

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE NOVILLOS PASTOREANDO EN TRÓPICO DE ALTURA CON Y SIN SUPLEMENTACIÓN ENERGÉTICA*

C. P. Sossa¹, R. Barahona^{1**}

Artículo recibido: 14 de enero de 2014 • Aprobado: 19 de agosto de 2014

RESUMEN

En Colombia, la producción de carne bovina tradicionalmente se realiza en el trópico bajo, mientras que en el trópico de altura, los sistemas ganaderos predominantes son de lechería especializada. Las gramíneas de trópico alto son de mayor valor nutricional que las de trópico bajo, aunque pueden presentar un exceso de proteína, por lo cual una estrategia de suplementación debe basarse en la inclusión de materias primas energéticas. Al analizar la oferta de nutrientes en el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) se observan altos contenidos de proteína (20.6%) y baja disponibilidad de energía (2.31 Mcal EM/kg). Así, el presente estudio se realizó con el propósito de evaluar la producción de carne bovina en condiciones de trópico de altura (Santa Rosa de Osos, Antioquia). Durante 122 días se evaluó el crecimiento de 18 novillos de diversos cruces, que pastoreaban en dos grupos en praderas de kikuyo hasta alcanzar el peso de beneficio (420 kg). El primer grupo (peso inicial 316±370 kg) recibió 0.55 kg/día de un suplemento energético a base de maíz, melaza y sebo (51%, 12% y 37%, respectivamente), mientras el segundo grupo (peso inicial 322,8±27.8 kg) se encontraba sólo en pastoreo. Los animales suplementados (CS) pastoreaban en 2.5 ha y los no suplementados (SS) en 3.2 ha. Hubo una ganancia total de 78.8 y 73.3 kg de peso/novillo durante todo el período, equivalentes a ganar 646 y 601 gr/animal/día y a producir 848.5 y 617.1 kg de carne/ha/año en el sistema CS y SS, respectivamente. Cebar novillos en trópico de altura puede ser una actividad productiva exitosa, pero es necesario identificar, tanto el nivel de inclusión, como la fuente energética adecuada para mejorar la relación energía:proteína en la dieta de animales pastoreando *P. clandestinum*.

Palabras claves: balance nutricional, ganancia de peso, *Pennisetum clandestinum*, producción de carne.

* Estudio realizado dentro del proyecto: “Análisis Comparativo de la Producción de Carne en Novillos Producidos en un Sistema Silvopastoril Intensivo y Confinamiento”, financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

¹ Grupo BIOGEM, línea de investigación en Nutrición Animal, Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, Calle 59A nro. 63 – 20 Bloque 50, Medellín, Colombia.

** Autor para correspondencia: rbarahonar@unal.edu.co

PRODUCTIVE PERFORMANCE OF STEERS GRAZING IN HIGHLAND TROPICS WITH AND WITHOUT ENERGY SUPPLEMENTATION

ABSTRACT

In Colombia, beef cattle are traditionally raised in lowland areas, whereas dairies are the predominant production systems in the highland areas. Highland grasses are of greater nutritional value (protein content and digestibility) than lowland grasses, but may have an excess of protein, so supplementation strategies should be based on the inclusion of energy feeds. After determining that the protein content in kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) is very high (20.6%) and that the availability of energy (2.31 Mcal ME/kg DM) is the most limiting dietary factor, a study to evaluate the production of beef under tropical highland conditions was carried out in Santa Rosa de Osos, Antioquia. In this study, the growth of 18 steers of different crosses, homogeneously distributed in two groups grazing on Kikuyu pastures was assessed for 122 days until animals reached harvest weight (420 kg). The first group (316 ± 37.0 kg initial live weight) received 0.55 kg/day of a corn, molasses and tallow (51, 12, and 37%, respectively) energy supplement, while the second group (322.8 ± 27.8 kg initial live weight) was only grazing. Supplemented animals (S) grazed in 2.5 ha, whereas non-supplemented animals (NS) grazed in 3.2 ha. Total weight gain for the entire period was 78.8 and 73.3 kg for S and NS animals, respectively. Fattening steers in tropic highlands can be a successful production activity, but it is necessary to identify both an appropriate energy source and its level of inclusion to improve the protein:energy ratio in the diet of beef steers grazing in *P. clandestinum* pastures.

