

INTERSEDES

REVISTA ELECTRÓNICA DE LAS SEDES REGIONALES
DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA



MURAL DE LA BIBLIOTECA DE LA SEDE DE LIMÓN

Disponibilidad de biomasa del pasto Guinea (*Megathyrsus maximus*) Tanzania con varias fuentes y dosis de nitrógeno en Guanacaste, Costa Rica

*Roberto Cerdas
Eithel Vallejos*

WWW.INTERSEDES.UCR.AC.CR
VOL. XII, N°23 (2011)
ISSN 2215-2458

Disponibilidad de biomasa del pasto Guinea (*Megathyrus maximus*) Tanzania con varias fuentes y dosis de nitrógeno en Guanacaste, Costa Rica ¹

Biomass availability of Guinea grass (*Megathyrus maximus*) Tanzania under different nitrogen sources and doses in Guanacaste, Costa Rica

Roberto Cerdas ²

Eithel Vallejos ³

Recibido: 10 agosto

Aprobado: 8 setiembre

Resumen

Se realizó un ensayo en pasto Guinea, en el bosque seco tropical de Costa Rica, en Santa Cruz, Guanacaste, localidad situada a 54 m de altitud y con una precipitación anual de 1834 mm. El propósito de dicho ensayo fue evaluar la producción de biomasa verde, biomasa seca y crecimiento diario de biomasa del pasto Guinea Tanzania, sometido a tres fuentes de nitrógeno (urea, nitrato de amonio y sulfato de amonio) y cuatro dosis anuales de fertilización (0,100, 200 y 300 kgN.ha⁻¹) durante la época lluviosa. La producción de biomasa seca por hectárea fue de 5586 kg con urea, 4544 kg con nitrato y 3601 kg con la aplicación de sulfato. También la biomasa seca incrementó con las dosis de nitrógeno en 1538 kg, 4292 kg, 5878 y 6600 kg.ha⁻¹, cuando se aportaron cantidades anuales de 0, 100, 200 ó 300 kgN.ha⁻¹. Los costos por kilogramo de materia seca producida fueron de \$0,04, \$0,06 y \$0,16 para urea, nitrato y sulfato respectivamente. Se recomienda utilizar urea como fuente de nitrógeno, a dosis anuales entre 100 y 200 kgN.ha⁻¹, en pasto Tanzania durante la época lluviosa.

Palabras clave: *Megathyrus*, pasto Guinea, biomasa, nitrógeno, fuentes de N

Abstrac:

An experiment on Guinea grass was carried out in the tropical dry forest of Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica located at an altitude of 54 m with a yearly precipitation of 1834 mm. The purpose of this research was to evaluate the daily biomass growth and green and dry biomass production, of the Guinea Tanzania grass under three different sources of nitrogen (urea, ammonium nitrate and ammonium sulfate), and four doses of fertilization (0,100, 200 y 300 kgN.ha⁻¹) per year during the rainy season. The production of dry biomass per hectare recorded was 5586 kg using urea, 4544 kg using ammonium nitrate, and 3601 kg with the application of ammonium sulfate. Dry biomass also increased with the application of nitrogen doses by 1538 kg, 4292 kg, 5878 and 6600 kg/ha, with the

¹ Los autores desean agradecer al MSc. Carlos Echandi, de la Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno, Universidad de Costa Rica, por el apoyo en los análisis estadísticos.

² Docente e investigador de la Universidad de Costa Rica. Sede Guanacaste. Email: rcerdasr@hotmail.com

³ Docente e investigador de la Universidad de Costa Rica. Sede Guanacaste

annual doses of 0, 100, 200 or 300 kgN.ha⁻¹ were applied. The costs per kilogram of dry matter were \$0, 04, \$0, 06 y \$0, 16 for the urea, ammonium nitrate and ammonium sulfate, respectively. It is recommended to use urea as a source of nitrogen, applying an annual dose between 100 and 200 kgN.ha⁻¹, during the rainy season.

