

Artículo Científico

Efectos de la fertilización en la productividad de una pastura de *Brachiaria humidicola* cv. Llanero en el Piedemonte de los Llanos Orientales de Colombia

Effects of fertilization of Brachiaria humidicola cv. Llanero on pasture productivity in the foothills region of the Llanos Orientales, Colombia

ÁLVARO RINCÓN¹, HERNANDO FLÓREZ¹, HUGO BALLESTEROS² Y LEANDRO M. LEÓN¹

¹Red de Ganadería y Especies Menores, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia), C.I. La Libertad, Villavicencio, Meta, Colombia. www.agrosavia.co

²Oficina de Desarrollo de Negocios, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia), C.I. La Libertad, Villavicencio, Meta, Colombia. www.agrosavia.co

Resumen

En una pastura de *Brachiaria humidicola* cv. Llanero no degradada, manejada con una fertilización de mantenimiento bianual durante 15 años, ubicada en un Oxisol ácido y de baja fertilidad en el Piedemonte llanero de Colombia, se evaluaron 3 tratamientos de fertilización: T1 - sin fertilización (testigo); T2 - fertilización básica (kg/ha: P 20, Ca 18, Mg 20, K 18, S 31 y N 18); y T3 - fertilización básica+urea (kg/ha: P 20, Ca 18, Mg 20, K 18, S 31 y N 110). Cada tratamiento estuvo compuesto por 4 potreros de 0.8 ha cada uno donde pastaron en forma secuencial grupos de toretes Cebú Brahman, con un período de ocupación de 7 días y un período de descanso de 21 días. Tanto en época lluviosa como seca la producción de forraje durante cada descanso fue más alta en T3 (1,540 y 940 kg MS/ha, respectivamente) que en T2 (979 y 665 kg MS/ha) y T1 (958 y 613 kg MS/ha). La fertilización básica+urea también aumentó la concentración de PC en el forraje en época lluviosa (9.9%, en comparación con 8.4 y 8.1% en T2 y T1, respectivamente). En 250 días de pastoreo del experimento, incluyendo 173 días de época lluviosa y 77 días de época seca, la producción de peso vivo por hectárea fue de 317, 599 y 870 kg/ha para T1, T2 y T3, respectivamente, con cargas animal de 2.2, 3.0 y 3.8 unidades animal/ha (1 UA = 400 kg peso vivo) en la época lluviosa, y 1.6, 2.1 y 3.2 UA/ha en la época seca, respectivamente. Las ganancias de peso vivo por animal y día fueron, en el mismo orden, 589, 782 y 878 g/an/día en la época lluviosa y 379, 642 y 721 g/an/día en la época seca. En términos económicos, T3 (fertilización básica+urea) representó un ingreso neto adicional de US\$ 658/ha respecto al testigo y de US\$ 349 respecto a T2. Mientras que el estudio presenta evidencia del potencial de la fertilización, sobre todo nitrogenada, de pasturas de *B. humidicola* cv. Llanero para la intensificación de la producción ganadera en la región, se requieren experimentos a largo plazo para confirmar la sostenibilidad de estos sistemas.

Palabras clave: Carga animal, ganancia de peso vivo, nitrógeno, producción de forraje, rentabilidad, valor nutritivo.

Abstract

In the foothills region of the Llanos Orientales, Colombia the effects of 3 fertilizer treatments, based on regionally available fertilizers: T1 - no fertilizer (control); T2 - basic fertilizer (kg/ha: P 20, Ca 18, Mg 20, K 18, S 31 and N 18); and T3 - basic fertilizer + additional urea (kg/ha: P 20, Ca 18, Mg 20, K 18, S 31 and N 110), were studied on a non-degraded *Brachiaria humidicola* cv. Llanero pasture located on an acid, infertile Oxisol that had received biannual maintenance fertilizer for 15 years. Each treatment was composed of 4 paddocks of 0.8 ha each, which were rotationally

Correspondencia: Álvaro Rincón C., Agrosavia, C.I. La Libertad, km 17 vía a Puerto López, Meta, Colombia.
Correo electrónico: arincon@agrosavia.co

grazed (7 days grazing and 21 days rest) by a group of Brahman Cebu bulls. Forage production during the rest periods was higher in T3 in both the rainy and dry seasons (1,540 and 940 kg DM/ha, respectively) than in T2 (979 and 665 kg DM/ha) and T1 (958 and 613 kg MS/ha). In T3 also CP concentration in rainy season forage was higher (9.9%) than in T2 and T1 (8.4 and 8.1%, respectively). After a total of 250 days of grazing during the rainy (173 days) and dry seasons (77 days), liveweight production was 317, 599 and 870 kg/ha for T1, T2 and T3, respectively, with stocking rates of 2.2, 3.0 and 3.8 animal units/ha (1 AU = 400 kg live weight) in the rainy and 1.6, 2.1 and 3.2 AU/ha in the dry season, respectively. Daily liveweight gains were, in the same order, 589, 782 and 878 g/animal/day in the rainy season and 379, 642 and 721 g/an/day in the dry season. In economic terms, T3 (basic fertilizer plus urea) represented an additional net income of \$US 658/ha in comparison with the control treatment and \$US 349/ha in comparison with T2. While the study provides evidence that fertilizing of pasture, particularly with N, has potential to contribute to intensification of livestock production in the region, long-term experiments are required to confirm the sustainability of such systems.

Keywords: Forage production, liveweight gains, nitrogen, nutritive value, profitability, stocking rate.

Introducción

El pasto *Brachiaria humidicola* cv. Llanero (antes conocido como *B. dictyoneura*) es una gramínea adaptada a suelos ácidos de baja y mediana fertilidad y alta saturación de aluminio, predominantes en la Orinoquia (Llanos Orientales) de Colombia. Fue entregado a los productores hace cerca de 30 años en Colombia (ICA 1987) y sigue siendo una de las mejores alternativas para los sistemas ganaderos de la región. Por su hábito de crecimiento postrado e invasor forma un tapete denso que protege el suelo de la erosión y compactación por pisoteo del ganado. El pasto Llanero se ha establecido con éxito en suelos arenosos y arcillosos de la Orinoquia, preferiblemente en suelos bien drenados; sin embargo, también crece bien en suelos con saturación temporal de agua. El sobrepastoreo y la baja fertilidad de los suelos en la región traen como consecuencia la degradación de las pasturas (Rincón 2006), lo cual sumado a la falta tradicional de fertilización de mantenimiento de los pastos, incluyendo el cv. Llanero, resulta en ganancias de peso vivo animal menores a 400 g/an/día, con una capacidad de carga inferior de 2 UA/ha (1 UA = 400 kg de peso vivo). El pasto Llanero es de amplia difusión en la región – estimamos que en la Orinoquia colombiana existe actualmente cerca de 1 millón de hectáreas sembradas con esta gramínea – pero igual a la mayoría de los pastos introducidos en la región está en peligro de degradación severa como consecuencia de prácticas de manejo no adecuadas (Rincón 2011).