Keywords: Meat production, nutritional balance, *Pennisetum clandestinum*, daily weight gain.

INTRODUCCIÓN

En Colombia, el sector ganadero es responsable de aproximadamente un 3.6% del producto interno bruto (PIB) nacional. La actividad ganadera representa el 20% del PIB agropecuario y el 53% del PIB pecuario (DANE 2011), siendo una de las actividades productivas más importantes dentro del sector agropecuario del país. Colombia ocupa el doceavo lugar mundial en lo que se refiere a actividad ganadera (FAOSTAT 2013), superando sectores agrícolas y de servicios de mucha importancia en el país (FEDEGAN 2006).

La demanda de leche y carne se ha venido incrementando como consecuencia del aumento de los ingresos per cápita, el

acelerado crecimiento demográfico y la urbanización (FAO 2009). Para suplir esta creciente demanda, en Colombia se deben modificar las estrategias de producción, puesto que la mayoría de los sistemas de producción son de índole extensiva-extractiva y desarrollan sus actividades bajo un esquema simple de utilización de pastos.

Tradicionalmente, la producción de carne bovina en Colombia se ha realizado en zonas de trópico bajo, mientras que los sistemas de producción de leche predominan en trópico de altura. En condiciones de trópico bajo, gran parte de los problemas de la ganadería de carne están asociados con una alimentación inadecuada, ya

que los pastos comúnmente utilizados muestran baja relación energía:proteína (Barahona y Sánchez 2005) y limitada disponibilidad durante la época seca (Barahona *et al.* 2003). Por su parte, en el trópico de altura las gramíneas son de mayor valor nutricional (proteína, digestibilidad) que las de trópico bajo (Sossa *et al.* 2011; 2012), aunque pueden tener excesos de proteína, por lo cual es interesante suplementar con fuentes energéticas. En general, es necesario identificar alternativas para mejorar los rendimientos productivos y económicos de la ganadería de carne, alcanzar nuevos mercados y aumentar el consumo de carne de buena calidad en el mercado colombiano. Esto generaría mayor competitividad para el productor ganadero y beneficios para la economía del país asociadas con mayores ingresos por la venta de carne (Gaviria *et al.* 2012).

Por otra parte, es necesario identificar nichos apropiados para la producción de carne, siendo el trópico de altura una opción que se debe considerar. Sin importar el propósito de la actividad ganadera, la estrategia alimenticia empleada debe ofrecer una relación energía:proteína adecuada para optimizar la utilización de nutrientes, siendo necesario utilizar suplementaciones estratégicas ajustadas a los requerimientos de los animales. El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento productivo de novillos pastoreando en praderas de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en condiciones de trópico de altura, con o sin suplementación energética.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

La evaluación se realizó en una finca de FRIGOCOLANTA ubicada en Santa Rosa de Osos, Antioquia (latitud 6,613015,

longitud -74.438933), a 2587 msnm, con una temperatura promedio de 13°C y en una zona de vida de bmh-MB (bosque muy húmedo montano bajo) según la clasificación de Holdridge (Espinal 1991).

Grupos de animales y manejo alimenticio

En la evaluación se incluyeron 18 novillos castrados con cruces de las razas Angus, Holstein, Limousin y Brahman, en su mayoría. Usando peso y composición racial como criterios, los animales fueron asignados a uno de dos grupos experimentales. Los animales del primer grupo (con suplemento, CS) presentaron un peso inicial de 316 ± 37.0 kg y, además de pastorear en praderas de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), recibieron durante todo el período experimental 0.55 kg/animal/día de un suplemento energético compuesto por 51% maíz, 12% melaza y 37% sebo, elaborado en la planta de concentrados de FRIGOCOLANTA y cuyo contenido nutricional se muestra en la Tabla 1. Este suplemento se ofreció en comederos móviles individuales en el lugar de pastoreo de los animales, siempre a la misma hora del día (mañana). Esta labor la realizaron tres personas, con el fin asegurar que el consumo se realizara de manera individual, sin interferencia entre animales. Los animales del segundo grupo (sin suplemento, SS) tenían un peso inicial de 322.8 ± 27.8 kg y, durante la evaluación, solamente tuvieron acceso a praderas de *P. clandestinum*. Los animales fueron pesados cuatro veces durante el periodo experimental en los días 0, 29, 65 y 115. El pesaje fue realizado en horas de la mañana previo ayuno de los animales (entre 6 y 7 horas de ayuno), para lo cual los animales fueron encerrados en un corral disponible en la finca.

