

ARTÍCULO CIENTÍFICO

EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y FOSFATADA SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DEL PASTO SETARIA (*Setaria anceps* S.) cv. Kazungula.¹

Rodolfo Hayn² y Poicles Valinotti³

ABSTRACT. A field experiment was carried out in the experiment station of Barrerito - Programa Nacional de Investigación y Experimentación Ganadera (PRONIEGA) a branch of the Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) located in Caapucú, Paraguari from march 1984 up to august 1986 with the objective of evaluating the effect of nitrogen and phosphorus fertilizers in the biomass production and quality of setaria grass (*Setaria anceps* S.) cv. Kazungula. A factorial experiment was used to evaluate four levels of nitrogen (0, 50, 100 and 150 kg N/ha) and two levels of phosphorus (0 and 150 kg P₂O₅/ha) summing 8 treatments arranged in a randomized block with three replications. Average dry-weight production with increasing levels of N were: 8.46, 9.80, 11.79 and 12.30 Tm/ha and it was obtained a linear positive relationship with a regression coefficient of 0.96. Increasing levels of N also increased brute protein percentages in the dry mass from 0.93 to 11.05, 11.82 and 12.47 %, and the total brute protein production from 0.92 to 1.08, 1.39 and 1.54 Tm/ha, respectively. Results also revealed that biomass production derived from N and P fertilizer interactions were highly significant.

RESUMEN. Un experimento de campo fue realizado en la estación experimental Barrerito del Programa Nacional de Investigación y Experimentación Ganadera (PRONIEGA) dependiente del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), localizado en Caapucú, Departamento de Paraguari, en el periodo comprendido entre marzo de 1984 a agosto de 1986; su objetivo fue evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada y fosfatada en la producción de biomasa y calidad del pasto *Setaria anceps* S. cv. kazungula. Se utilizó un esquema factorial para la evaluación de cuatro niveles de nitrógeno en dosis de 0, 50, 100 y 150 kg N/ha y dos niveles de fósforo en dosis de 0 y 150 kg/ha de P₂O₅, totalizando ocho tratamientos delineados en bloques al azar con tres repeticiones. Las producciones medias de materia seca para los niveles crecientes de N fueron 8,46; 9,80; 11,79 y 12,30 Tm/ha, obteniéndose una tendencia lineal positiva con un coeficiente de regresión de 0,96. Asimismo, con las aplicaciones de los niveles de N mencionados, los tenores de proteína bruta en la materia seca aumentaron de 10,93 a 11,05; 11,82 y 12,47% y la producción total de proteína bruta aumentó de 0,92 a 1,08; 1,39 y 1,54 Tm/ha, respectivamente. Los resultados también revelaron alta significancia en la producción de materia seca derivados de la interacción entre la fertilización nitrogenada y fosfatada.

Key words: Nitrogen, phosphorus, setaria, dry weight, brute protein.

Palabras claves: Nitrógeno, fósforo, setaria, materia seca, proteína bruta.

¹ Contribución del Programa Nacional de Investigación y Experimentación Ganadera (PRONIEGA), del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

^{2,3} Técnicos de PRONIEGA hasta 1991 y 1993, respectivamente. Actualmente Profesor del Departamento de Producción Animal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción y Consultor privado, respectivamente. Casilla de Correo 1618, Campus Universitario, Asunción - Paraguay .

INTRODUCCIÓN

En el Paraguay, la explotación ganadera, tradicionalmente, tiene como principal fuente de alimento la pradera natural. Sin embargo a través de los años se han venido incorporando especies de plantas forrajeras que presentan mejores alternativas para la alimentación del ganado. En este orden de cosas, cabe citar al pasto *Setaria* (*Setaria anceps* S.) cultivar kazungula que se ha destacado por su buen comportamiento en pastoreo, buena capacidad de soporte y especialmente por su razonable potencial de crecimiento durante el invierno (SAMUDIO y DICKEY, 1975).

