

Capacidad suplidora de nitrógeno del suelo y la producción de biomasa de *Urochloa humidicola* fertilizada con estiércol bovino y gallinaza

Yusmary Espinoza*, José L. Gil, Néstor E. Obispo, Lesly Malpica y Manuel de J. Mujica

Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias Apdo. de Correos 4653. Maracay 2101. Venezuela

RESUMEN

Para estudiar el efecto de la fuente de nitrógeno (N) sobre la capacidad suplidora de N del suelo y la productividad de *Urochloa humidicola* se evaluó estiércol vacuno (EV), gallinaza (G) y fertilización con urea (FQ). Cada tratamiento fue aplicado para proveer una dosis de 75 kg N/ha y se incluyó un tratamiento sin aplicación de N (SF). El estudio de campo fue conducido desde el año 2002 hasta 2007 en un suelo Fluventic Haplustolls, franco. La mineralización de N fue medida a través de incubaciones largas de laboratorio (180 d). La máxima tasa de mineralización de N (21 mg N/kg/d) se observó a los 20 d de incubación para G. El N mineralizado acumulado en la incubación exhibió la misma tendencia para todos los tratamientos en el orden G=EV>FQ>SF. El rango de los valores del N potencialmente mineralizable (No) estuvo entre 505 y 690 mg N/kg y representó el 30-44% del N orgánico del suelo. La tasa constante de mineralización (k) estimada por un modelo exponencial estuvo en el rango de 0,040-0,020 d⁻¹. Los valores de k para los tratamientos G y EV fueron 0,040 y 0,025 d⁻¹, respectivamente. El efecto de los tratamientos sobre el contenido proteínico del tejido del pasto fue G>EV>FQ>SF. El rendimiento de *Urochloa humidicola* fue 30% mayor durante la época lluviosa comparada con la seca. Los resultados indican que la capacidad suplidora de N de este suelo, no sólo depende de la cantidad total del No, sino también del tipo de N orgánico presente en el suelo. En este estudio, la G y el EV tienen la misma cantidad total de No, pero la k fue mayor en G, lo que da como resultado que la intensidad con que el N mineral está disponible para la planta sea mayor en G comparado con EV. La capacidad suplidora está regulada por la tasa de mineralización de la materia orgánica que entra al suelo.

Palabras clave: *Urochloa humidicola*, capacidad suplidora de N, mineralización de N, estiércol bovino, gallinaza..

Effect of nitrogen source on the soil supplying nitrogen capacity and biomass production of *Urochloa humidicola* fertilized with cattle and hen manures

ABSTRACT

To evaluate the effect of nitrogen (N) source on the supplying N capacity of soil and biomass production of *Urochloa humidicola*, bovine (BD), hen (G) manures, and urea fertilization (UF) were evaluated. Each treatment was applied to provide a dose of 75 kg N/ha and included a treatment without N application (NF). The field study was conducted from years 2002 to 2007 in a loam Fluventic Haplustolls. Nitrogen mineralization was measured in the laboratory by long incubations (180 d). The maximum rate of N mineralization (21 mg N/kg/d) was observed at 20 d of incubation for G. Cumulative N mineralized during the incubation exhibited the same trend for all treatments in the sequence G=BD>UF>NF. The range of values of potentially mineralizable N (No) was between 505 and 690 mg N/kg and represented 30-44% of soil organic N. Mineralization rate constant (k) estimated by an exponential model was in

*Autor de correspondencia: Yusmary Espinoza

E-mail: yespinoza@inia.gob.ve

the range of 0.040 to 0.020 d⁻¹. The k values for G and BD treatments were 0.040 and 0.025 d⁻¹, respectively. The effect of treatments on the protein content of grass tissue was G>BD>UF>NF. Yield of *B. humidicola* was 30% greater during the rainy season compared to the dry season. The results indicate that the N supplying capacity of this soil, not only depends on the total amount of No, but also on the type of organic nitrogen in the soil. In this study, G and BD had the same total amount of No, but k was higher in G, which gives as a result that intensity with which the mineral N is available to the plant is greater in G when compared to BD. The supplying ability is regulated by the rate of mineralization of organic matter that enters to the soil.