Además del nitrógeno (N), para el establecimiento y producción de pasturas en el Piedemonte de los Llanos Orientales de Colombia es necesario aplicar, entre otros nutrientes: fósforo (P), calcio (Ca), potasio (K), magnesio (Mg) y azufre (S). El N participa en la actividad fotosintética de la planta, en la movilización de reservas en la planta, en la expansión del área foliar y en la producción de rebrotes

(Salisbury y Ross 1992; Martha Júnior et al. 2004). Además es un constituyente básico para la síntesis de proteínas, que conjuntamente con la energía metabolizable son los principales factores que afectan la degradación del forraje en el rumen (MLA 2006; CSIRO 2007). Minson (1973) reportó un incremento en la digestibilidad de la MS en 2.2% y de la materia orgánica en 1.3% de pastos fertilizados con N. Johnson et al. (2001) encontraron que la fertilización nitrogenada redujo la fibra en detergente neutro (FDN) e incrementó la concentración total de N y la digestibilidad in vitro de la materia orgánica en pastos tropicales. Peyraud y Astigarraga (1998) encontraron que la fertilización nitrogenada aumenta levemente la energía neta y la proteína metabolizable lo que impacta positivamente los nutrientes digestibles totales y el valor energético del forraje.

Teniendo en cuenta las deficiencias que existen actualmente para la adecuada alimentación de bovinos en el Piedemonte llanero, la presente investigación tuvo como objetivo: (1) medir el efecto de la aplicación de fertilizantes disponibles en el mercado en una pastura establecida del cv. Llanero, sobre la producción y la calidad del forraje, la capacidad de carga animal y la ganancia de peso vivo; y (2) analizar la viabilidad económica de esta práctica.

Materiales y Métodos

Localización

El experimento se realizó entre junio 17 de 2015 y marzo 3 de 2016 en el Centro de Investigaciones La Libertad de la Corporación de Investigación Agropecuaria de Colombia (Corpoica; ahora: Agrosavia), localizado a 17 km de la ciudad de Villavicencio, Meta, Colombia, a 4°03' N y 73°28' O, a 300 msnm de altitud y en condiciones de clima y suelo representativas del Piedemonte llanero.

Clima

La temperatura promedio es de 26 °C, la precipitación anual de 2,953 mm y la humedad relativa de 80%. La época de lluvias comienza a finales de marzo y termina a mediados de diciembre. No obstante, en los meses secos entre enero y marzo se presentan lluvias ocasionales que pueden llegar a 114 mm, valor superior a los 28 mm obtenidos en los mismos meses del año 2016, cuando se realizó el presente trabajo (Figura 1). Históricamente (30 años) el mes más lluvioso ha sido mayo con un promedio de 445 mm; sin embargo, en abril de 2015 se presentó la máxima precipitación (521 mm), siendo atípica para la región.

Suelo

El sitio experimental es caracterizado por una topografía plana y homogénea, con un suelo Oxisol franco-arcilloso bien drenado, caracterizado por alta acidez, toxicidad de aluminio (Al), baja disponibilidad de P, baja capacidad de intercambio catiónico y deficiencias en la mayoría de los nutrientes esenciales para las plantas (Ayarza 1991). El análisis de suelo antes del comienzo del

experimento arrojó los resultados siguientes: pH 4.8; materia orgánica 2.9%; P (Bray II) 1.5 mg/kg; S 2.9 mg/kg; Ca 0.7 cmol/kg; Mg 0.10 cmol/kg; y K 0.08 cmol/kg. Estas concentraciones son inferiores a los requerimientos señalados por Salinas y García (1985) y Ayarza (1991) para pastos en suelos ácidos: P 10 mg/kg; S 15 mg/kg; Ca 1.0 cmol/kg; Mg 0.20 cmol/kg; y K 0.10 cmol/kg.

Tratamientos

Para el estudio se utilizó un área total de 9.6 ha en una pastura de *Brachiaria humidicola* cv. Llanero utilizada previamente durante 15 años para ceba de ganado en un sistema de pastoreo alterno con 30 días de ocupación e igual número de días de descanso. Al comienzo del ensayo la pastura se encontraba en buen estado (cobertura del suelo >90%). Cada 2 años recibía una aplicación (kg/ha) de 20 P, 46 N y 25 K como fertilización de mantenimiento; la última aplicación fue 1 año anterior a la iniciación de este estudio. El área total fue dividida en parcelas de 3.2 ha para la aplicación de los tratamientos siguientes:

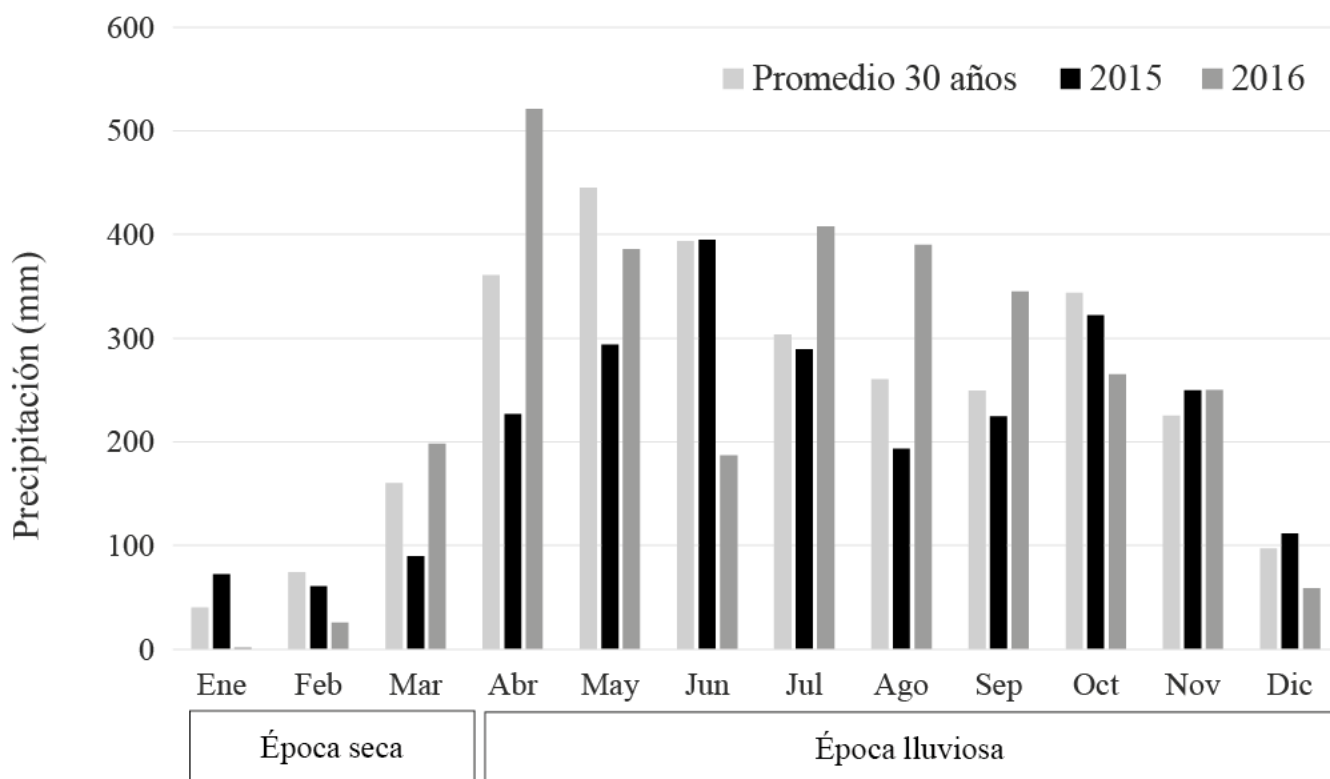


Figura 1. Precipitación en 2015 y 2016 comparada con el promedio de 30 años. C.I. La Libertad, Villavicencio, Colombia.

T1: Testigo sin fertilización.

T2: Fertilización básica (kg/ha): 20 P, 18 Ca, 20 Mg, 18 K, 31 S, 18 N (DAP-N).

T3: Fertilización básica+urea: (kg/ha): 20 P, 18 Ca, 20 Mg, 18 K, 31 S, 110 N (18 DAP-N, 92 urea-N).

Cada tratamiento consistió en 4 parcelas de 0.8 ha cada una, separadas con cerca eléctrica, que fueron utilizadas en pastoreo rotacional (7 días de ocupación, 21 días de descanso) con su grupo de animales correspondiente.

Las dosis de fertilizantes aplicadas fueron seleccionadas de acuerdo con los análisis de suelo y las recomendaciones de Ayarza (1991) para pastos en la región. Como fuentes de nutrientes se utilizaron fertilizantes disponibles en el mercado: fosfato diamónico (DAP) como fuente de P (20%) y N (18%); sulpomag como fuente de S (22%), K (18%) y Mg (11%); sulcamag como fuente de Ca (18%), Mg (9%) y K (9%); y urea como fuente de N (46%). La dosis de N en T3 fue seleccionada con base en los trabajos de Rincón y Ligarreto (2011) y Rincón (2012). El N adicional en este tratamiento fue aplicado en forma de urea fraccionado en 50% en el momento de la aplicación de la fertilización básica (julio de 2015) y 50% 3 meses más tarde, en octubre de 2015. Los fertilizantes fueron mezclados y aplicados al voleo en forma manual en el mes de julio, 15 días después de iniciado el pastoreo, coincidiendo con la reducción de las lluvias para evitar pérdidas de nutrientes por escorrentía.

Manejo del pastoreo

La ganancia de peso animal en cada tratamiento se determinó utilizando 3 grupos de toretes Cebú Brahman. La carga animal inicial se asignó con base en la disponibilidad de forraje después de un período de descanso de 21 días (800, 1,100 y 1,400 kg MS/ha en T1, T2 y T3, respectivamente) y asumiendo una presión de pastoreo de 4 kg MS/100 kg de peso vivo animal. Como resultado, las cargas iniciales fueron de 2.2, 3.0 y 3.8 unidades animal (UA)/ha equivalentes a 8, 11 y 14 animales de 350 kg, para los Tratamientos 1, 2 y 3, respectivamente. En cada tratamiento los animales fueron manejados en un sistema de rotación en los 4 potreros de cada tratamiento, con 7 días de ocupación y 21 días de descanso (7/21) con un peso, promedio, inicial de 350 kg y edades de 2 a 2.3 años hasta alcanzar un peso final de 520 kg. Se suministró sal mineralizada (6% de P) a voluntad y se realizaron los controles sanitarios como vacunaciones, vermifugaciones y baños garrapaticidas, de acuerdo con los cronogramas de la región. Durante la época lluviosa de 2015 los animales estuvieron en pastoreo durante 173 días de época lluviosa (junio 17 hasta diciembre 9 de 2015) y 77 días de época seca (diciembre 13 de 2015 hasta marzo 3 de 2016),

para un total de 250 días de evaluación. Al inicio de la época seca se ajustó la carga, reduciendo el número a la mitad en cada tratamiento.

Diseño experimental

Para los tratamientos de fertilización del pasto, el diseño experimental fue de bloques completos al azar con 4 repeticiones. Respecto a la producción de peso vivo animal, el diseño experimental fue de tipo continuo donde los animales permanecieron pastoreando en las áreas correspondientes a su tratamiento; cada animal fue considerado como una repetición (Amézquita 1986).

Evaluaciones

Producción de forraje. La producción de forraje fue determinada mediante la toma de 2 muestras en época lluviosa (agosto y octubre de 2015) y una en época seca (febrero de 2016), utilizando metodología convencional, en transectos con 20 observaciones en cada potrero, con un marco de 0.50 x 0.50 m. Estos muestreos se realizaron en forma secuencial en cada potrero al finalizar el período de descanso y antes de entrar los animales al pastoreo. Además se estimó en forma visual el porcentaje de cobertura del suelo en cada sitio muestreado, como indicador de un manejo de pastoreo adecuado que evite compactación y erosión del suelo.

Calidad nutritiva del forraje. En octubre de 2015 (época de lluvias) se tomaron muestras del forraje cosechado en las evaluaciones de producción para determinar la concentración de proteína cruda (PC) por micro-Kjeldahl (AOAC 1995); fibra en detergente ácido (FDA) (Van Soest 1963); fibra en detergente neutro (FDN) (Van Soest y Wine 1967); y degradabilidad in situ de la materia seca en bolsa de nylon utilizando un bovino Cebú comercial de 680 kg fistulado en el rumen que pastoreaba en una pradera de *B. decumbens* con acceso a sal mineralizada y agua a voluntad. Las bolsas con las muestras (5 g) se incubaron en el rumen por triplicado por espacio de 48 horas; luego se extrajeron y el residuo se analizó siguiendo los métodos descritos por Nocek y English (1986).