La producción potencial de forraje del pasto setaria, como en las demás gramíneas tropicales, es influenciada por el nivel de fertilidad del suelo. Con aplicaciones, principalmente, de nitrógeno, esta especie se ha destacado entre las más productivas, tanto en cantidad como en calidad del forraje (OLSEN, 1972).

La reducción de nitrógeno, debido a las altas extracciones de ese elemento por los cultivos, es uno de los factores que con mayor frecuencia limita el desarrollo de las plantas. Además de contribuir a la formación de casi todos los tejidos vegetales, el nitrógeno es un componente esencial de muchas sustancias y se destaca principalmente en la síntesis de proteínas que intervienen en el mecanismo enzimático y posibilitan el metabolismo celular (PARETTAS, 1978).

En efecto, HAAG et al. (1965) constataron que el pasto elefante (*Pennisetum purpureum* S.), cuando fue sometido a la carencia del nitrógeno, presentó crecimiento pobre, hojas cloróticas y finalmente la paralización del crecimiento. Por otro lado, la fertilización completa incluyendo la nitrogenada, dio como resultado un desarrollo normal, tallos gruesos y hojas abundantes, logrando mayor peso seco.

Los trabajos realizados en áreas de clima tropical y subtropical con fertilización nitrogenada sobre la mayoría de las especies de gramíneas tropicales muestran que la mayor parte de estas especies responde a la fertilización nitrogenada con aumentos sensibles en la producción de materia seca y proteína bruta (GUERRERO et al., 1970; ERICKSEN y WITHNEY 1981; CHEW et al., 1982).

En efecto, ERICKSEN y WHITNEY (1981), trabajando con dos niveles de fertilización nitrogenada (0 y 365 kg de N/ha/año) en seis forrajeras tropicales, encontraron el mejor resultado en la producción de materia seca se obtuvo con la aplicación de 365 kg de N/ha/año.

CHEW et al. (1982), condujeron un experimento con dos gramíneas; siempre verde (*Panicum maximum*, J.) y

pasto elefante (*Pennisetum purpureum* S.), bajo el efecto de fertilización nitrogenada y encontraron respuestas a aplicaciones de hasta 1800 kg de N/ha/año, para las dos especies.

Con el propósito de estudiar el efecto de diferentes niveles de N sobre el pasto elefante en el rendimiento de materia seca, tenor y producción de proteína bruta del forraje, GUERRERO et al. (1970) utilizaron dosis de 0, 200, 400 y 600 kg/ha/año de nitrógeno. Los valores de producción de materia seca y proteína bruta presentaron tendencia lineal positiva con los niveles crecientes de nitrógeno aplicados.

La eficiencia de la utilización del nitrógeno en la producción del pasto setaria ha sido observada por varios investigadores. Según BODGAN (1977) esta gramínea produce en torno de 30 kg de materia seca por kg de N aplicado.

En cuanto al fósforo, aparentemente no es una planta muy exigente, excepto en el establecimiento, cuando este elemento promueve un mayor y más rápido crecimiento inicial de la planta (BOGDAN, 1977).

En los vegetales en crecimiento, el fósforo es más abundante en los tejidos meristemáticos, donde la respiración y la síntesis de proteínas son más intensas (MALAVOLTA 1981).

Es sabido también que la fertilización fosfatada favorece el desarrollo radicular; de ahí su importancia en la etapa de crecimiento inicial de las plantas (TISDALE y NELSON, 1970).

En trabajos sobre fertilización en gramíneas tropicales, fue observado que el nitrógeno afecta las producciones, casi siempre, en forma positiva. Pero este mismo efecto no es observado con igual frecuencia con la utilización de fertilización fosfatada. HAAG et al. (1965) conduciendo un trabajo sobre nutrición mineral del pasto elefante (*Pennisetum purpureum* S.) en solución nutritiva, observaron que la carencia de fósforo en la solución resultó en un desarrollo aparentemente normal al no obtenerse diferencias significativas en la producción de materia seca. PLUCKNETT y FOX (1965) concluyeron que el pasto pangola (*Digitaria decumbens* S.) necesitaba de fósforo, apenas para un rápido establecimiento; posteriormente los requerimientos se tornaban reducidos. Se atribuyó ese resultado a la capacidad del pangola para extraer aquellos fosfatos insolubles de hierro y aluminio existente en el suelo.