Key words: *Urochloa humidicola*, N supplying capacity, N mineralization, bovine dung,

INTRODUCCIÓN

El uso de (N) orgánico, como estiércol, ha sido estudiado por muchos años. Los estiércoles son materiales capaces de aportar al suelo importantes cantidades de materia orgánica, lo que representa energía para la flora microbiana del suelo y nutrientes para el crecimiento de los cultivos y pastizales (Vélez *et al.*, 1985). Debido a que los estiércoles son mezclas complejas de materiales, cuya composición puede variar de acuerdo a la dieta y a otros factores de manejo (Espinoza *et al.*, 2009), su calidad es difícil de predecir. De igual manera su cinética de mineralización, la cual parece estar asociada a la relación C/N y al contenido de N (Jedidi *et al.*, 1995). Estos factores asociados a condiciones climáticas determinan si los estiércoles actúan como suplidores de N o como inmovilizadores netos de N. Hadas y Portnoy (1994) a través de incubaciones de laboratorio determinaron que los estiércoles pueden liberar aproximadamente 29% de su contenido de N como N inorgánico, mientras que Sorensen (1998) encuentra una inmovilización neta de estiércoles con alto contenido de ácidos grasos volátiles.

La cantidad de N del suelo disponible para la planta, luego de la aplicación de estiércoles, dependerá de los procesos de mineralización-inmovilización. Por lo tanto, el N liberado del estiércol es afectado por los mismos factores que controlan las tasa de mineralización de la materia orgánica del suelo. De acuerdo a Sluijsmans y Kolembrandt (1977), el N en el estiércol puede ser separado en tres fracciones. Una fracción que se descompone rápidamente como la urea y representa el 10% del N total. Una fracción que se mineraliza dentro del primer año de aplicación y representa el 46% del N total. La restante se descompone lentamente y puede estar disponible para el cultivo años después de su aplicación. Por lo tanto, las aplicaciones de estiércoles por largos periodos de tiempo incrementan los niveles de nutrientes en el suelo (N'Dayegamiye, 1990).

Es importante conocer la cantidad de N del suelo que está disponible para la planta, de manera que se pueda optimizar la aplicación de N proveniente del

fertilizante. La capacidad suplidora de N del suelo determina los niveles de N que es capaz de aportar el suelo a la planta y, además, permite establecer la cantidad de fertilizante nitrogenado necesario para obtener el máximo rendimiento del cultivo. Entonces, la aplicación continua de estiércol a un cultivo o pastizal va a incidir en la capacidad suplidora de N del suelo, ya que dependiendo del tipo de estiércol, alimentación del animal y procesamiento del estiércol como abono orgánico, se va a afectar de manera diferente la capacidad suplidora de un suelo.

Aún cuando existe información acerca de la disponibilidad de N proveniente de aplicaciones previas de estiércol, es poco conocido el efecto de la aplicación de estiércol sobre la capacidad suplidora de N y su efecto sobre la producción de pasto en suelos tropicales. El propósito de este estudio fue determinar el efecto a largo plazo de la aplicación de estiércol vacuno (EV), gallinaza (G) y fertilización química (FQ) con urea sobre la capacidad suplidora de N del suelo y la producción de la gramínea forrajera, *Urochloa humidicola* (anteriormente *Brachiaria humidicola*).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio de campo fue conducido desde el año 2002 hasta el 2007 en el Campo Experimental del Ceniap, INIA, Maracay, Aragua, Venezuela. La precipitación promedio anual en el área es 1.094 mm, con 81% de la precipitación total anual producida en el período lluvioso (mayo a octubre), siguiendo un patrón unimodal. El rango de temperatura media mensual varía de 24,6°C en diciembre y enero a 26,6°C en abril. La temperatura mínima es 16,8°C en enero, mientras que la máxima (34,3°C) ocurre en marzo (Figura 1).

El suelo es un Fluventic Haplustolls, franco, conteniendo 17,3 y 1,58 g/kg de C y N orgánico, respectivamente. El pH del suelo (1:1 agua) de 0-15 cm es 6,02. El contenido de N inorgánico N (NH₄ + NO₃) en el suelo (medido a la profundidad de 0-15 cm) al momento de la aplicación de los estiércoles fue 15,79 mg N/kg.

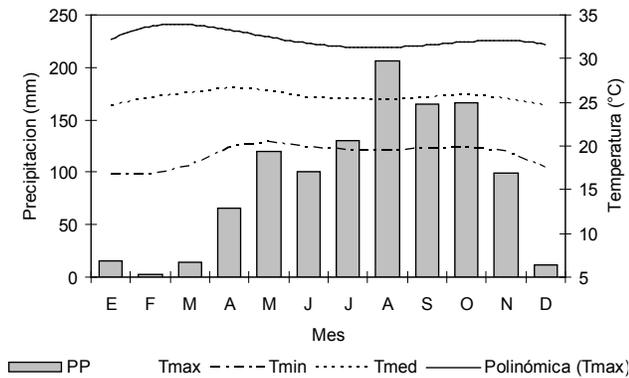


Figura 1. Precipitación promedio (PP) y temperatura máxima (Tmax), mínima (Tmin) y media (Tmed) en el Campo Experimental del Ceniap, Maracay.