Keywords: Megathyrus, Guinea grass, biomass, nitrogen, N sources

Introducción

La producción pecuaria en Guanacaste se ha basado tradicionalmente en el uso de pastos, hecho motivado especialmente por los bajos costos y el pobre manejo que se les proporciona a los pastizales. Sin embargo, debemos recordar que dicha producción es baja y limitada por la pobre calidad de las praderas que consumen los animales. Una de las opciones para la cría y engorde de ganado en pastoreo en esta región parece ser el pasto Guinea Tanzania. Este pasto tolera el pisoteo y la sequía, es alto productor de forraje de buena calidad, palatabilidad y digestibilidad; además, presenta alta capacidad de rebrote con períodos de descanso de 35 días (Lobo y Díaz, 2001). El nuevo crecimiento o rebrote de las plantas, después del pastoreo, depende de la remoción de los órganos de acumulación de carbohidratos no estructurales. Los pastos de crecimiento erecto acumulan carbohidratos en la parte basal de los tallos, en la sección de 7 a 10 cm del cuello de la planta hacia arriba (Bernal y Espinoza, 2003).

Entre los beneficios de fertilizar forrajes se puede observar un incremento en el contenido de nitrógeno (proteína), digestibilidad, altura de la planta, densidad, relación hoja-tallo y mayor producción de biomasa. Además, se obtiene un ligero incremento en el consumo de forraje y la producción de carne y leche, por lo que si se fertiliza y no se aumenta la carga animal para aprovechar la biomasa producida, los beneficio económicos de esta práctica son pocos (Cerdas, 2010). Algunas fuentes de nitrógeno utilizados en forrajes en Guanacaste son sulfato de amonio, nitrato de amonio y urea. Bernal y Espinoza (2003), indican que el sulfato de amonio ($(NH_4)_2(SO_4)$), contiene 21% de N y es muy utilizado en pastos porque contiene 24% de azufre, elemento deficiente en la mayor parte de suelos donde se cultivan pastos, pero acidifica el suelo más que ninguna otra fuente de nitrógeno, debido a la producción de H⁺ y no a la presencia de azufre, porque se encuentra en forma de sulfato en el material. El nitrato de amonio NH_4NO_3 , presenta de 32 a 33,5% de N y es un material adecuado para pastos, pues contiene NH₄⁺ y NO₃⁻ en igual proporción, pudiéndose utilizar en la siembra, durante épocas de transición después del corte o pastoreo y en períodos de poca precipitación, porque no sufre pérdidas por volatilización. Mientras que la urea $CO(NH_2)_2$ es un fertilizante con alto contenido de nitrógeno (46%) y, en consecuencia, es el más económico por unidad de nutriente. Por esta razón se convierte en la fuente de nitrógeno más

utilizada en la agricultura; sin embargo, es necesario tener en cuenta el alto potencial de volatilización del material cuando se maneja mal y existe poca humedad en el suelo. El presente estudio se realizó con el propósito de conocer el efecto de varias dosis y fuentes de nitrógeno en la producción de biomasa del pasto Guinea Tanzania en Guanacaste.

Materiales y métodos

Ubicación y caracterización del área experimental

Este trabajo se realizó en la Finca Experimental de Santa Cruz de la Universidad de Costa Rica. Santa Cruz se encuentra a una altitud de 54 msnm; posee una precipitación promedio de 1834 mm.año⁻¹, temperatura media anual de 27,9°C, con evaporación media diaria de 6,8 mm. y radiación solar global diaria de 18,7 MJ. Esta localidad presenta valores pluviométricos mínimos de diciembre a abril y dos períodos lluviosos: de mayo a junio y de agosto a noviembre (Instituto Meteorológico Nacional, 2011). El suelo en la Finca Experimental de Santa Cruz, donde se realizó el experimento, se clasifica como Vertic Rhodustalf, orden Alfisol, subgrupo Vertic de textura arcillosa (Chavarría, 1990) y la composición se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Condiciones edáficas del ensayo en Santa Cruz, Guanacaste 2008-2009.