ANDREW & ROBINS (1971), trabajando con nueve especies de gramíneas tropicales, entre ellas el pasto setaria (*Setaria anceps* Stapf), encontraron respuesta

positiva a los niveles de fósforo y producción de materia seca de esta forrajera.

En base a los antecedentes anteriormente expuestos se realizó el siguiente trabajo de investigación, cuyo objetivo fue el estudio del efecto de la fertilización nitrogenada y fosfatada sobre la producción de materia seca y calidad del forraje en el pasto setaria.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio fue realizado en la Estación Experimental Barrerito del Programa Nacional de Investigación y Experimentación Ganadera (PRONIEGA - MAG), que se halla localizada en el Departamento de Paraguari, aproximadamente a 26,2° de latitud sur y 57,1° de longitud oeste, durante el período comprendido entre marzo de 1984 a agosto de 1986.

En esa zona, el clima es considerado sub-tropical con lluvias estacionales bien definidas. Las lluvias se concentran en el período primavera-verano y el invierno es relativamente seco, con baja incidencia de heladas. La temperatura media anual es de 21,1°C. La precipitación media anual es de 1500 mm/año. La configuración topográfica aparece como levemente ondulada con una elevación media de 150 m sobre el nivel del mar.

El grupo de suelo, en el área de estudio, es clasificado en el sistema soil taxonomy a nivel de subgrupo como typic paleaquilt derivado de granito. El suelo superficial se caracteriza por una textura franco-arenosa, buena permeabilidad, reacción ácida, contenido bajo de materia orgánica, potasio, fósforo y calcio y alto contenido de aluminio intercambiable. El cuadro 1 presenta el análisis de suelo del área de estudio.

Cuadro 1. Algunas propiedades químicas del suelo utilizado en este estudio.

Propiedades	Cantidad
pH	5,2
Materia orgánica, %	0,7
Fósforo extraíble, mg/kg	0,8
Potasio intercambiable, mg/kg	26
Calcio intercambiable, mg/kg	120
Aluminio intercambiable, cmol/kg	2,1

La especie en estudio fue el pasto Setaria (*Setaria anceps* S.) cultivar Kazungula, considerado como tolerante a la toxicidad de aluminio y resistente a las deficiencias nutricionales derivadas del complejo de la acidez del suelo.

Se utilizó un esquema factorial 4 x 2 para el estudio de cuatro niveles de nitrógeno y dos de fósforo, totalizando 8 tratamientos en delineamiento de bloques al azar con tres repeticiones. Cada repetición consta de 8 parcelas de 3 x 5 m con calles de 1 m entre parcelas y de 2 m entre bloques. Dentro de cada parcela, fueron sembrados cuatro surcos corridos distanciados a 1 m en el período de otoño. Luego se realizó un corte de uniformidad en la primavera para dar inicio al trabajo.

Como fuente de nitrógeno se utilizó urea, aplicada en dos etapas; una mitad al inicio de la primavera y la otra en el otoño. Como fuente de fósforo se usó hiperfosfato (27,5 % P₂O₅ y 47 % de CaO) y su aplicación se efectuó en una sola operación al inicio de la primavera.

Los cortes de evaluación del forraje producido se efectuaron en las dos hileras centrales, desechando las hileras laterales y cabeceras de las parcelas. Las cosechas se realizaron cada vez que el pasto se encontraba en su mejor momento para su utilización (relación hoja/tallo mayor a 1). Los cortes fueron efectuados a 15 cm del suelo.

Se tomaron 100 gramos de muestra de cada parcela para la determinación de porcentaje de materia seca y proteína bruta.

Los tratamientos evaluados fueron los siguientes: 0, 50, 100, y 150 kg/ha de nitrógeno y la interacción de éstos con 0 y 150 kg/ha de P₂O₅, como fuente de abono fosfatado. Todas las aplicaciones fueron hechas en bandas laterales.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de materia seca. La producción total de materia seca del pasto setaria en cada tratamiento se observa en el cuadro 2.