Ambos grupos se encontraban pastoreando en un sistema rotacional por franjas de *P. clandestinum*. Durante el período experimental (122 días) se realizaron tres aforos de entrada y salida (en los días 1, 45 y 90), para lo cual se utilizó la técnica de doble muestreo descrita por Haydock y Shaw (1975). Con estos datos se calculó la eficiencia en el uso de la pradera:

Eficiencia = $100 \times \text{consumo estimado de MS por animal} / \text{oferta de MS por animal}$

Las praderas se fertilizaron con desechos líquidos obtenidos de la planta de beneficio de FRIGOCOLANTA, presentaron entre 45 y 50 días de descanso y períodos de ocupación de un *día*. Los animales CS pastoreaban en 2.5 ha y los SS en 3.2 ha. Esta diferencia en el área de pastoreo entre los dos grupos obedeció a que aforos previos mostraron mayor productividad forrajera en el lote aleatoriamente asignado a los animales CS.

Formulación del suplemento utilizado

Con el propósito de formular un suplemento alimenticio se estimaron, mediante el modelo CNCPS versión 5.0 (Fox *et al.* 2003), los requerimientos nutricionales de los animales y su consumo de nutrientes a partir de praderas de pasto kikuyo. Para esto, antes del inicio del ensayo, se obtuvieron muestras de *P. clandestinum* que permitieron conocer el valor nutricional de este forraje. Con esta información se realizó una simulación que permitió estimar la composición del suplemento a ofrecer para complementar los nutrientes consumidos a partir de la pradera. Dicha simulación mostró que la disponibilidad de energía es el factor dietario más limitante en este sistema, por lo que se diseñó un suplemento energético compuesto de maíz, melaza y grasa animal, materias primas seleccionadas por contenido de energía

degradable, su disponibilidad y costo al momento de realizar el experimento. Este suplemento se incorporó a la dieta de los animales CS durante los 122 días que duró la evaluación realizada.

Antes de iniciar el estudio, se realizó una evaluación de la respuesta productiva de los animales, aprovechando que estos se encontraban ya en predios de FRIGOCOLANTA. Esta evaluación permitió establecer sus ganancias de peso y escoger aquellos animales a incluir en el estudio, buscando obtener dos grupos homogéneos.

Caracterización nutricional de la dieta ofrecida

Tres muestras de 2 kg de forrajes, recolectadas durante los aforos, fueron secadas en una estufa de aire forzado a 60°C por 48 horas y luego molidas en un molino Romer con criba de 1 mm. Dichas muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Análisis Químico y Bromatológico de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, por contenido de humedad y otras materias volátiles (termo gravimétrico a 103°C basado en el método 6496, ISO 1999), proteína cruda (PC) (Kjeldahl, NTC 4657, ICONTEC 1999), fibra en detergente neutro (FDN) (método 2002.04, AOAC 2005c; Van Soest y Wine 1967), fibra en detergente ácido (FDA) (método 973.18, AOAC 2005b; Van Soest 1963; Van Soest y Wine 1968), lignina (KMnO_4 ; Van Soest 1963), grasa bruta (extracción Soxhlet, basado en NTC 668, ICONTEC 1973), cenizas (incineración directa, método 942.05, AOAC 2005a), proteína insoluble en detergente ácido (PIDA) y proteína insoluble en detergente neutro (PIDN) (métodos de FDN, FDA y Kjeldahl), azúcares totales y fósforo (espectrofotometría UV-VIS basado en NTC 4981, ICONTEC 2001), almidón

(polarimetría), calcio (espectrofotometría de absorción atómica, basado en NTC 5151, ICONTEC 2003), valor calorífico bruto (calorimetría, basado en el método 9831, ISO 1998) y digestibilidad *in vitro* de la materia seca-DIVMS (celulosa).