Aporte de nutrientes de la ración. Con el fin de conocer el aporte de nutrientes y el valor energético del forraje en oferta de cada tratamiento, se utilizó el software Large Ruminant Nutrition System (LRNS) de la Universidad de Texas (nutritionmodels.com/lrns.html) el cual permite estimar los requerimientos y el suministro de nutrientes a ganado de carne y/o leche mediante modelos de función ruminal, tasas de pasaje del alimento, digestibilidad y crecimiento, teniendo en cuenta el tipo de animal, los

factores climáticos, el manejo y la composición nutricional del alimento. El programa utiliza el motor computacional del modelo Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) desarrollado por Fox et al. (2004) y validado en condiciones tropicales (Parsons et al. 2011).

Ganancia de peso vivo. Los animales se pesaron cada 30 días utilizando una báscula Tru-Test EC 2000 (Tru-Test Ltd, Auckland, Nueva Zelanda). En total se realizaron 3 pesajes en la época lluviosa (agosto 11, octubre 23 y diciembre 9 de 2015) y 2 en la época seca (febrero 4 y marzo 4 de 2016). Con base en esta información y la carga animal se calculó la producción de peso vivo por hectárea.

Producción de carne. Al final de la ceba, cuando los animales alcanzaron un peso vivo mínimo, promedio en ayuno, de 500 kg y una condición corporal de 8 en una escala 1 a 9, propuesta por Herd y Sprott (1986), fueron transportados a Bogotá para sacrificio en un frigorífico. Una vez sacrificado se determinó el peso de la canal caliente después de la limpieza de esta y se calcularon las pérdidas ('merma') por transporte. El rendimiento en canal se determinó en un grupo de 15 toretes (5 por tratamiento) seleccionados al azar.

Cálculo de costos por tratamiento. Para el efecto se consideraron aquellos ocasionados en los tratamientos de fertilización (T2 y T3) y los ingresos obtenidos por la producción de carne, tomando como referencia los costosos ingresos en el tratamiento testigo (T1).

Análisis de la información. Los datos fueron organizados en tablas de Excel y el análisis estadístico se realizó con el programa SAS 9.3. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey ($P < 0.05$).

Resultados

Producción de forraje y cobertura del suelo

La producción de forraje durante 21 días de descanso en época lluviosa fue mayor en T3 ($P < 0.05$), resultando 57% más forraje con relación a T2 y 60% más en comparación con el testigo sin fertilización, T3 (Cuadro 1). Durante la época seca, la producción se redujo entre 60 y 70% en los 3 tratamientos; no obstante continuó siendo mayor en T3 con 940 kg MS/ha. La cobertura del suelo por el pasto fue de 99–100% (Cuadro 1) lo cual sugiere que en ninguno de los tratamientos la carga animal aplicada fue excesiva.

Calidad nutritiva del forraje

Durante la época de lluvias se observó una respuesta significativa ($P < 0.05$) a la aplicación de urea adicional (T3) no solo en términos de producción de forraje sino también concentración de CP en el pasto (Cuadro 2). Las concentraciones de FDN (73%) y FDA (35%) y la degradabilidad in situ de la materia seca (DISMS; 70%) en el forraje fueron similares entre los tratamientos.

Cuadro 1. Producción de forraje y cobertura del suelo por *Brachiaria humidicola* cv. Llanero con 3 tratamientos de fertilización. C.I. La Libertad, Villavicencio, Colombia.

Tratamiento (fertilización) ¹	Producción de forraje durante 21 días de descanso (kg MS/ha) ²		Cobertura (%)
	Época lluviosa	Época seca	
T1- Testigo (sin fertilización)	958b ³	613b	99.2b
T2- Básica	979b	665b	99.4ab
T3- Básica+urea	1,540a	940a	100.0a
Significancia	0.003	0.002	0.005
C.V. (%)	27.2	8.1	1.3

¹Las dosis de fertilizantes aparecen en el texto.

²Promedios de 2 y 1 fechas en épocas lluviosa y seca, respectivamente.

³Promedios con letras diferentes en la misma columna difieren significativamente según la prueba de Tukey ($P < 0.05$).

Cuadro 2. Calidad nutritiva de *Brachiaria humidicola* cv. Llanero en la época lluviosa con 3 tratamientos de fertilización. C.I. La Libertad, Villavicencio, Colombia.

Tratamiento (fertilización) ¹	Proteína cruda (%)	FDN (%) ²	FDA (%)	DISMS (%)
T1- Testigo (sin fertilización)	8.1b ³	73.5	35.8	68.9
T2- Básica	8.4b	73.1	35.9	71.3
T3- Básica+urea	9.9a	73.0	35.1	71.1
Significancia	0.02	ns	ns	ns
C.V. (%)	13.4	3.1	7.3	7.1

¹Las dosis de fertilizantes aparecen en el texto.

²FDN = fibra en detergente neutro; FDA = fibra en detergente ácido; DISMS = degradabilidad in situ de la materia seca.

³Promedios con letras diferentes en la misma columna difieren significativamente según la prueba de Tukey (P<0.05).

Con el uso del programa LNRS y la calidad nutritiva se calcularon los aportes de nutrientes de cada tratamiento de fertilización. Aunque no se observaron diferencias en la concentración de fibra y DISMS entre tratamientos, la predicción permitió explicar parcialmente la mayor ganancia diaria de peso vivo animal en los tratamientos con fertilización (T2 y T3) vs. el testigo (T1) durante el tiempo de evaluación, y, entre octubre a febrero, entre T3 y T2 (véase Cuadro 4). La predicción mostró que el aporte de nutrientes digestibles totales (NDT), la energía metabolizable (EM), la energía neta para mantenimiento (ENm), la energía neta para ganancia de peso (ENg) y la concentración de proteína total de la ración aumentaron con la fertilización (Cuadro 3).

Carga animal

Con base en la cantidad de MS disponible, las cargas animal iniciales fueron de 2.0, 3.0 y 3.8 UA/ha para aumentar a 3.0, 4.2 y 5.3 UA/ha en los tratamientos T1, T2 y T3 al finalizar la época de lluvias, respectivamente. Al comienzo de la época seca el 50% de los toretes alcanzaron un peso promedio de 520 kg y salieron del experimento para sacrificio. De esta forma, y teniendo en cuenta la menor disponibilidad de forraje en la época seca, la carga animal se redujo a 1.6, 2.1 y 3.2 UA/ha en los tratamientos T1, T2 y T3, respectivamente (Figura 2).

Cuadro 3. Cálculo de aportes de energía¹ y proteína por LNRS de *Brachiaria humidicola* cv. Llanero con 3 tratamientos de fertilización. C.I. La Libertad, Villavicencio, Colombia.

Tratamiento (fertilización) ²	NDT (% MS)	EM (Mcal/kg)	ENm (Mcal/kg)	ENg (Mcal/kg)	Proteína total (g/día)
T1- Testigo (sin fertilización)	57	2.05	1.20	0.64	713
T2- Básica	58	2.08	1.23	0.66	773
T3- Básica+urea	61	2.21	1.35	0.77	891

¹NDT = nutrientes digestibles totales; EM = energía metabolizable; ENm = energía neta para mantenimiento; ENg = energía neta para ganancia de peso; Mcal = megacalorías.