Cuadro 2. Producción total de materia seca (Tm/ha) del pasto setaria bajo el efecto de diferentes niveles de nitrógeno y fósforo (Kg/ha).*

Nitrógeno	Fósforo (P ₂ O ₅)		Media
	0	150	
0	8,025	8,904	8,464
50	8,206	11,396	9,801
100	9,752	13,835	11,793
150	9,978	14,621	12,299
Media	8,990	12,198	10,589

* Los valores corresponden a una media de tres repeticiones por cada tratamiento.

Como puede ser observado en el cuadro 2, los tratamientos con fertilizantes fueron superiores en rendimiento forrajero sobre los tratamientos no fertilizados.

El análisis conjunto de varianza indicó efecto significativo del nitrógeno (P 0,01) y fósforo (P 0,01), en tanto que los efectos de la interacción N x P no fueron significativos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Valores de cuadrado medio y su significancia para la producción total de materia seca.

FV	GL	SC	CM	F
Bloques	2	62 085	31 042	
Nitrógeno	3	57 063 850	19 021 283	8,86 **
Fósforo	1	61 382 413	61 382 413	28,59 **
N x P	3	12 375 913	4 125 304	1,9 ns
Error	14	30 047 463	2 146 247	
Total	23			

** Altamente significativo

ns = No significativo

El análisis de la regresión polinomial para los niveles de nitrógeno mostró efecto lineal significativo (P 0,05) y la ecuación de regresión fue $Y = 8,58 + 0,0263 x$, donde Y representa la cantidad estimada de materia seca producida (Tm/ha) y x la cantidad de N aplicado (Tm/ha) con coeficiente de regresión $r^2 = 0,96$. La figura 1 muestra la relación de la producción de materia seca y los niveles de N aplicados.

Las producciones de materia seca del pasto setaria presentaron una respuesta lineal a los niveles de nitrógeno aplicados en este experimento. Resultados semejantes fueron encontrados por otros investigadores (GUERRERO et al., 1970; ERICKSEN y WHITNEY 1981; CHEW et al., 1982).

Aunque no hayan sido utilizados niveles de nitrógeno muy elevados, en este trabajo, en comparación con otros, (GUERRERO et al., 1970 y CHEW et al., 1982) quienes usaron dosis de hasta 1800 kg de N/ha/año, el resultado de materia seca obtenido en el nivel más alto de N aplicado fue de 12,3 Tm/ha y puede ser considerado satisfactorio para las condiciones locales.

La producción forrajera promedio de los tratamientos con fósforo fue superior a la de los tratamientos sin fósforo (cuadro 2), concordando con los resultados obtenidos por ANDREW y ROBINS, 1971.

La producción de materia seca para la interacción de N x P no fue significativa (cuadro 3). Resultados semejantes fueron encontrados por GUERRERO et al. (1970).

En ese trabajo los crecimientos observados en las combinaciones N x P para la producción de materia seca son atribuidos, principalmente, al nitrógeno y fósforo por separados. La respuesta, en producción de materia seca, parece depender de los niveles de fósforo disponibles en el suelo y de las exigencias de las especies utilizadas (ANDREW & ROBINS, 1971), lo que hace presumir que el efecto significativo del fósforo en la producción de materia seca puede ser atribuido al bajo nivel de este elemento en el suelo.