Los dos estiércoles evaluados fueron EV y G, además se evaluó la FQ con urea y se incluyó un tratamiento sin aplicación de N (SF). Cada año, antes de su aplicación, se determinó el contenido de $\text{NH}_4\text{-N}$ y N total con la finalidad de calcular la tasa agronómica de aplicación. Estas tasas fueron calculadas asumiendo que 100% del $\text{NH}_4\text{-N}$ está disponible inmediatamente después de la aplicación y que 35 y 65% del N orgánico es mineralizado durante el primer año de aplicación para EV (Harris, 1993) y G (Romero-Lima *et al.*, 2000), respectivamente. Al inicio de la época lluviosa, cada uno de los dos estiércoles y la FQ con urea fueron aplicados para proveer una tasa de 75 kg N/ha. La tasa agronómica de aplicación promedio para EV fue de 14.400 kg EV/ha/año con una cantidad promedio de N de 5,2 g N/kg. Para el caso de la G, el N disponible fue de 13 g N/kg de G, lo que resultó en una tasa agronómica de aplicación de 5600 kg G/ha/año. Los estiércoles y la FQ con urea fueron aplicados a parcelas de 10 × 10 m en un diseño completamente aleatorizado con cuatro repeticiones.

La gramínea (*Urochloa humidicola*) fue sembrada en agosto del año 2003 y se realizaron cuatro, siete y seis cortes en los años 2005, 2006 y 2007, respectivamente. La diferencia de cortes en los años evaluados estuvo de acuerdo al régimen de precipitación en cada año. Para el muestreo de biomasa del pastizal se utilizó una cuadrícula de 0,25 m² colocada en el punto seleccionado y se procedió a cortar todo el pasto en ella contenido desde una altura de 10 cm, tomándose dos repeticiones al azar en cada parcela. Las muestras fueron procesadas para los análisis de laboratorio en una muestra conjunta por parcela. El material cosechado, después de pesado, fue llevado al laboratorio y colocado en estufa hasta peso constante, para determinar el contenido de materia

seca (MS) y estimar el rendimiento de la pastura en la parcela. Las muestras secas fueron molidas para la determinación del contenido de proteína cruda utilizando el método de Kjeldahl (AOAC, 1980).

En el año 2007 se tomaron muestras de suelo para realizar las incubaciones de laboratorio durante aproximadamente 180 d. El procedimiento utilizado se basó en el método de lavado propuesto por Cabrera y Kissel (1988a) y descrito por Omay *et al.* (1997). Las muestras de suelo fueron empacadas en tubos PVC (5,08 cm de diámetro, 10 cm de altura) a una profundidad de 8 cm. Los tubos fueron lavados periódicamente con 200 mL de 0,01 M CaCl_2 . El $\text{NH}_4\text{-N}$ y $\text{NO}_3\text{-N}$ de los lavados fue determinado colorimétricamente en un auto-analizador Perkin Elmer, Fias 300 (Ueberlingen, Alemania). Se realizaron subsecuentes lavados a los 7, 20, 33, 43, 63, 90, 125, 177 d de incubación. Entre los eventos de lavado, los tubos fueron colocados en jarras de vidrio de 990 mL e incubados a 35°C. La temperatura escogida asegura una descomposición rápida de los residuos suficientemente frescos, y la incubación prolongada (≈ 180 d) fue para asegurar la descomposición del material orgánico más estable.

Para cuantificar la fracción del N potencialmente mineralizable (N_0) de la materia orgánica del suelo se usó un modelo de un comportamiento con cinética de primer orden (Stanford y Smith, 1972), según la fórmula $\text{N}_{\text{min}} = \text{N}_0 (1 - e^{-k})$, donde N_{min} es el nitrógeno mineralizable en el tiempo t y k es la tasa constante de mineralización. La fracción de N_0 comprende entre 5 y 40% del N total contenido en el suelo. El N liberado por semana debe ser aproximadamente 54% (Stanford y Smith, 1972).