²Las dosis de fertilizantes aparecen en el texto.

Ganancia de peso y producción animal

Las ganancias diarias de peso de los toretes en los tratamientos con fertilización no presentaron diferencias en el primer y segundo pesaje de la época lluviosa (P>0.05) con promedios de 837 y 857 g/an/día. No obstante fueron superiores (P<0.05) al testigo sin fertilización (Cuadro 4). Durante el último pesaje de la época lluviosa, los animales de T3 presentaron la mayor ganancia de peso (916 g/an/día) (P<0.05). Esta ganancia se sostuvo en el período siguiente de diciembre-febrero, correspondiente a la transición de época lluviosa a seca y parte de la época seca. Al finalizar la época seca (febrero-marzo) las ganancias de peso vivo se redujeron en todos los tratamientos, aunque en los tratamientos con fertilización fueron significativamente mayores que el testigo en 333 g/an/día.

En la Figura 3 se resumen las ganancias diarias por animal obtenidas en los tratamientos en las épocas lluviosa y seca y se confirma la superioridad de los tratamientos de fertilización. Las ganancias diarias adicionales en los tratamientos con fertilización fueron de 290 y 190 g/an/día en época lluviosa para T3 y T2, y en la época seca 342 y 263 g/an/día, respectivamente. Es necesario mencionar que durante 15 años anteriores al ensayo, el área experimental recibió cada 2 años una fertilización de mantenimiento. Esto explica las mayores

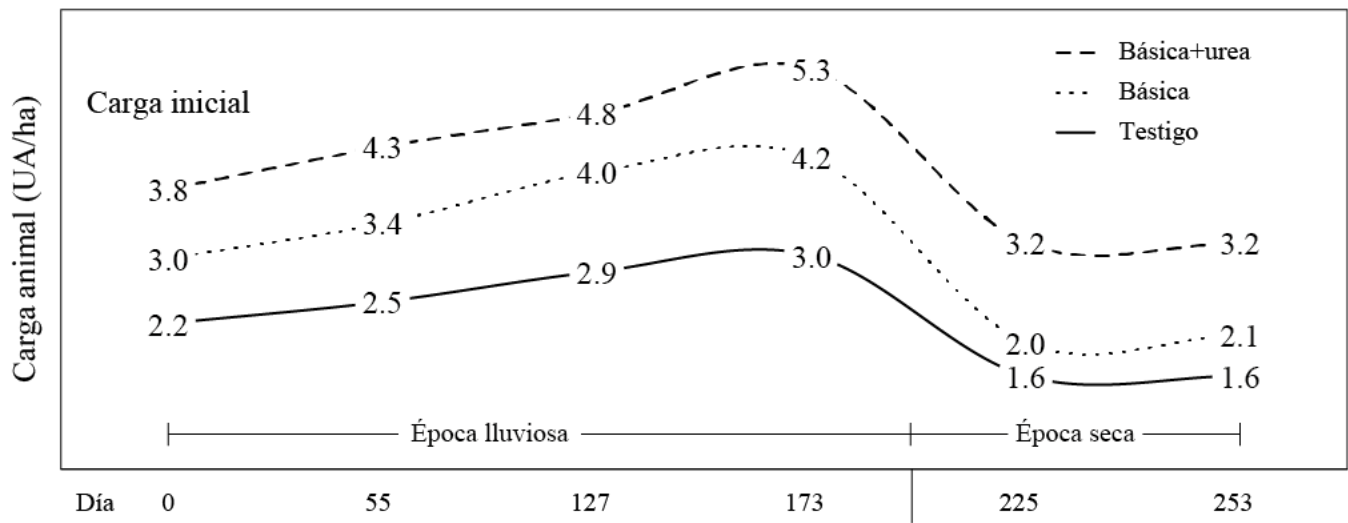


Figura 2. Evolución de la carga animal en *Brachiaria humidicola* cv. Llanero con 3 tratamientos de fertilización. C.I. La Libertad, Villavicencio, Colombia. (1 UA = 400 kg de peso vivo.)

Cuadro 4. Ganancia diaria de peso por animal en las épocas lluviosa y seca en *Brachiaria humidicola* cv. Llanero con 3 tratamientos de fertilización. C.I. La Libertad, Villavicencio, Colombia.

Tratamiento (fertilización) ¹	Época lluviosa (2015)			Época seca (2016)	
	Pesaje 1 (ago 11)	Pesaje 2 (oct 23)	Pesaje 3 (dic 9)	Pesaje 1 (feb 4)	Pesaje 2 (mar 4)
T1- Testigo (sin fertilización)	0.652b ²	0.705b	0.445c	0.580c	0.178b
T2- Básica	0.824a	0.842a	0.679b	0.789b	0.495a
T3- Básica+urea	0.850a	0.873a	0.916a	0.913a	0.528a
Significancia	0.002	0.005	0.001	0.01	0.03
C.V. (%)	19.5	14.7	26.4	17.8	24.2

¹Las dosis de fertilizantes aparecen en el texto.

²Promedios con letras diferentes en la misma columna difieren significativamente según la prueba de Tukey (P<0.05).