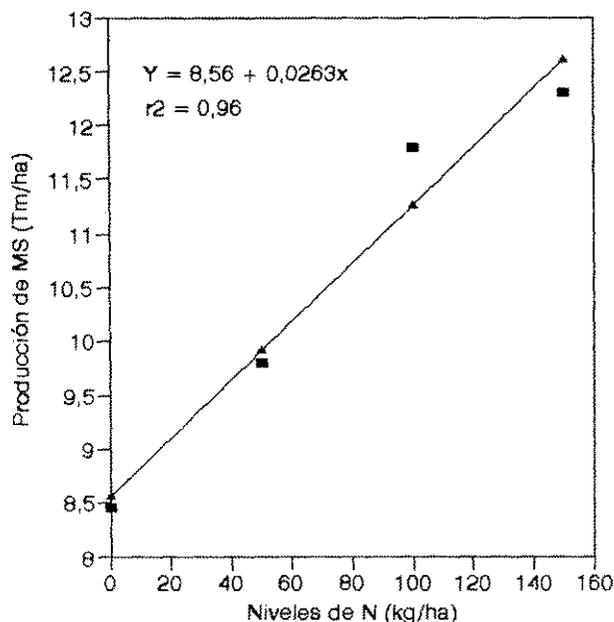


Figura 1. Relación entre los niveles de N aplicados y la producción de materia seca en pasto setaria

Porcentaje de proteína bruta. Los resultados del efecto de la aplicación de la fertilización nitrogenada y fosfatada en el porcentaje de proteína bruta en la materia seca del pasto setaria se observa en el cuadro 4.

Cuadro 4. Porcentaje (%) de proteína bruta del pasto setaria bajo el efecto de diferentes niveles de fertilizantes nitrogenado y fosfatado (kg/ha).*

Nitrógeno	Fósforo (P ₂ O ₅)		Media
	0	150	
0	10,81	11,06	10,93
50	11,11	11,00	11,05
100	11,65	12,00	11,85
150	12,25	12,68	12,47
Media	11,45	11,69	11,57

* Los valores corresponden a una media de tres repeticiones por cada tratamiento.

Los datos del cuadro 4 muestran que, con aumentos en la aplicación de nitrógeno, aumenta el contenido de proteína bruta media en el forraje de 10,93 % en el testigo hasta 12,47 % con 150 kg de N, lo cual confirma los resultados obtenidos por CHEW et al., 1982. Por otro lado, con los resultados obtenidos en el cuadro 4, se puede observar que el contenido medio de proteína bruta no presentó un aumento considerable como respuesta a la aplicación de P_2O_5 , lográndose 11,45 y 11,69 % de la misma para los niveles de 0 y 150 kg de P_2O_5 /ha, respectivamente y concuerda con los resultados obtenidos por GUERRERO et al., 1970.

El análisis de la regresión polinomial para los niveles de N mostró efecto lineal positivo y significativo ($P < 0,05$), cuya ecuación fue $Y = 10,759 + 0,01078x$ con un coeficiente de regresión $r^2 = 0,94$ para los porcentajes de proteína bruta (figura 2).

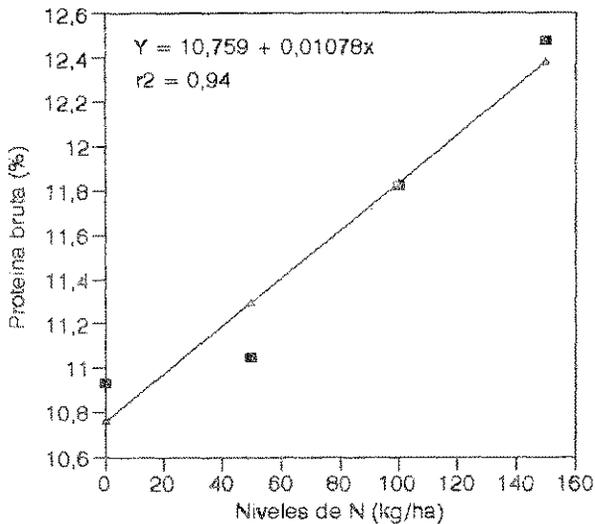


Figura 2. Relación entre los niveles de aplicación de N y la producción de proteína bruta en el pasto setaria

Producción total de proteína bruta. Las producciones totales de proteína bruta referentes a cada tratamiento se presentan en el cuadro 5.

Cuadro 5. Producción total de proteína bruta (Tm/ha) del pasto setaria bajo el efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada y fosfatada (kg/ha).*

Nitrógeno	Fósforo (P_2O_5)		Media
	0	150	
0	0,867	0,985	0,926
50	0,912	1,253	1,082
100	1,136	1,660	1,398
150	1,222	1,854	1,538
Media	1,034	1,438	1,236

* Los valores corresponden a una media de tres repeticiones por cada tratamiento.