Análisis estadístico

Las ganancias de peso de cada animal fueron analizadas mediante el procedimiento de regresión lineal en el programa SAS (2001), a fin de estimar la ganancia diaria de peso (GDP). Los cambios en peso vivo fueron analizados por medio del procedimiento PROC GLM de SAS (2001) utilizando el peso inicial como covariable siguiendo el diseño completamente al azar: $y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_i$, donde: μ = promedio general, α = efecto del tratamiento y ϵ = error experimental. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Duncan a un nivel de significancia de 0.05. Los datos de producción forrajera se analizaron mediante el modelo $y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_i$, donde: μ = promedio general; α = efecto del tratamiento y ϵ = error experimental. Se realizó un análisis económico para las condiciones específicas de la finca, teniendo en cuenta los costos de producción del pasto por ha⁻¹año y considerando el mismo manejo de las pasturas para ambos grupos.

RESULTADOS

Calidad nutricional del pasto y del suplemento

Basado en los criterios del NRC (2000), el pasto kikuyo se caracterizó por su alto contenido de PC (20.6%), un contenido intermedio de FDN (57.15%) y bajo contenido de azúcares solubles, siendo su contenido de energía (2.31 Mcal de EM/kg de MS) su mayor limitante nutricional

(Tabla 1). En la formulación del suplemento utilizado se consideraron los aportes nutricionales que recibían los animales a partir de *P. clandestinum* y las características tanto de animales como del ambiente, con lo que el suplemento generado se caracterizó por presentar alto contenido de energía y bajo contenido de proteína (Tabla 1).

Estimación de los requerimientos nutricionales mediante el modelo CNCPS

En la Tabla 2 se muestra el balance nutricional estimado mediante el modelo CNCPS para los animales pastoreando en praderas de *P. clandestinum* antes de iniciar la evaluación. Bajo dichas condiciones, el consumo estimado de materia seca sería de unos 6 kg/animal/día con una ganancia diaria estimada en 360 g/animal. En esta dieta, la gran limitante a la producción es la disponibilidad de energía, estimándose mediante CNCPS una disponibilidad de solamente 3,47 Mcal de EM (energía metabolizable) para la ganancia de peso.

Al contrario de la disponibilidad de energía, en una dieta basada solamente en pasto kikuyo para animales de ceba, existe un exceso de proteína (Tabla 2). Se estimó que al incluir 550 gramos de un suplemento de maíz, melaza, sebo (51%; 12%; 37%, respectivamente) se podrían alcanzar ganancias de peso hasta de 720 gr/animal/día, aunque no se reduciría en gran medida el exceso de proteína en la dieta como tampoco el gasto energético necesario para eliminar el exceso de N absorbido (Tabla 3). Al analizar la información presentada en las Tablas 2 y 3, debe recordarse que esta simulación se realizó antes del inicio de las actividades de campo y que el período experimental se calculó para evaluar el impacto de dicha suplementación.

TABLA 1. Composición nutricional (base seca) del pasto kikuyo (*P. clandestinum*) y del suplemento ofrecido.

	¹ <i>P. clandestinum</i>	*Suplemento
Proteína Cruda – PC (%)	20.60	6.35
Fibra en detergente neutro - FDN (%)	57.15	14.78
Fibra en detergente ácido- FDA (%)	30.30	3.07
Lignina (%)	3.65	1.30
Grasa bruta (%)	2.80	26.06
Cenizas (%)	11.48	3.46
Proteína insoluble en detergente ácido - PIDA (%)	1.20	ND
Proteína insoluble en detergente neutro - PIDN (%)	5.15	ND
Azúcares totales (%)	4.69	ND
Calcio (%)	0.34	0.27
Fósforo (%)	0.25	0.24
Valor calorífico bruto (cal/g)	4446	4968
DIVMS (%)	-	71.93

ND = no determinado dentro del análisis bromatológico.

TABLA 2. Balance nutricional estimado con el modelo CNCPS para animales de 320 kg de peso pastoreando en praderas de *P. clandestinum* antes del inicio del experimento.

