Soil. Sci.* 77: 231-240.
- RINK R. 1992. On farm composting handbook northeast regional agricultural engineering service. 186 p.
- RODRÍGUEZ R., VILLALOBOS L., VILLARREAL M. 1999. Densidad y biomasa de lombrices presentes en pasturas asociadas y no asociadas con *Arachis pintoi* en diferentes localidades de San Carlos. *In: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales Vol. III San José, Costa Rica.* p. 53-54
- SÁNCHEZ J., SOTO H. 1998. Estimación de la calidad nutricional de los forrajes del cantón de San Carlos. II. Componentes de la pared celular. *Nutrición Animal Tropical* 4 (1): 3-23.
- S.A.S. 1985. SAS/SAT. "Guide for personal Computers". VI Edition. S.A.S. Inst. Inc. U.S.A. 378 p.
- SCHOENAU JJ., CHARLES J., WEN P., QIAN P., HULTGRREN G. 1999. Effect of hog and cattle manure additions on soil fertility and crop growth in East Central Saskatchewan. *In: Manure management 99. Proceeding of a tri-provincial conference on manure management.* Saskatoon. June 22-25. 20 p.
- SEQUEIRA W. 1978. Respuesta del sorgo (*Sorghum bicolor* Moench) a la fertilización fosfórica en suelos de Buenos Aires de Puntarenas. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. 59 p.
- Van SOEST P.J., ROBERTSON J.B. 1985. Analysis of forage and fibrous foods. Cornell University. Ithaca. New York. U.S.A. 476 p.
- VILLALOBOS L., RODRIGUEZ R., VILLARREAL M. 1999. Poblaciones de artrópodos en sistemas de pasturas asociadas y no asociadas con *Arachis pintoi*. San Carlos. *In: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales Vol. III San José, Costa Rica.* pp. 55-56.
- VILLARREAL M., RODRÍGUEZ R., VILLALOBOS L. 1999. Poblaciones microbiales presentes en suelos de pasturas bajo diferentes condiciones de manejo en la región de San Carlos, Costa Rica. *In: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales Vol. III San José, Costa Rica.* p. 51-52.