En el desdoblamiento de los niveles de N en componentes ortogonales, en relación a la producción total de proteína bruta, se obtuvo un efecto lineal positivo con alta significancia ($P < 0,05$). La ecuación fue $Y = 0,9136 + 0,004302x$ donde Y representa la cantidad estimada (Tm/ha) de proteína bruta y x la cantidad de N aplicado.

El coeficiente de regresión obtenido fue $r^2 = 0,98$ (Figura 3).

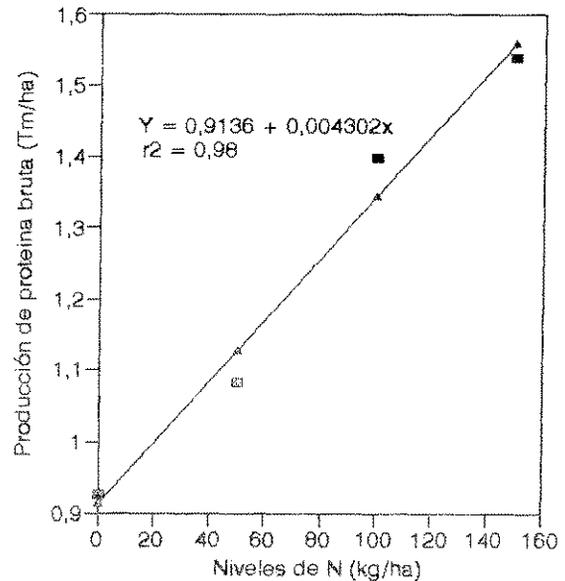


Figura 3. Relación entre los niveles de aplicación del N y la producción total de proteína bruta en el pasto.

La producción de proteína bruta tuvo un comportamiento similar a la producción de materia seca. Los datos del cuadro 5 muestran una respuesta lineal significativa (Figura 3) con 0,926 Tm/ha a 1,538 Tm/ha de producción total de proteína bruta para el testigo y el nivel más elevado de aplicación de N. Resultados semejantes fueron obtenidos por ERICKSEN y WITNEY, (1981).

Considerando el requerimiento de un mínimo de 8 % de proteína bruta en la materia seca de la planta para atender las necesidades proteicas del animal (CORSI, 1972), cuando hay un consumo satisfactorio de esta forrajera; en el presente trabajo se verifica que el pasto setaria atendería a esa exigencia en todos los tratamientos.

Cantidad de materia seca y proteína bruta producida en relación a la cantidad de nitrógeno aplicado. La relación entre las producciones de materia seca y proteína bruta y la cantidad de nitrógeno aplicado se observa en el cuadro 6.

Cuadro 6. Relación entre la materia seca (MS) y la proteína bruta (PB), producidas por kg de nitrógeno aplicado.*

Niveles de N.	MS Producida (kg/ha)	kg MS/ kg N	PB Producida (kg/ha)	Kg PB/kg N
0	8,464	-----	0,962	-----
50	9,801	26,7	1,083	3,14
100	11,798	33,3	1,398	4,72
150	12,299	25,6	1,538	4,08

* Los valores corresponden a una media de tres repeticiones por cada tratamiento.

La aplicación del nivel más elevado de nitrógeno (150 kg/ha) permitió al pasto setaria alcanzar una producción máxima en relación al tratamiento sin N. Sin embargo, en este tratamiento con la aplicación de cada kg de N se obtuvo solamente 25,6 kg de materia seca comparado a 26,7 y 33,3 kg obtenidos con las aplicaciones respectivas de 50 y 100 kg/ha de N. Esto indica que el nivel más efectivo para la producción de materia seca se encontró aplicando 100 kg/ha de N. CHEW et al. (1982), encontraron que la eficiencia del N en la producción de materia seca fue creciente hasta un nivel aproximado de 250 kg/ha, a partir del cual la tendencia en la producción de la misma fue decreciente.