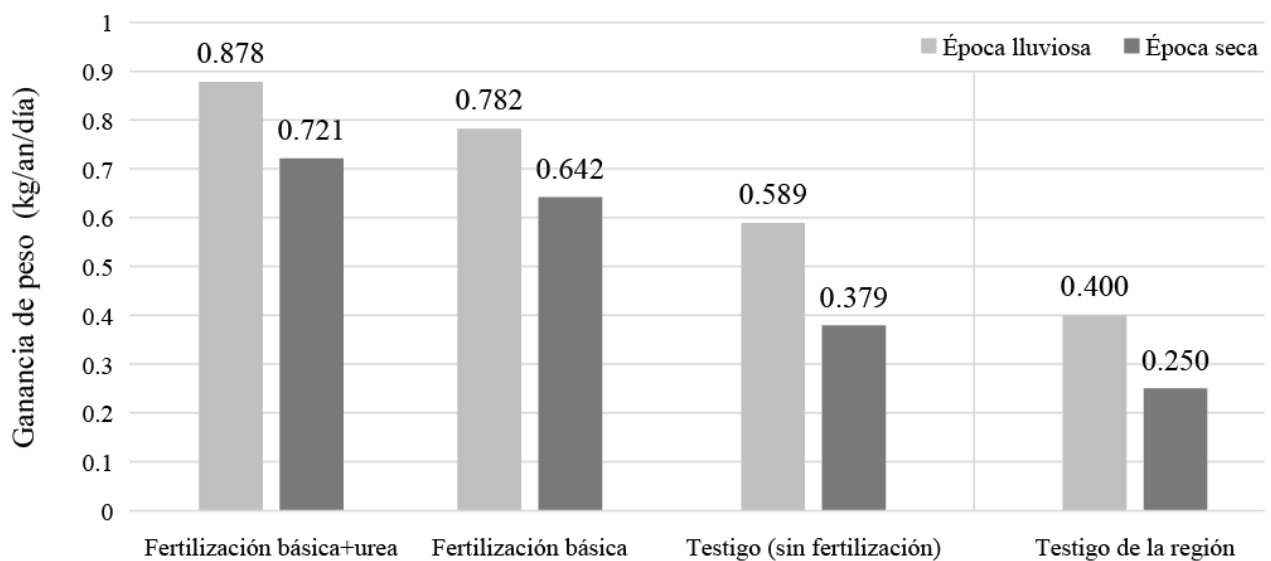


Figura 3. Ganancia diaria de peso/animal en las épocas lluviosa y seca en *Brachiaria humidicola* cv. Llanero con 3 tratamientos de fertilización. C.I. La Libertad, Villavicencio, Colombia. (Testigo de la región = ganancia de peso en ganaderías tradicionales en la región, caracterizadas por falta de fertilización.)

ganancias de peso en comparación con el testigo de la región, en pasturas de manejo tradicional (sin fertilización de mantenimiento) y donde las ganancias diarias son en promedio 33% menores, con cargas animal de 2.0 y 1.5 UA/ha durante las épocas lluviosa y seca, respectivamente (Pérez et al. 2000).

Con base en las ganancias diarias de peso y la carga animal durante los 250 días de experimentación (173 días en época lluviosa y 77 días en época seca) se hizo el cálculo de la producción animal por hectárea durante este período. En la época de lluvias, en los tratamientos T2 y T3 se produjeron, respectivamente, 194 y 422 kg/ha de peso vivo más que en el testigo sin fertilización. Durante la época seca, estas diferencias fueron de 77 y 131 kg de peso vivo (Cuadro 5).

Rendimiento en canal y valor comercial

El peso a sacrificio y en canal, los rendimientos y el valor comercial de venta de los animales se presentan en el Cuadro 6. La única diferencia entre los tratamientos es el valor comercial de venta algo más alto para los toretes del tratamiento T3 en comparación con los de T1 (diferencia

de US\$ 42.5/animal) y T2 (diferencia de US\$ 36.8/animal). Esta diferencia es debida al mayor peso de los animales en el tratamiento T3 y a la menor pérdida ('merma') de peso durante el transporte al frigorífico.

Rentabilidad

Para el cálculo de rentabilidad de la fertilización, se utilizaron los costos comerciales de los insumos que aparecen en el Cuadro 7, incluyendo la mano de obra para preparación y aplicación de los fertilizantes.

Con base en los datos presentados en los Cuadros 5, 6 y 7 es evidente la ventaja económica de la fertilización básica+urea. En este tratamiento (T3) se produjeron 870 kg de peso vivo/ha durante los 250 días de pastoreo, que generaron un ingreso bruto de US\$ 1,414 tomando como base un precio de venta de US\$ 1.63 por kilo de carne en pie y un ingreso neto de US\$ 1,173, mientras que en el tratamiento con fertilización básica (T2) se produjeron 599 kg de peso vivo/ha con un ingreso de US\$ 973 por venta de ganado en pie y de US\$ 823 como ingreso neto (Cuadro 8). Cuando estos resultados se comparan con los obtenidos en el tratamiento testigo (T1, sin fertilización)

Cuadro 5. Producción de peso vivo animal en pasturas de *Brachiaria humidicola* cv. Llanero con 3 tratamientos de fertilización. C.I. La Libertad, Villavicencio, Colombia.

Tratamiento (fertilización) ¹	Época lluviosa (kg/ha - 173 días)	Época seca (kg/ha - 77 días)	Total (kg/ha - 250 días)
T1- Testigo (sin fertilización)	270	47	317
T2- Básica	498	101	599
T3- Básica+urea	692	178	870

¹Las dosis de fertilizantes aparecen en el texto.

Cuadro 6. Peso al sacrificio, merma, rendimiento en canal y valor comercial de venta (en US dólares) de toretes Cebú Brahman en pasturas de *Brachiaria humidicola* cv. Llanero con 3 tratamientos de fertilización. C.I. La Libertad, Villavicencio, Colombia. (1 US\$ = Col.\$ 2,800.)

Variable	Fertilización ¹			Significancia	C.V. (%)
	T1	T2	T3		
Peso salida a frigorífico (kg/an)	546	545	566	ns	2.8
Peso en frigorífico (kg/an)	508	511	534	ns	2.9
Merma por transporte (% peso)	7.04	6.24	5.76	ns	16.0
Merma por transporte (valor US\$/kg)	0.114	0.101	0.094	ns	16.1
Peso canal caliente (kg/an)	307	310	319	ns	2.0
Rendimiento en canal (%)	60.5	60.4	59.7	ns	1.2
Total descuentos ² (US\$/kg)	0.17	0.16	0.15	ns	11.8
Valor kilo con descuentos ³ (US\$)	1.46	1.47	1.48	ns	1.3
Valor comercial de venta por animal (US\$)	795	801	838	0.05	3.1

¹Las dosis de fertilizantes aparecen en el texto.

²Incluye pago por transporte, pesaje e impuestos por animal.

³Valor kilo de venta sin descuento: US\$ 1.63.

Cuadro 7. Costos de la fertilización para los tratamientos de fertilización en *Brachiaria humidicola* cv. Llanero. C.I. La Libertad, Villavicencio, Colombia. (1 US\$ = Col.\$ 2,800.)

Detalle	T2 -Fertilización básica		T3 -Fertilización básica+urea	
	Cantidad (kg/ha)	Valor (US\$/ha)	Cantidad (kg/ha)	Valor (US\$/ha)
Urea	0	0	200	86
Fosfato diamónico (DAP)	100	54	100	54
Sulpomag	100	50	100	50
Sulcamag	100	36	100	36
Mano de obra (jornales)	1	11	1.5	16
Valor total		150		241

Cuadro 8. Ingresos netos obtenidos por la producción de carne bovina en *Brachiaria humidicola* cv. Llanero con 3 tratamientos de fertilización. C.I. La Libertad, Villavicencio, Colombia. (1 US\$ = Col.\$ 2,800.)