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados a través del paquete estadístico SAS (SAS, 2000). El Proc Mixed fue usado como procedimiento para el análisis de varianza. Para evaluar las diferencias entre medias se utilizó el test de diferencia mínima significativa (DMS). La comparación del rendimiento entre los cortes de la gramínea fue realizada a través de un análisis de medidas repetidas. La N_0 y la k fueron calculados por medio de un análisis no lineal utilizando el método de Marquardt. Todos los resultados fueron considerados significativamente diferentes a $P < 0,05$, a menos que se indique lo contrario.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En general, la tasa de mineralización fue rápida al comienzo, para luego declinar durante el periodo de incubación (Figura 2). El alto nivel de N mineralizado en la primera semana de la incubación generado por

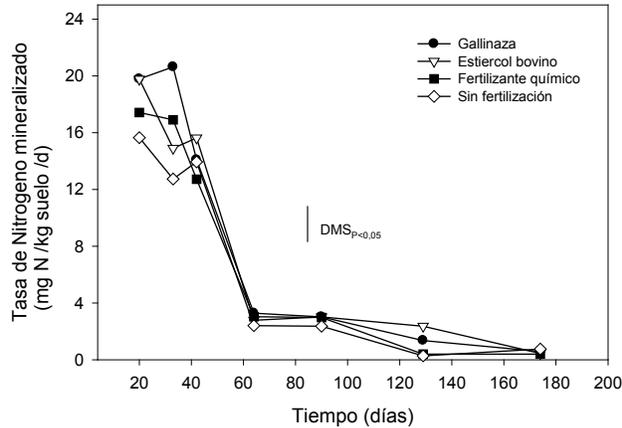


Figura 2. Tasa de mineralización de N durante 177 días de incubación de suelos obtenida en los diferentes tratamientos.

el tratamiento previo de la muestra (Galvis-Spinola y Hernández-Mendoza, 2004) fue eliminado excluyendo esa semana de incubación de los análisis. Las tasas de N mineralizado fueron diferentes entre los tratamientos, siendo mayores en los tratamientos donde se aplicaron los abonos orgánicos. La máxima tasa de respiración (21 mg/kg/d) se observó a los 20 d de incubación en G; sin embargo, esta tendencia no se mantuvo durante todo el periodo de incubación, ya que después de los 60 d, fue similar al resto de los tratamientos hasta el día 130 que fue mayor a la tasa observada para los tratamientos controles. En el tratamiento con EV la tasa de mineralización de N disminuyó significativamente en los primeros 20 d de incubación y luego se mantuvo aproximadamente constante (16 mg/kg/d). A los 60 d de incubación, las tasas de mineralización de todos los tratamientos disminuyeron en aproximadamente 75% (4 mg/kg/d), y hasta el día 130 estas tasas se mantuvieron aproximadamente constantes en los tratamientos donde se aplicaron los estiércoles, en comparación con los controles donde se obtuvieron valores cercanos a cero. Estos resultados ponen de manifiesto que las fracciones orgánicas contenidas en los estiércoles de origen animal se comportan de manera diferente. De acuerdo con Espinoza *et al.* (2009) estas fracciones están correlacionadas al tipo y calidad de alimento que recibe el animal.

Con respecto al N mineralizado acumulado en los 177 d de incubación (Figura 3), este exhibió la misma tendencia general para todos los tratamientos y siguió un orden de $G=EV>FQ>SF$. La cantidad de N acumulada en el suelo donde se aplicaron los abonos orgánicos resultó cercana a los 700 mg N/kg de suelo, comparado con los casi 500 mg N/kg acumulados en los otros tratamientos. Esto es indicativo del papel

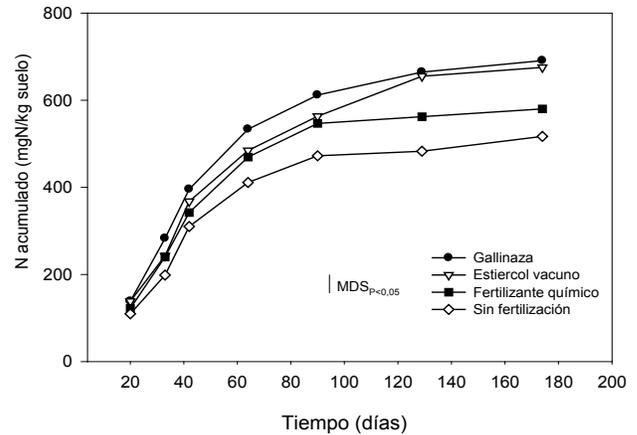


Figura 3. Cantidad de N mineralizado acumulado durante 177 días de incubación en suelos bajo los diferentes tratamientos en el año 2007.

que desempeñan los estiércoles sobre la dinámica de nutrientes en el suelo. En este estudio, para el caso de G la primera fracción que se descompuso (fracción activa) representó el 5% del N total. La segunda fracción en mineralizarse (fracción lenta) representó el 14% del N total. Para el EV estas fracciones fueron de 4 y 7%, respectivamente. La fracción restante que se descompone muy lentamente (fracción pasiva) y que puede ser disponible para el cultivo varios años después de su aplicación fue de 29 y 28% para G y EV, respectivamente. De estos resultados se deduce que las fracciones activa, lenta y pasiva de la materia orgánica aportada por G fueron 20, 50 y 20%, respectivamente, mayores que las provenientes del EV.