En relación a la producción de proteína bruta por kg de N aplicado, se puede observar que la recuperación del N aumenta a medida que los niveles del mismo crecen hasta 100 Tm/ha. En este nivel, la eficiencia de transformación de N en proteína bruta fue de 4,72 kg PB/kg N lo cual fue mayor al comparar con los demás tratamientos.

CONCLUSIONES

En las condiciones en que fue realizado este experimento, los resultados obtenidos permiten concluir que:

-El pasto setaria responde a la fertilización nitrógenada y eleva la producción total de materia seca, tenor y cantidad de proteína bruta.

-La aplicación de fósforo al pasto setaria elevó la producción total de materia seca.

-La interacción de N x P no alteró significativamente la producción de materia seca, tenor y cantidad de proteína bruta en el forraje producido.

-El nivel de 100 kg/ha de N se presenta como el tratamiento en el cual la conversión del N en kg de materia seca y proteína bruta es más eficiente para el pasto setaria.

LITERATURA CITADA

- ANDREW, C. S. y M. F. ROBINS. 1971. The effect of phosphorus on the growth, chemical composition, and critical phosphorus percentages of some tropical pasture grasses. *Australian Journal of Agricultural Research* 22 (5): 693 - 706.
- BOGDAN, A.V. 1977. Tropical pasture and fodder plants. New York, Longman. 465 p.
- CORZI, M. 1972. Estudo de produtividade e do valor nutritivo do capim elefante (*Pennisetum purpureum* S.) variedade Napier submetido a diferentes frequências e alturas de corte. Tese de Doutorado. Piracicaba ESALQ/USP. 132 p.
- CHEW, W. Y., K. RAMLY y A. B. A. MAJID. 1982. A Nitrogen fertilization of Guinea and Napiergrass (*Panicum maximum* and *Pennisetum purpureum* in Malaysian Oligotrophic prat. *Experimental Agriculture* 18 (1): 73-78.
- ERIKSEN, F. I. y A. A. WHITNEY. 1981. Effects of light intensity on growth of some tropical forage species. Interaction of light intensity and nitrogen fertilization on six forage grasses. *Agronomy Journal* 73 (3): 427: 33.
- GUERRERO, R., H. W. FASSBENDER y J. BLYDENSTEIN. 1970. Fertilización del pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) en Turrialba, Costa Rica. Efecto de combinaciones nitrógeno-fósforo. *Turrialba* 20 (1): 59-63.
- HAAG, H. P., F. A. T. MELLO, M. O. C. BRASIL, A. COBRA NETTO, R. C. de ANDRADE y R. G. COELHO. 1965. Estudos sobre nutrição mineral do *Pennisetum purpureum* S. var. Napier cultivado em Solúcao nutritiva. Proceedings of the IX International Grassland Congress. Sao Paulo. p. 691-695.
- MALAVOLTA, E. 1982. Manual de química agrícola: adubos e adubação. 3 ed. Sao Paulo, Agroquímica Ceres, 1982. 606 p.
- OLSEN, F. J. 1972. Effect of large applications of nitrogen fertilizer on the productivity and protein content of four tropical grasses in Uganda. *Tropical Agriculture* 49 (3): 251 - 260.
- PARETAS, F. J. J. 1978. Uso del N en pastos tropicales *Ciencias y Técnica en la Agricultura* 1 (3): 5 - 41.
- PLUCKNETT, D. L. y R. L. FOX. 1965. Effects of phosphorus fertilization on yield and composition of pangola grass and desmodium intortum. Proceedings of the IX International Grassland Congress, Sao Paulo. p. 1526 - 1529.
- SAMUDIO, R. y J. DICKEY. 1975. Evaluación de sistemas de utilización de pasturas; pastoreo combinado de pradera natural y pradera cultivada. In Proniega. Informe Anual. Asunción, Paraguay. MAG-DIEAF-PRONIEGA. p. 146-152.
- TISDALE, S. L. y W. L. NELSON. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Barcelona, Montanes y Simón. 760 p.