H_2O	$cmol(+).L^{-1}$					$mg.L^{-1}$			
<i>pH</i>	<i>K</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>AcE</i>	<i>P</i>	<i>Fe</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Mn</i>
5.8	0.53	16.1	5.30	0.13	8	71	15	2.9	46

Establecimiento del pasto

El pasto Guinea Tanzania se sembró con semilla sexual utilizando 8 kg.ha⁻¹, regados en forma continua dentro de pequeños surcos de 2 centímetros de profundidad. Se sembró a una distancia entre surcos de 0,5 metros. El control de malezas poaceas se realizó en forma manual y con glifosato en la periferia y las divisiones internas del ensayo, y con 2,4 D + piclorán para arvenses de hoja ancha. Se aplicó riego complementario en los períodos de baja precipitación. El fertilizante se colocó en el fondo del surco y se cubrió con tierra antes de colocar las semillas. Para el cálculo de fertilizante, se realizó un análisis del suelo (Cuadro 1). En el período de establecimiento se aplicaron en Santa Cruz 20 kg de nitrógeno y 30 kg de fósforo por hectárea. Además, se adicionaron 7,0 kg de potasio y 30 kg de N por hectárea en banda, 22 días después de la siembra. A los 45 días, luego de la siembra, se aplicó 1.0 litro por hectárea de fertilizante foliar completo (N: 110, P₂O₅: 80, K₂O: 60, S: 1500, B: 400, Co: 20, Zn: 800, Cu: 400, Mo: 50, Ca: 250, Mn: 400, Fe: 500 y Mg: 250 mg/L). Durante la fertilización de establecimiento se respetó la fuente

de nitrógeno asignada a la parcela. A los 3 meses de establecidas las parcelas, se sembraron las áreas de terreno con poca cobertura.

Manejo del experimento

El experimento inició con el corte de uniformidad, a 15 cm de suelo, luego de 9 meses de la siembra del pasto, en la entrada de las lluvias del año siguiente (mayo). La fertilización se realizó a los 7 días del corte con los tratamientos de nitrógeno y las fuentes. Además del N, se realizó una aplicación adicional de 114 kg de fósforo por hectárea por año, con el propósito de corregir las deficiencias del suelo y satisfacer las necesidades de nutrientes del pasto Guinea. Las cantidades anteriores se dividieron en cinco fracciones iguales durante el año para su aplicación, las cuales correspondieron a los cinco cortes en la época lluviosa. El nitrógeno se aplicó como sulfato de amonio, nitrato de amonio o urea, según el tratamiento, el fósforo como triple superfosfato y se aportó cloruro de potasio para suplir las necesidades de este elemento.

Tratamientos evaluados

Se evaluaron tres fuentes de nitrógeno, a saber: sulfato de amonio (SU), nitrato de amonio (NI) y urea (UR) con cuatro dosis de fertilizante nitrogenado: 0, 100, 200 y 300 kg por hectárea durante el año. Luego del corte de uniformidad se realizaron cinco cosechas de 35 días a 15 cm del suelo. Se sembraron cuatro repeticiones por tratamiento. La unidad experimental fue de 36 m², rodeada de callejones de 2 metros de ancho. Para el muestreo, se pesaron sólo 16 metros cuadrados del centro de la parcela y se eliminaron los bordes. Las muestras se secaron en una estufa para forrajes a 65 °C durante 72 horas.

Alrededor del grupo de parcelas de cada fuente de nitrógeno, se excavó un surco de 30 cm de profundidad, para evitar la contaminación por arrastre de los fertilizantes.

Diseño experimental y análisis estadístico

El ensayo se planteó en el campo como un diseño irrestricto, al azar, con un arreglo de tratamientos factorial en parcelas divididas, donde el factor dosis de nitrógeno correspondió a la parcela grande y las fuentes de nitrógeno y la interacción a la parcela pequeña. Los datos de las variables evaluadas, a saber, producción de biomasa verde, producción de biomasa seca y crecimiento de biomasa, se analizaron mediante el correspondiente análisis de varianza (InfoStat 2002) y el análisis ulterior se basó en la comparación de las medias de los tratamientos combinados, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$). Se hizo un análisis de regresión para cada fuente de nitrógeno una vez confirmada la significancia de la interacción fuente por dosis de nitrógeno (Gómez y Gómez 1984).