Los valores obtenidos en el estudio de incubación se adaptaron bien al modelo de cinética de primer orden, propuesto por Stanford y Smith (1972). El rango de los valores de N_0 fue de 505-690 mg N/kg y representó el 30-44% del N orgánico del suelo (Cuadro 1). El valor de N_0 y el N acumulado mineralizado fueron similares. El rango de la N_0 y su proporción al N orgánico son comparables a los obtenidos para suelos agrícolas de zonas templadas (Cordovil *et al.*, 2007; Simard y N'dayegamiye, 1993), pero se ubican muy por encima de los valores de N_0 obtenidos en zonas tropicales (Espinoza *et al.*, 2007).

El Cuadro 1 evidencia que aunque no se detectaron diferencias significativas en los valores de N entre los estiércoles estudiados, si se encontraron diferencias significativas ($P<0,05$) con los tratamientos controles (FQ y SF). La k estimada con el modelo exponencial estuvo en el rango de 0,040-0,020 d^{-1} . Los valores de k para los tratamientos G y EV fueron 0,040 y 0,025 d^{-1} , respectivamente. El mayor valor

Cuadro 1. Estimados de nitrógeno potencial mineralizado (N_0) y sus tasas constantes de mineralización (k) después de 168 días de incubación.

Tratamiento	N_0	k
	mg/kg	d ⁻¹
Gallinaza (G)	690 ^{a†}	0,040 ^a
Estiércol vacuno (EV)	675 ^a	0,025 ^b
Fertilización química (FQ)	579 ^b	0,018 ^c
Sin fertilización (SF)	505 ^b	0,017 ^c

†Valores con letras distintas en la misma columna son diferentes ($P < 0,05$).

de k observado en el tratamiento donde se aplicó G puede ser traducido en una mayor disponibilidad de N. De acuerdo a Rice y García (1994) la aplicación al suelo de materiales orgánicos con estas características, efectivamente parecen incrementar el aporte de N del suelo. Si consideramos que la capacidad suplidora de N del suelo está directamente relacionada con la cantidad total de la N_0 y k , entonces, en este caso en particular, las continuas aplicaciones con G a este suelo han incrementado la capacidad suplidora de N cuando se compara con los otros tratamientos.

El tratamiento más eficiente en términos de nutrición de N para *U. humidicola* fue G (Figura 4). El efecto de los tratamientos sobre el contenido de proteína cruda en el pasto fue $G > EV > FQ > SF$. Este contenido proteínico fue similar en los tres años en evaluación; sin embargo, los menores valores de proteína se observaron en el año 2005, sin diferencias significativas en los dos años siguientes (Figura 5). Un análisis de correlación muestra que la N_0 estuvo significativamente correlacionada ($P < 0,01$) con el contenido de N en el tejido de la planta ($r = 0,67$; $0,66$ y $0,79$ para 2005, 2006 y 2007, respectivamente).

El efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción de biomasa de *Urochloa humidicola* se muestra en el Cuadro 2. La mayor producción de MS se observó en los tratamientos donde se aplicaron los fertilizantes al compararlos con el control SF en ambas épocas evaluadas. Se observó un rendimiento 30% mayor durante la época lluviosa que en la seca. Durante la época lluviosa el rendimiento estuvo en el rango de 3200 a 4500 kg MS/ha y durante la época seca de 2400 a 3200 kg MS/ha, observándose en la época lluviosa un rendimiento de MS significativamente mayor ($P < 0,05$) en los tratamientos donde se aplicaron los estiércoles. En el primer año de evaluación (2005), la fertilización aplicada no arrojó diferencias significativas. Después del 175 día del año (dda) se alcanzó el máximo rendimiento del pasto (Figura 6), el cual coincidió con

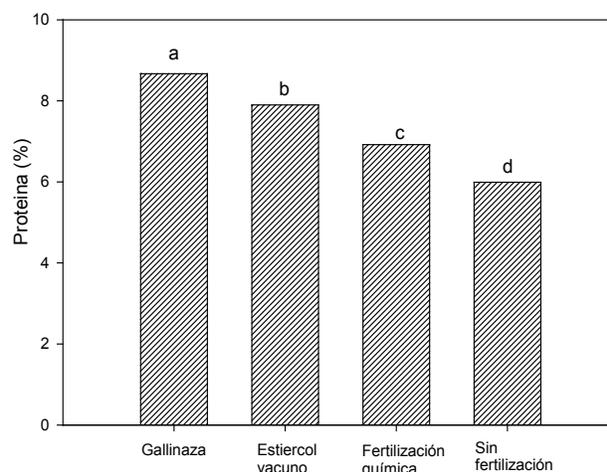


Figura 4. Concentración de proteína en *Urochloa humidicola*. Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0,05$).

el mes de mayor (cerca a 225 mm) precipitación del año (Figura 7). En el tercer corte, sólo el pasto bajo el tratamiento de G incrementó su rendimiento en 10%, para luego disminuir al igual que el resto de los tratamientos.