Ítem	EM (Mcal)	PM (g)	Ca (g)	P (g)	K (g)
Mantenimiento	10,39	270	10	8	0
Ganancia de peso	3,47	118	8	4	0
Requerimiento neto	13,86	388	18	11	36
Total requerido	13,86	388	18	11	36
Total Suplido	13,86	672	6	17	107
Balance	0	285	2	6	83

Abreviaturas: EM = energía metabolizable, PM = proteína metabolizable, Ca = calcio, P = fósforo y K = potasio.

TABLA 3. Consumo de materia seca estimado por el modelo CNCPS para animales de 320 kg de peso pastoreando en praderas de *P. clandestinum* antes del inicio del experimento.

Ítem	SS	CS
Consumo de materia seca, (Kg/d)	6,00	6,80
Ganancia permitida por energía metabolizable, (Kg/d)	0,36	0,72
Costo de excreción de urea, (Mcal/d)	0,60	0,53
Exceso de nitrógeno excretado, (gr/d)	107	95

TABLA 4. Evaluación de la disponibilidad forrajera y su utilización en los dos lotes de pastoreo evaluados dentro de este estudio.

Ítem	Día 0	Día 45	Día 90	Promedio
Grupo sin suplementación				
Oferta de forraje verde, kg/m ²	1,73	1,79	1,67	1,73b
Área de pastoreo, m ² /grupo/día	640	640	640	640
Oferta de forraje MS, kg/an/día	24,60	25,46	23,75	24,60b
Consumo esperado de MS, kg/an/día*	6,46	7,27	7,63	7,12
Eficiencia del uso de la pradera, %	26,24	28,57	32,14	28,94
Grupo con suplementación				
Oferta de forraje verde, kg/m ²	2,65	2,47	2,83	2,65a
Área de pastoreo, m ² /grupo/día	500	500	500	500
Oferta de forraje MS, kg/an/día	29,44	27,44	31,44	29,44a
Consumo esperado de MS, kg/an/día*	6,32	7,28	7,63	7,07
Eficiencia del uso de la pradera, %	21,46	26,52	24,25	24,03

MS= Materia Seca; an= animales.

a,b Valores entre los dos grupos de pastoreo correspondientes a cada categoría (ítem) con letra diferente son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

* Calculado como el dos por ciento del peso vivo de los animales.

Uso del suelo y desempeño productivo

En la Tabla 4 se muestra la disponibilidad de forraje y utilización estimada de la pradera calculados a partir de los aforos de entrada y salida realizados durante el período experimental. En lo referente a la oferta de forraje verde por m², el lote de los animales suplementados tuvo mayor oferta que el de los animales sin suplemento ($P < 0.05$). Así, aunque los animales sin suplemento pastorearon en una franja diaria 1,28 veces mayor que la de los animales con suplemento, la oferta de MS (kg por animal por día) fue en promedio 1.19 veces mayor para los animales con suplemento ($P < 0.05$). Aun así, en ambos grupos, la

cantidad diaria de forraje ofertado animal día superó los requerimientos de consumo de MS de los animales. Esto se muestra en el cálculo de eficiencia de uso de la pradera, que en ambos lotes fue muy baja, nunca superando el 33% y sin mostrar diferencias estadísticas entre los dos lotes de pastoreo (Tabla 4).

La curva de ganancia de peso no mostró diferencias entre los dos grupos de pastoreo (Figura 1), aunque los animales suplementados mostraron mayor GDP durante los primeros 65 días de evaluación, pero esa respuesta no perduró a lo largo de la prueba. La GDP promedio durante el período de evaluación fue 646 y 608 gramos para los animales CS y SS, respectivamente.