Resultados y discusión

Producción de biomasa verde

Los resultados presentan diferencias en producción de biomasa verde para los efectos de fuentes de nitrógeno utilizadas (F), dosis de nitrógeno (N) y la interacción FxN ($p \leq 0,0001$). Las tres fuentes de nitrógeno aplicadas al pasto Tanzania mostraron diferencias significativas entre medias (Cuadro 2) y, al aplicar urea (UR), se logró una mayor producción de biomasa verde ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) que cuando se utilizó nitrato de amonio (NI) o sulfato de amonio (SU). Del Cuadro 2, se deduce que la diferencia en producción de biomasa verde, debida a las fuentes de nitrógeno son de 23%, 53% y 24% entre UR-NI, UR-SU y NI-SU respectivamente. Contrario a lo expuesto en este ensayo, otros autores no han encontrado diferencias en producción cuando utilizaron fuentes de nitrógeno que incluían urea, nitrato de amonio y sulfato de amonio en varios pastos (Loewy T. et al, 2003, Rodríguez, 1970).

Cuadro 2. Producción de biomasa verde del pasto Guinea Tanzania en Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica. 2009

<i>Efecto</i>	<i>Biomasa Verde kg.ha⁻¹</i>
<i>Fuente de N</i>	
Urea (UR)	17487,50 a
Nitrato (NI)	14218,75 b
Sulfato (SU)	11468,75 c
<i>Dosis de N kg.ha⁻¹.año⁻¹</i>	
0	4883,33 d
100	13350,00 c
200	18166,67 b
300	21166,67 a

a,b,c,d muestran diferencias significativas $p \leq 0,05$ LSD Fisher (35 días de rebrote).

El efecto de dosis crecientes de N sobre la producción de biomasa verde, mostró una tendencia clara a incrementar conforme se aumentaba la dosis aplicada al pasto Guinea Tanzania (Cuadro 2). Los datos indican que el promedio de la producción de forraje de las parcelas fertilizadas incrementó hasta en 260%, comparado con las que no recibieron nitrógeno. De igual forma, los incrementos parciales entre las dosis evaluadas aumentaron en 173%, 36% y 17% entre 0-100 kgN, 100-200 kgN y 200-300 kgN respectivamente, mostrando la mayor efectividad del uso de dosis bajas del fertilizante nitrogenado.

Se desarrollaron regresiones cuadráticas para mostrar las tendencias de los datos de biomasa verde y para ofrecer a los ganaderos de la región una herramienta de predicción (Figura 1). Esta figura muestra la superioridad de utilizar urea como fuente de nitrógeno al fertilizar pasto Guinea durante la época lluviosa en Guanacaste.

Biomasa verde	R^2	$p <$
$Y_{UR} = 5225 + 122X - 0,1725X^2$	0,997	0,05
$Y_{NI} = 4931,25 + 96,1875X - 0,1469X^2$	1,0	0,02
$Y_{SU} = 4768,75 + 65,8125X - 0,0906X^2$	1,0	0,01

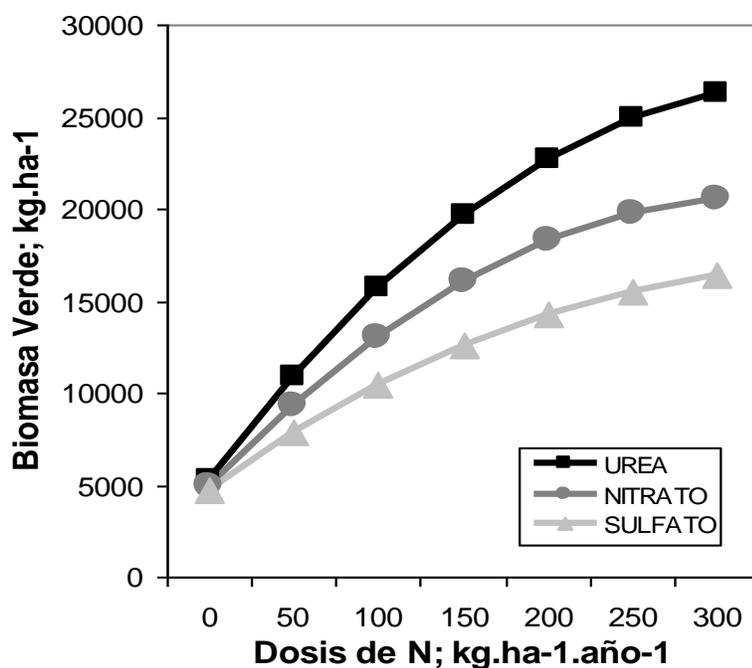


Fig. 1. Producción estimada de biomasa verde del pasto Guinea con varias dosis y fuentes de nitrógeno, en Santa Cruz, Guanacaste, 2009.