En el año 2006 (Figura 6), la interacción fertilización y rendimiento fue significativa ($P < 0,05$) durante siete cortes realizados ese año. El rendimiento del pasto continuó un patrón similar al registrado por la precipitación de ese año (Figura 7), es decir, bajo al comienzo del año (sequía) y se incrementó en la medida que ocurrieron las precipitaciones. El rendimiento de MS bajo el tratamiento G fue el mayor desde el segundo

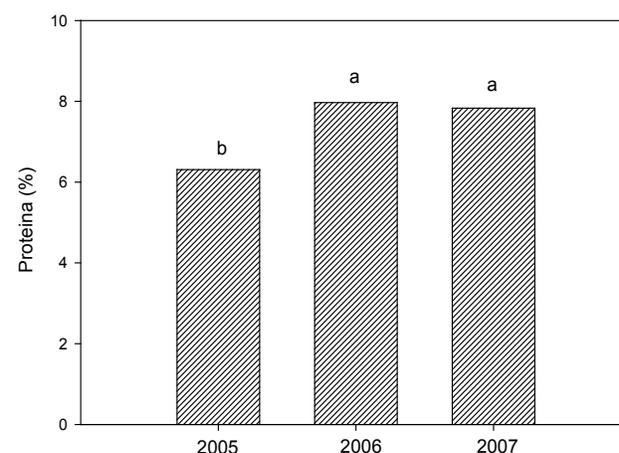


Figura 5. Concentración de proteína en *Urochloa humidicola* durante tres años de evaluación. Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0,05$).

Cuadro 2. Producción de biomasa de *Urochloa humidicola* bajo fertilización durante la época seca y lluviosa.

Tratamiento	Época		Total
	Seca	Lluviosa	
	----- kg MS/ha -----		kg MS/ha año
Gallinaza (G)	3.216 ^{a†}	4.518 ^a	7.734 ^b
Estiércol vacuno (EV)	3.205 ^a	4.405 ^a	7.734 ^b
Fertilización química (FQ)	2.788 ^b	3.976 ^{ab}	5.901 ^a
Sin fertilización (SF)	2.449 ^c	3.451 ^b	5.576 ^a

† Valores con letras distintas en la misma columna son diferentes ($P < 0,05$).

hasta el sexto corte (250 dda), para después disminuir y hacerse similar al tratamiento control. El rendimiento del pasto bajo el tratamiento EV fue similar al observado bajo la FQ, a excepción del segundo corte (60 dda), cuando el rendimiento fue significativamente mayor comparado con los controles.

En el último año de evaluación (2007) la interacción rendimiento, fertilización y corte fue significativa ($P < 0,05$). El rendimiento del pasto con G fue significativamente alto desde el segundo corte (50 dda) hasta el último corte en comparación con el resto de los tratamientos (Figura 6). Durante este año, en los primeros cuatro cortes no se observaron diferencias entre el rendimiento de EV y FQ, pero sí entre éstos dos tratamientos y el control SF. En general, la G fue más eficiente en suplir N al pasto debido a que los estiércoles de aves tienen una mayor fracción activa, como se demostró en este estudio.

Se puede entonces afirmar que las características del estiércol determinan su comportamiento en el suelo, así como la cantidad de N que comienza a ser disponible a través del proceso de mineralización (Cordovil *et al.*, 2007). De acuerdo a nuestros resultados la capacidad suplidora de N de este suelo no sólo depende de la N_o , sino también del tipo de N orgánico presente en el suelo. Parece entonces que la capacidad suplidora está regulada por la tasa de mineralización de la materia orgánica que entra al suelo. En este estudio, la G y el EV tuvieron la misma cantidad total de N_o , pero la k es mayor en G, lo que da como resultado que la intensidad (Zhao *et al.*, 2010) con que el N mineral esté disponible para la planta sea mayor en G comparado con EV. Esto resulta además en un mayor rendimiento y mayor contenido proteínico en la biomasa de *U. humidicola* bajo la aplicación continua de G, siempre y cuando las condiciones de humedad y temperatura sean adecuadas, ya que la disponibilidad de N depende directamente de los microorganismos del suelo y la actividad de estos depende de los factores bióticos y abióticos del suelo. Hadas y Portnoy (1994)

demonstraron que el manejo de suelo por largos periodos de tiempo con abonos orgánicos incrementa la biomasa microbiana y su actividad, así como un aumento de la tasa de mineralización (Espinoza y Gil, 2004).