Fertilización ¹	Precio de venta peso vivo animal (US\$/ha)	Costo de fertilización (US\$/ha)	Ingreso neto (US\$/ha)	Ingreso adicional con respecto al testigo (US\$/ha)
T1-Testigo (sin fertilización)	515	0	515	
T2- Básica	973	150	823	308
T3- Básica+urea	1,414	241	1,173	658

¹Las dosis de fertilizantes aparecen en el texto.

se observa un mayor ingreso/ha de US\$ 658 en el tratamiento T3 y de US\$ 308 en el tratamiento T2. Lo anterior significa que con una inversión por hectárea de US\$ 91 en la fertilización nitrogenada se obtiene un ingreso adicional de US\$ 350, en comparación con el tratamiento de fertilización básica, equivalente a US\$ 3.80 por cada dólar invertido en urea como fertilizante.

Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio muestran las ventajas de una adecuada fertilización del pasto *B. humidicola* cv. Llanero en el Piedemonte de los Llanos Orientales de Colombia, especialmente con la aplicación de N, y el potencial de este pasto para mejorar la capacidad de carga animal y las ganancias de peso vivo de bovinos en ceba. El incremento del 45% en la producción de peso vivo que se obtiene con la adición de 92 kg N/ha justifica la inversión y demuestra la importancia de este nutriente para la producción y calidad del forraje.

Es ampliamente reconocido que la aplicación de N mejora tanto la producción de un pasto como la concentración de PC en el forraje (García et al. 2002; Rincón y Ligarreto 2011; Pérez 2014; Crespo et al. 2015; Dupas et al. 2016; Valbuena et al. 2016). El efecto positivo de la fertilización nitrogenada sobre la digestibilidad, el valor energético y la proteína metabolizable del forraje también fue demostrado por Peyraud y Astigarraga (1998) y Johnson et al. (2001). Esto es de mayor importancia en suelos con

bajo contenido de materia orgánica como los de la Orinoquia colombiana, donde no es común la mezcla de pasturas gramíneas-leguminosas ni la fertilización. Aunado a esto, el alto costo de las fuentes nitrogenadas como la urea ha limitado su uso por parte de los productores en la región, lo que se refleja en los bajos índices de producción de carne o leche bovina, como consecuencia tanto de la baja producción como bajo valor nutritivo, especialmente concentración de PC (5–8%), de los forrajes comúnmente usados en la región. No obstante que en este trabajo no se estudiaron los efectos de otros nutrientes incluidos en la fertilización básica, es necesario destacar su potencial aporte al sistema productivo, especialmente en el tipo de suelos donde se desarrolló el experimento, caracterizados por la deficiencia de la mayoría de nutrientes esenciales para el crecimiento y la producción de las plantas (Ayarza 1991).

La producción de peso vivo animal (870 kg/ha) obtenida en 250 días de ceba en pastoreo, confirma la respuesta positiva de los animales cuando tienen acceso a un pasto de buena calidad y en cantidad suficiente, que permite aumentar tanto la capacidad de carga animal por hectárea como la producción por animal. Este resultado es de impacto potencial para la ganadería en la región, si se compara con la producción de peso vivo animal por hectárea de, en promedio, 180 kg/ha/año en pasturas manejadas en forma tradicional y por tanto en proceso de degradación (Rincón 2006). Un resultado similar fue reportado por Rincón (2004) para la Altillanura bien drenada de los Llanos Orientales de Colombia donde con

una fertilización básica (kg/ha: P 24, Ca 90, Mg 30, S 20 y N 50) de una pastura de *B. decumbens* se obtuvo una producción de peso vivo de 397 kg/ha/año en comparación con 193 kg sin fertilización.

En vista de la evidente importancia de la fertilización nitrogenada de pastos en la región es indicado estudiar la optimización de su aplicación. Se requieren de estudios sobre la eficiencia de la utilización y de la recuperación de N fertilizado no solo con miras a la rentabilidad de la producción sino también por el alto potencial que el N tiene para contaminar el medio ambiente (lixiviación de nitratos, emisión del potente gas de efecto invernadero, N₂O) (Byrnes 1990; Orozco 1999).

Conclusiones

Por el valor nutritivo, la aceptable producción de MS y la rentabilidad que presenta para el productor ganadero en el Piedemonte de la Orinoquia colombiana, *B. humidicola* cv. Llanero adecuadamente fertilizado es una alternativa rentable de producción. Se considera que también es una opción para el pequeño productor en la región ya que con 10 hectáreas de cv. Llanero fertilizadas puede obtener un ingreso de casi US\$ 15,000/año.

Los resultados confirman el potencial que pastos introducidos o mejorados tienen para contribuir a una mayor producción ganadera. Se espera que este estudio aporte a la implementación de la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono mediante, entre otras, la Acción de Mitigación Nacionalmente Apropiada (NAMA, su sigla en inglés) denominada ‘*Ganadería Bovina Sostenible*’ que busca reducir el área actualmente utilizada para la producción ganadera mediante intensificación sostenible (Gobierno de Colombia 2015).

Referencias

(Nota de los editores: Todos los enlaces fueron verificados el 9 de septiembre de 2018.)