Producción de biomasa seca

Al analizar los datos de producción de biomasa seca del pasto Guinea, con un promedio de cinco cortes de 35 días de rebrote, durante la época lluviosa de Guanacaste, se presentan diferencias significativas para la influencia de fuentes de nitrógeno (F), dosis de nitrógeno (N) y la interacción FxN ($p \leq 0,0001$). El Cuadro 3 expresa la superioridad de la urea (UR) sobre el sulfato de amonio y el nitrato de amonio (NI) en la producción de biomasa seca en kilogramos por

hectárea. En él, la diferencia en producción de biomasa, debida a las fuentes de nitrógeno, son de 23%, 55%; y 26% entre UR-NI, UR-SU y NI-SU respectivamente. Chacón et al. (1971), reportan valores parecidos de producción de materia seca (4288 kg.ha⁻¹) al utilizar sulfato de amonio en pasto Guinea colorado.

El pasto Tanzania produjo mayor cantidad de biomasa seca conforme aumentó la dosis de nitrógeno aplicado. El mismo cuadro 3 muestra que las dosis evaluadas aumentaron en 179%, 37% y 12% entre 0-100 kgN, 100-200 kgN y 200-300 kgN la disponibilidad de biomasa respectivamente, indicando la ventaja del utilizar dosis bajas de N.ha⁻¹.año⁻¹. Los rendimientos descritos son similares a los encontrados por Verdecia et al. (2008) y Verdecia et al. (2009), con valores entre 4 y 6 toneladas de materia seca por hectárea a los 35 días. Otros autores (Homen et al., 2010) han encontrado valores inferiores (2 a 3 tMS.ha⁻¹) y superiores a las 10 tMS.ha⁻¹ (Ramírez et al., 2009 y Ramírez et al., 2010) en pasto Guinea.

Cuadro 3. Producción de biomasa seca del pasto Guinea Tanzania en Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica 2009.

<i>Efecto</i>	<i>Biomasa Seca kg.ha⁻¹</i>
<i>Fuente de N</i>	
Urea (UR)	5586,31 a
Nitrato (NI)	4543,54 b
Sulfato (SU)	3600,69 c
<i>Dosis de N kg.ha⁻¹.año⁻¹</i>	
0	1537,83 d
100	4292,21 c
200	5877,82 b
300	6599,53 a

a,b,c,d muestran diferencias significativas $p \leq 0,05$ LSD Fisher (35 días de rebrote).

Al calcular la eficiencia de utilización del nitrógeno en el pasto Guinea Tanzania, basados en el Cuadro 3, se encontró una producción de 43, 29 y 22 kilogramos de materia seca por cada kilogramo de N aplicado, cuando se utilizaron 100, 200 ó 300 kgN.ha⁻¹.año⁻¹, respectivamente La figura 2 resalta la superioridad de utilizar urea como fuente de nitrógeno al fertilizar pasto Guinea durante la época lluviosa en Guanacaste. Al analizar las interacciones (FxN) de los datos, existe una diferencia significativa y lineal entre urea y sulfato de amonio, pero no entre urea y nitrato de amonio, por lo que se puede pensar en utilizar nitrato en los períodos de menor precipitación en

Guanacaste. Lo anterior es apoyado por las mayores pérdidas por volatilización de la urea en períodos de baja precipitación y que los costos no son muy diferentes. Sin embargo, para justificar lo anterior, es recomendable validar este trabajo durante los períodos menos húmedos.

Biomasa seca	R ²	p<
$Y_{UR} = 1668,35 + 40,2735X - 0,0606X^2$	0,999	0,04
$Y_{NI} = 1450,41 + 33,4976X - 0,0552X^2$	1,0	0,003
$Y_{SU} = 1543,45 + 22,2845X - 0,0367X^2$	1,0	0,01