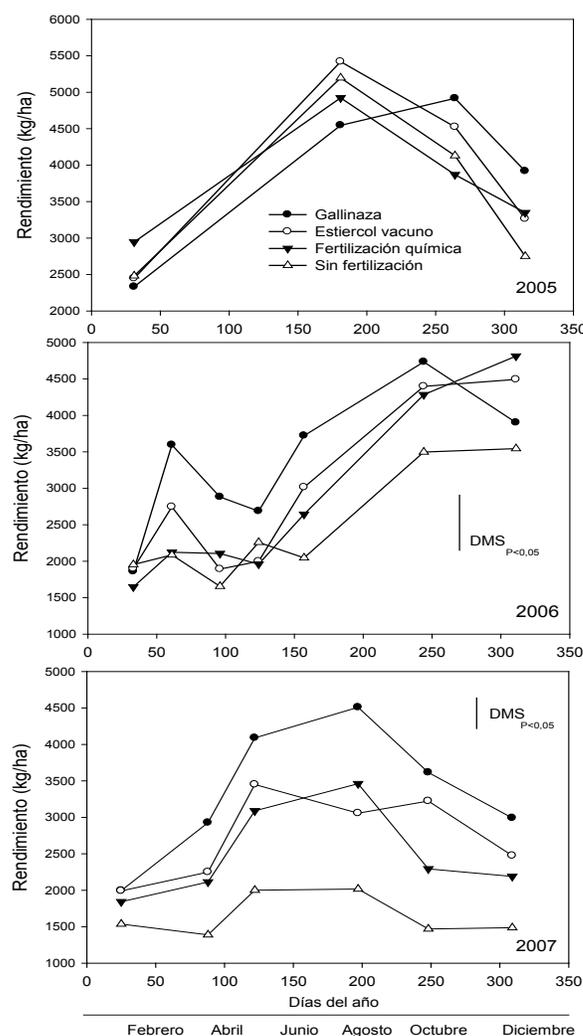


Figura 6. Producción de biomasa de *Urochloa humidicola* bajo fertilización química y orgánica durante los años 2005, 2006 y 2007.

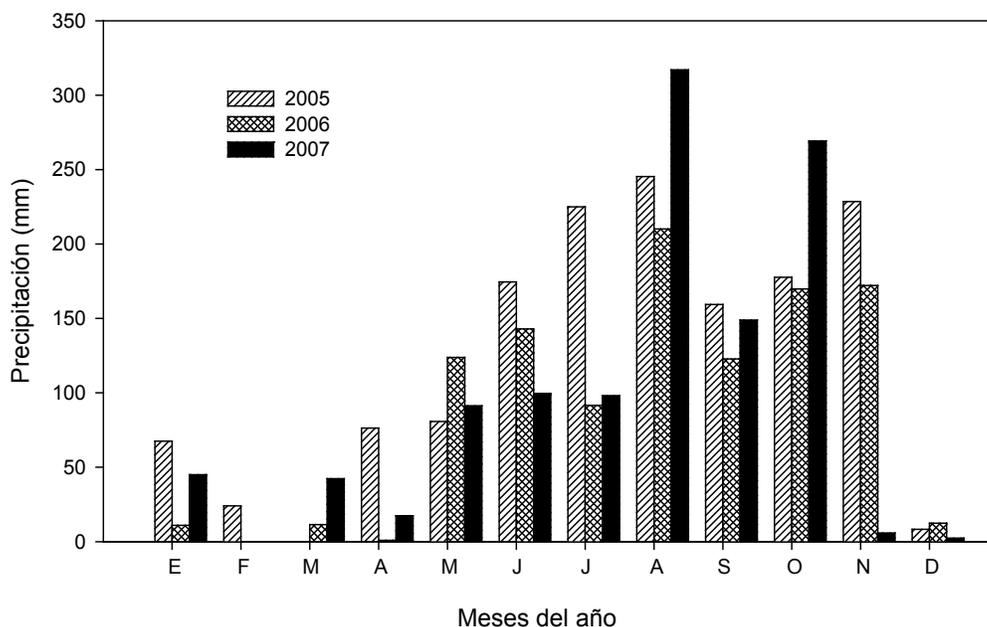


Figura 7. Precipitación mensual durante los años 2005, 2006 y 2007 en el Campo Experimental del Ceniap, Maracay, Aragua.