- Amézquita MC. 1986. Consideraciones sobre planeación, diseño y análisis de experimentos de pastoreo. En: Lascano C; Pizarro E, eds. Evaluación de pasturas con animales: Alternativas metodológicas. Memorias de una reunión de trabajo celebrada en Perú, 1–5 de octubre, 1984, Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 13–43. hdl.handle.net/10568/56361
- AOAC (Association of Official Agricultural Chemists). 1995. Official methods of analysis. 16th Edn. AOAC Inc., Arlington, VA, USA.
- Ayarza MA. 1991. Efecto de las propiedades químicas de los suelos ácidos en el establecimiento de las especies forrajeras. En: Lascano CE; Spain JM, eds. Establecimiento y renovación de pasturas: Conceptos, experiencias y enfoque de la investigación. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 161–185. hdl.handle.net/10568/56475
- Byrnes BH. 1990. Environmental effects of N fertilizer use – An overview. *Fertilizer Research* 26:209–215. DOI: [10.1007/BF01048758](https://doi.org/10.1007/BF01048758)
- Crespo G; Rodríguez I; Lok S. 2015. Contribución al estudio de la fertilidad del suelo y su relación con la producción de pastos y forrajes. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 41:211–219. goo.gl/dSogXf
- CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation). 2007. Nutrient requirements of domesticated ruminants. CSIRO Publishing, Collingwood, VIC, Australia. goo.gl/nrb5yt
- Dupas E; Buzetti S; Rabêlo FHS; Sarto AL; Cheng NC; Teixeira Filho MCM; Galindo FS; Dinalli RP; Gazola RN. 2016. Nitrogen recovery, use efficiency, dry matter yield, and chemical composition of palisade grass fertilized with nitrogen sources in the Cerrado biome. *Australian Journal of Crop Science* 10:1330–1338. DOI: [10.21475/ajcs.2016.10.09.p7854](https://doi.org/10.21475/ajcs.2016.10.09.p7854)
- Fox DG; Tedeschi LO; Tylutki TP; Russell JB; van Amburgh ME; Chase LE; Pell AN; Overton TR. 2004. The Cornell Net Carbohydrate and Protein System model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. *Animal Feed Science and Technology* 112:29–78. DOI: [10.1016/j.anifeedsci.2003.10.006](https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2003.10.006)
- García F; Micucci F; Rubio G; Ruffo M; Daverede I. 2002. Fertilización de forrajes en la región pampeana: Una revisión de los avances en el manejo de la fertilización de pasturas, pastizales y verdeos. Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS) Cono Sur, Acassuso, Argentina. goo.gl/7CDDEy
- Gobierno de Colombia. 2015. Nota de información de la NAMA Ganadería Bovina Sostenible: Densificación productiva, reconversión de pasturas y devolución a la naturaleza. Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC), Bogotá, Colombia. goo.gl/JRpw5A
- Herd DB; Spratt LR. 1986. Body condition, nutrition and reproduction of beef cows. Texas Agricultural Extension Service. The Texas A&M University System, College Station, TX, USA. goo.gl/6Uir1F
- ICA (Instituto Colombiano Agropecuario). 1987. Pasto Llanero *Brachiaria dictyoneura* (Fig. & De Not.) Stapf. Boletín técnico No. 151. ICA, Villavicencio, Colombia. goo.gl/XRi9KZ
- Johnson CR; Reiling BA; Mislavy P; Hall MB. 2001. Effects of nitrogen fertilization and harvest date on yield, digestibility, fiber, and protein fractions of tropical grasses. *Journal of Animal Science* 79:2439–2448. DOI: [10.2527/2001.7992439x](https://doi.org/10.2527/2001.7992439x)
- Martha Júnior GB; Vilela L; Barioni LG; Sousa DMG; Barcellos AO. 2004. Manejo da adubação nitrogenada em pastagem. En: Pedreira CGS; Moura JC de; Faria VP de, eds. Fertilidade do solo para pastagens produtivas. Anais do 21º Simpósio sobre manejo da pastagem: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz (FEALQ), Piracicaba, SP, Brasil. p. 155–215.

- Minson DJ. 1973. Effect of fertilizer nitrogen on digestibility and voluntary intake of *Chloris gayana*, *Digitaria decumbens* and *Pennisetum clandestinum*. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 13:153–157. DOI: [10.1071/ea9730153](https://doi.org/10.1071/ea9730153)
- MLA (Meat and Livestock Australia). 2006. Beef cattle nutrition: An introduction to the essentials. MLA, North Sydney, NSW, Australia. goo.gl/M5Z4V3
- Nocek JE; English JE. 1986. In situ degradation kinetics: Evaluation of rate determination procedure. Journal of Dairy Science 69:77–87. DOI: [10.3168/jds.s0022-0302\(86\)80372-1](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(86)80372-1)
- Orozco FH. 1999. La biología del nitrógeno: Conceptos básicos sobre sus transformaciones biológicas. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. goo.gl/N3W9Z1
- Parsons D; Nicholson CF; Blake RW; Ketterings QM; Ramírez-Avilés L; Fox DG; Tedeschi LO; Cherney JH. 2011. Development and evaluation of an integrated simulation model for assessing smallholder crop-livestock production in Yucatán, Mexico. Agricultural Systems 104:1–12. DOI: [10.1016/j.agry.2010.07.006](https://doi.org/10.1016/j.agry.2010.07.006)
- Pérez O. 2014. Eficiencia del uso del nitrógeno en pasturas de *Panicum maximum* y *Brachiaria* sp. solas y asociadas con *Pueraria phaseoloides* en la altillanura colombiana. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. bdigital.unal.edu.co/46432
- Pérez RA; Rincón A; Bueno G; Vargas O; Cuesta P. 2000. Alternativas de establecimiento de praderas. Innovación y Cambio Tecnológico 1(2):56–61.
- Peyraud JL; Astigarraga L. 1998. Review of the effect of nitrogen fertilization on the chemical composition, intake, digestion and nutritive value of fresh herbage: Consequences on animal nutrition and N balance. Animal Feed Science and Technology 72:235–259. DOI: [10.1016/S0377-8401\(97\)00191-0](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(97)00191-0)
- Rincón A. 2004. Rehabilitación de pasturas y producción animal en *Brachiaria decumbens* en la altillanura plana de los Llanos Orientales de Colombia. Pasturas Tropicales 26(3):2–12. goo.gl/3Ts78i
- Rincón A. 2006. Factores de degradación y tecnología de recuperación de praderas en los llanos orientales de Colombia. Boletín técnico No. 49. Corpoica, Villavicencio, Colombia. hdl.handle.net/11348/3791
- Rincón A. 2011. Efecto de alturas de corte sobre la producción de forraje de *Brachiaria* sp. en el piedemonte llanero de Colombia. Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria 12:107–112. [10.21930/rcta.vol12_num2_art:219](https://doi.org/10.21930/rcta.vol12_num2_art:219)
- Rincón A. 2012. Concentración de minerales en suelos y fertilización de pastos en los Llanos Orientales de Colombia. En: Rincón A; Baquero JE; Flórez H; Jaramillo CA, eds. Manejo de la nutrición mineral en sistemas ganaderos de los Llanos Orientales de Colombia. Corpoica, Villavicencio, Colombia. p. 113–164. goo.gl/DawbXw
- Rincón A; Ligarreto GA. 2011. Effect of nitrogen over corn-grass association in renovation of pastures at piedemont of the Llanos Orientales of Colombia. Agronomía Colombiana 29:91–98. goo.gl/HkD91T
- Salinas JG; García R. 1985. Métodos químicos para el análisis de suelos ácidos y plantas forrajeras. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. hdl.handle.net/10568/54174
- Salisbury FB; Ross CW. 1992. Fisiología vegetal. 4ª Edn. Grupo Editorial Iberoamericana, México, DF. p. 319–338.
- Valbuena N; Tejos R; Terán Y. 2016. Efecto de la fertilización nitrogenada e intervalo entre cortes sobre contenido de proteína y fibra en *Brachiaria brizantha* cv. Toledo en Portuguesa. Revista Unellez de Ciencia y Tecnología 34:25–32. goo.gl/61vmNQ
- Van Soest PJ. 1963. Use of detergent in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. Journal of the Association of Official Analytical Chemists 46:829–835. goo.gl/tAmbLm
- Van Soest PJ; Wine RH. 1967. Use of detergent in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell/wall constituents. Journal of the Association of Official Analytical Chemists 50:50–55. goo.gl/HhyMLS

(Received for publication 27 February 2018; accepted 1 September 2018; published 30 September 2018)

© 2018



Tropical Grasslands-Forrajés Tropicales is an open-access journal published by *International Center for Tropical Agriculture (CIAT)*. This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license. To view a copy of this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>