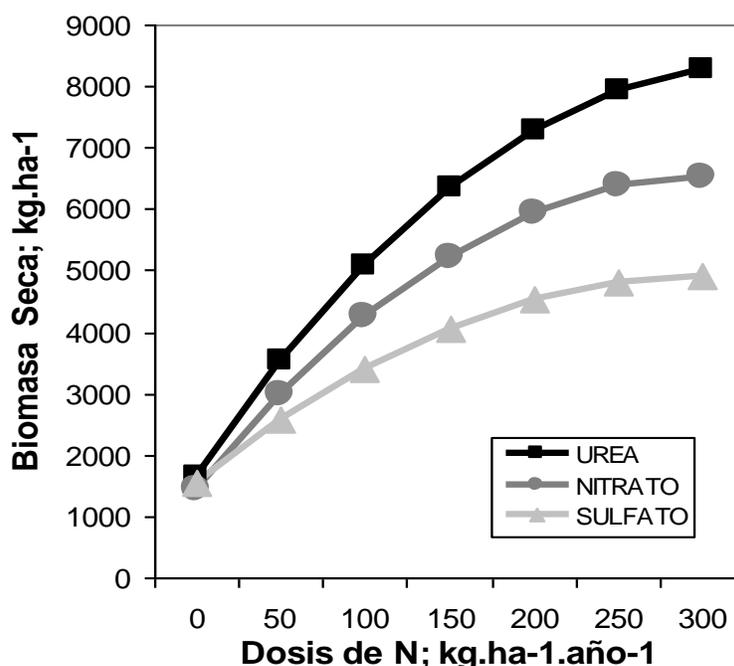


Fig. 2. Producción estimada de biomasa seca del pasto Guinea con varias dosis y fuentes de nitrógeno en Santa Cruz, Guanacaste, 2009.

Los datos se adaptaron mejor a las regresiones cuadráticas para predecir la disponibilidad biomasa seca. Sin embargo, es importante recordar que esta evaluación se hizo durante la época lluviosa. Las condiciones podrían variar en períodos con menos humedad disponible, lo que afectaría las pérdidas de fertilizante, especialmente de urea.

Crecimiento de biomasa

Esta variable se calcula dividiendo la producción de biomasa seca por hectárea por la edad del corte y se expresa en $kgMS.ha^{-1}.día^{-1}$. Sólo representa un valor promedio en los días cuando creció el rebrote y no describe la distribución real del crecimiento, donde en los primeros 15 días ocurren grandes cambios en la movilización de carbohidratos de reserva y, antes de los 35 días, las reservas

de carbohidratos se recuperan totalmente, así como la producción de rebrotes y se inicia una caída en la calidad del pasto. El análisis de las medias de esta variable se observa en el Cuadro 4 y presenta diferencia entre las fuentes de nitrógeno (F), las dosis de nitrógeno (N) y la interacción FxN ($p \leq 0,0001$). El crecimiento de biomasa diario fue mayor cuando se aplicó urea al pasto Tanzania y menor cuando se usó sulfato de amonio. La respuesta con nitrato de amonio fue intermedia pero superior al sulfato (Cuadro 4). Martínez (2001), encontró crecimientos de 74 kgMS, cuando aplicó $350 \text{ kgN.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$ de nitrato de amonio en pasto Guinea.

Cuadro 4. Crecimiento de biomasa seca del pasto Guinea Tanzania en Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica 2009.

<i>Efecto</i>	<i>Crecimiento kgMS.ha⁻¹.día⁻¹</i>
Fuente de N	
Urea (UR)	159,61 a
Nitrato (NI)	129,82 b
Sulfato (SU)	102,88 c
Dosis de N kg.ha⁻¹.año⁻¹	
0	43,94 d
100	122,64 c
200	167,94 b
300	188,56 a

a,b,c,d muestran diferencias significativas $p \leq 0,05$ LSD Fisher (35 días de rebrote).

Conforme aumentó la dosis de nitrógeno aplicado el pasto Guinea, se produjo un mayor crecimiento de biomasa. Así, las dosis evaluadas aumentaron en 177%, 38% y 12% entre 0-100 kgN, 100-200 kgN y 200-300 kgN el crecimiento de biomasa respectivamente. Los datos descritos son similares a los encontrados por Ramírez et al. (2009), con $119 \text{ kgMS.ha}^{-1}.\text{día}^{-1}$ a los 35 días de edad. En la Figura 3 se expresa el efecto positivo sobre el crecimiento de biomasa al aplicar urea al pasto Guinea durante la época lluviosa en Guanacaste. Para lo anterior, se calcularon las regresiones de mejor ajuste.