CONCLUSIONES

El rendimiento de materia seca y el contenido proteínico de *Urochloa humidicola* son consistentes con la tendencia observada en los experimentos de incubación referentes a la fracción activa y la tasa constante de mineralización de N de los estiércoles usados como fertilizantes nitrogenados. Entre los estiércoles evaluados, la gallinaza fue la más eficiente en suplir N para el pasto, por incrementar la capacidad suplidora de N al suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC. 1980. Official Methods of Analysis. 13^{ra} ed. Association of Official Agricultural Chemists, Washington, EUA.
- Cordovil, C.; F. Cabral; J. Cautinho. 2007. Potential mineralization of nitrogen from organic wastes to rygrass and wheat crops. *Biores. Tech.* 98: 3265-3268.
- Cabrera, M.L.; D. Kissel. 1988. Potentially mineralizable nitrogen in disturbed and undisturbed soil samples. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52: 1010-1015.
- Espinoza, Y.; M. Hernández; T. Barrera; N. Obispo. 2009. Efecto de la alimentación animal sobre la calidad microbiológica de estiércoles usados como fertilizantes. *Zoot. Trop.* 27: 151-161.
- Espinoza Y., Z. Lozano; L. Velásquez. 2007. Efecto de la rotación de cultivos y prácticas de labranza sobre las fracciones de la materia orgánica del suelo. *Interciencia* 32: 554-559.
- Espinoza, Y.; J.L. Gil. 2004. Manejo de estiércol animal como fertilizante. *Agroservicios* 9: 50-53.
- Galvis-Spinola, A.; T.M. Hernández-Mendoza. 2004. Cálculo de nitrógeno potencialmente mineralizable. *Interciencia* 29: 377-383.
- Harris, J. 1993. Source and fate of N under no-tillage and conventional tillage corn production. M.S. Thesis. Kansas State University. Manhattan, EUA.
- Hadas, A.; R. Portnoy. 1994. Nitrogen and carbon mineralization rates of composted manures incubated in soil. *J. Environ. Qual.* 23: 1184-1189.
- Jedidi, N.; O. van Cleemput; A. M'Hiri. 1995. Quantification des processus de mineralisation et d'organisation de l'azote dans un sol en presence d'amendements organiques. *Can. J. Soil Sci.* 75: 85-91.
- N'dayegamiye, A. 1990. Effets à long terme d'apports de fumier solide de bovins sur l'évolution des caractéristiques chimiques du sol et de la production de maïs -ensilage. *Can. J. Plant. Sci.* 70: 767-775.

- Omay, A.B.; C.W. Rice; L.D. Maddux; W.B. Gordon. 1997. Changes in soil microbial and chemical properties under long-term crop rotation and fertilization. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61: 1672-1678.
- Rice, C.W.; F.O. García. 1994. Biologically active pool of carbon and nitrogen in tallgrass prairie. *In* Doran J.W.; D.C. Coleman; D.F. Bezdicek; B.A. Stewart (Eds.) *Defining soil quality for a sustainable environment*. SSSA Spec. Publ. 35. SSSA/ASA. Madison, EUA. pp. 201-297.
- Romero-Lima, M.R.; A. Trinidad-Santos; R. García-Espinosa; R. Ferrera-Cerrato. 2000. Producción de papa y biomasa microbiana en suelos con abonos orgánicos y minerales. *Agrociencia* 34: 261-269.
- SAS. 2000. SAS/STAT Procedures guide. Release 8.02. SAS Institute, Cary. EUA.
- Simard, R.R.; A. N'dayegamiye. 1993. Nitrogen mineralization potential of meadow soils. *Can. J. Soil Sci.* 73: 27-38.
- Sorensen, P. 1998. Effects of storage time and straw content of cattle slurry on the mineralization of nitrogen and carbon in soil. *Biol. Fertil. Soils* 27: 85-91.
- Stanford, G.; S.J. Smith. 1972. Nitrogen mineralization potential of soil. *Soil Sci. Soc. Proc.* 36: 465-472.
- Sluijsmans, C.M.J.; G.J. Kolembrander. 1977. The significance of animal manure as a source of nitrogen in soil. *In* Proc. International Seminar on Soil Environment and Fertility Management on Intensive Agriculture. Tokyo, Japón. pp. 403-411.
- Vélez, S; A. Arroyo; A. Rodríguez. 1985. Response of stargrass to fertilizer and solid cattle manure in Puerto Rico. *J. Agr. Univ. Puerto Rico* 69: 323-330.
- Zhao, K.; S.Q. Li; B.C. Xu; H.L. Lu; S.X. Li. 2010. Comparative study on disturbed and undisturbed soil simple incubation for estimating soil nitrogen-supplying capacity. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 41: 2371-2382.