Crecimiento de biomasa	R ²	p<
Y _{UR} = 47,586 + 1,1506X - 0,0017X ²	0,999	0,04
Y _{NI} = 41,4375 + 0,9571X - 0,0016X ²	1,0	0,003
Y _{SU} = 44,093 + 0,6365X - 0,001X ²	1,0	0,01

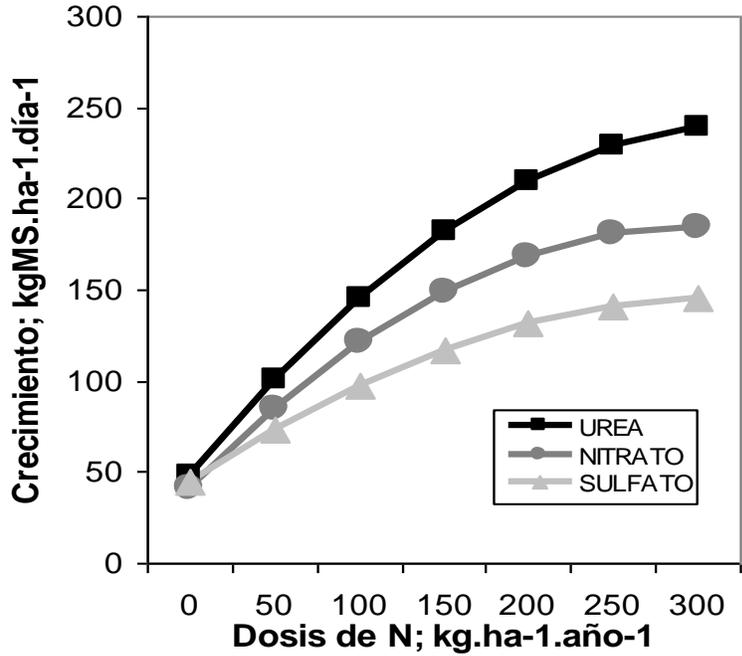


Fig. 3 Crecimiento de biomasa estimado del pasto Guinea con varias dosis y fuentes de nitrógeno, en Santa Cruz, Guanacaste, 2009 .

Costos del fertilizante

Los costos de aplicar una práctica de manejo a pastizales es tan importante como la producción de biomasa, a la hora de tomar decisiones en los sistemas de finca. El Cuadro 5 muestra el contenido de N de cada fuente, costo por kilogramo de fuente, costo por kilogramo de N y costo por kilogramo de materia seca producida, en las columnas 1, 2, 3 y 4 respectivamente. Todos los costos están en dólares americanos (\$1 US = ¢500 CR, abril 2011). La columna 1 del Cuadro 5 indica el precio de mercado de los fertilizantes evaluados, donde la urea es el fertilizante más caro, similar al precio del sulfato por el contenido de N de cada fuente. También se observa que el precio del nutriente nitrógeno resulta ser, en el nitrato, 18% más caro que en la urea, sulfato 116% mayor que la urea y, en el sulfato 83% superior al de nitrato. La eficiencia de utilización del nitrógeno de las fuentes, con 100 kg N.ha⁻¹.año⁻¹, fue de 52 (UR), 42 (NI) y 34 (SU) kgMS.kgN⁻¹. Al incorporar

estos datos a los cálculos del Cuadro 5, se puede decir que el uso del fertilizante nitrógeno en pasto Guinea Tanzania genera costos de \$0,04 (¢20,0), \$0,06 (¢30,0) y \$0,16 (¢80,0) por kilogramo de biomasa seca producida cuando la fuente es urea, nitrato de amonio y sulfato de amonio, respectivamente.

Cuadro 5. Costos de la fertilización nitrogenada en pasto Guinea, Guanacaste, Costa Rica. 2011.

<i>Fuente N</i>	<i>Costo¹</i> <i>\$.kg⁻¹</i>	<i>Costo²</i> <i>\$.kgN⁻¹</i>	<i>Costo³</i> <i>\$.kgMS⁻¹</i>
<i>Urea (46%N)</i>	0,65	1,41	0,04
<i>Nitrato (33,5%N)</i>	0,56	1,67	0,06
<i>Sulfato (21%N)</i>	0,64	3,05	0,16

1 Dólares por kg de fertilizante. (\$= ¢500, abril 2011)

2 Dólares por kg de N.

3 Dólares por kg de MS.

Conclusiones y recomendaciones

La disponibilidad de biomasa del pasto Guinea Tanzania es superior cuando se utiliza urea como fuente de nitrógeno durante la época lluviosa. Además, se puede utilizar nitrato en los períodos de menor precipitación en Guanacaste. La biomasa aumentó con las dosis de nitrógeno aplicados al suelo. Pero, debido a la eficiencia de utilización del nitrógeno y los altos costos del fertilizante, se aconseja utilizar anualmente entre 100 y 200 kg de nitrógeno por hectárea. De los análisis de costos, podemos concluir que la urea parece ser la mejor opción como fuente de nitrógeno. Se recomienda utilizar las ecuaciones de las Figuras 1, 2 y 3 para predecir la producción de biomasa del pasto Tanzania en la época lluviosa, bajo condiciones edafoclimáticas similares.

Referencias bibliográficas

- Bernal J., Espinosa J. (2003) Manual de nutrición y fertilización de pastos. Potash and Phosphate Institute of Canada. 94p.
- Cerdas R., (2010) Fertilización de forrajes. Sede de Guanacaste, Universidad de Costa Rica, Liberia, Costa Rica. 8p.
- Chacón E., Rodríguez S., Chicco C. (1971) Efecto de la fertilización con nitrógeno sobre el valor nutritivo del pasto colorado (*Panicum coloratum*). *Agronomía Tropical* 21(6):465-502.
- Chavarría F. (1990) Gramíneas de pastoreo bajo fertilización nitrogenada y riego durante la época seca de Guanacaste Tesis de Licenciatura, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 83 p.
- Gómez K., Gómez A. (1984) Statistical procedures for agricultural research. Ed. J. Wiley & Sons Inc. USA. 704 p.
- Homen M., Entrena I., Arriogas L., Ramia M. (2010) Biomasa y valor nutritivo del pasto Guinea *Megathyrus maximus* (Jacq) B.K. Simons & S.W.L. Jacobs Gamelote en diferentes períodos del año en la zona del bosque húmedo tropical, Barlovento, estado Miranda. *Zootecnia Trop.* 28(2):225-265.
- InfoStat (2002) Software estadístico. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Instituto Meteorológico Nacional (2011) Datos meteorológicos de Liberia y Santa Cruz 2007-2010, Guanacaste. 10p.
- Lobo M., Díaz O. (2001) Agrostología. EUNED, San José, Costa Rica. 176p.
- Loewy T., Ferrarotti A., Ron M. (2003) Respuesta del pasto Llorón (*Eragrostis curvula* L.) a dosis y fuentes de nitrógeno en el Sobonaerense. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. EEA, Bordenave, Argentina. 5p.
- Martínez A. (2001) Comparación de los cultivares Tabiatá y Tanzania del pasto Guinea (*Panicum maximum*). Tesis Carrera de Ciencias Agropecuarias. Zamorano, Honduras. 28p.
- Ramírez O., Hernández A., Carneiro S., Pérez J., Enríquez J., Quero R, Herrera J., Cervantes A. (2009) Acumulación de forraje, crecimiento y características estructurales de pasto Mombasa (*P. maximum*, Jacq.) a diferentes intervalos de corte. *Téc. Pecu Méx.* 47(2):203-213.
- Ramírez J., Verdecia D., Leonard I., Álvarez Y. (2010) Rendimiento de materia seca y calidad nutritiva del pasto *Panicum maximum* cv. Likoni en un suelo fluvisol de la región oriental de Cuba. *Rev. Electrón. Vet.* 11(7):1-14.
- Rodríguez S. (1970) Efecto de dos fuentes de nitrógeno sobre el rendimiento y composición del pasto pangola, A-24 y SR-954. *Agronomía Tropical* 20(2):119-124.

Verdecia D., Ramírez J., Leonard I., Pascal Y., López Y. (2008) Rendimiento y componentes del valor nutritivo del *Panicum maximum* cv. Tanzania. *Rev. Electrón. Vet.* 9(5):1-9.

Verdecia D., Ramírez J., Leonard I., García F. (2009) Potencialidades agroproductivas de dos cultivares de *Panicum maximum* (cv. Mombasa y Uganda). *Rev. Electrón. Vet.* 10(5):10-20.