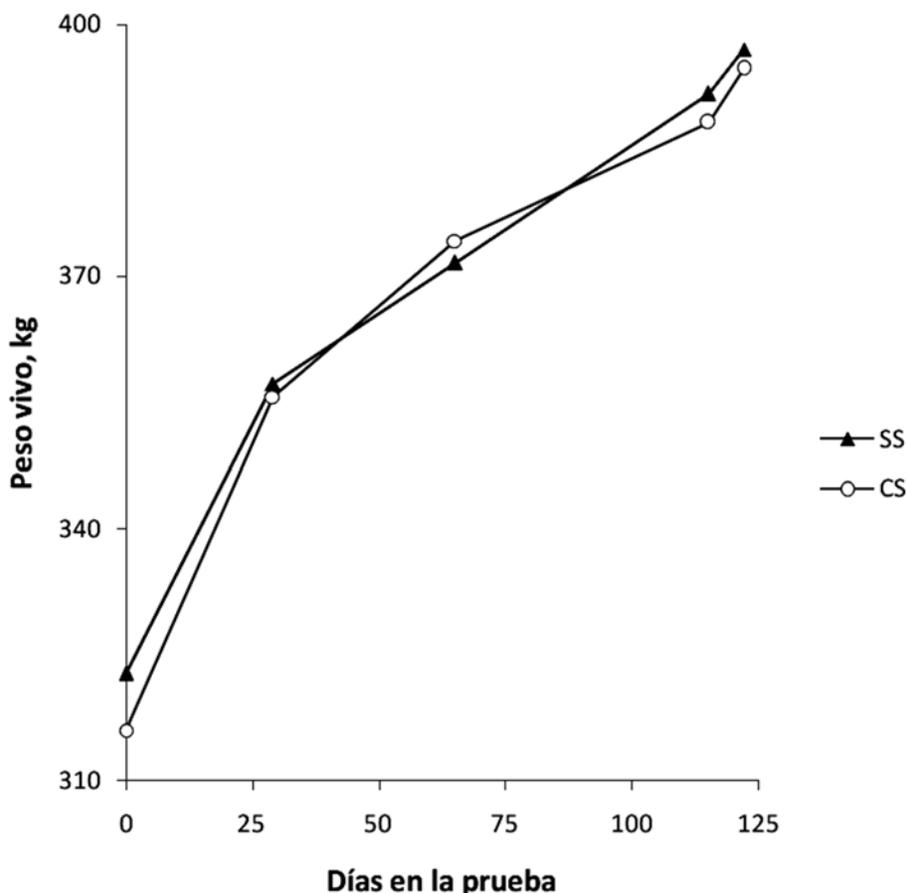


FIGURA 1. Curva de ganancia de peso de animales pastoreando en una pradera de *P. clandestinum* con (CS) y sin (SS) suplementación energética a lo largo de un período de evaluación de 122 días.

En la Tabla 5 se muestra el comportamiento productivo de los animales en ambos grupos de alimentación. Aunque no hubo diferencias en la ganancia de peso entre los animales de los dos grupos experimentales la utilización del suplemento y el uso de franjas de pastoreo más ajustadas a la oferta forrajera de los lotes, permitió mejorar los parámetros de productividad del sistema. Así, en el grupo con suplementación, la producción de

carne por ha fue 1,36 veces la observada con el grupo de solo pastoreo. El peso inicial no tuvo efecto significativo sobre la GDP ($P = 0.8371$).

La Tabla 6 muestra el balance económico parcial para los dos grupos de animales del estudio. Aunque los animales del grupo CS tuvieron un mayor costo de producción (\$524.319 más), la ganancia total (\$ ha⁻¹ año⁻¹) de este grupo fue 1.4 veces mayor que la del grupo SS.

TABLA 5. Desempeño productivo de animales pastoreando en una pradera de *P. clandestinum* con (CS) y sin (SS) suplementación energética a lo largo de un período de evaluación de 122 días.

Ítem	CS	SS
Área dedicada al pastoreo, hectáreas	2.50	3.20
Carga, animales por hectárea	3.60	2.81
Carga máxima, kg de biomasa animal por ha	1421	1095
Días de la prueba	122	122
Ganancia, kg por animal en 122 días	78.78	74.22
Desviación estándar	9.54	14.73
Coefficiente de variación	12.11	19.84
Ganancia total por grupo, kg en 122 días	709.0	668.0
Ganancia de peso, kg/ha en 122 días	283.6	208.8
Ganancia de peso, kg/ha/año	848.5	624.5

CS: suplementados; SS: sin suplemento.

TABLA 6. Balance económico parcial de dos grupos de novillos pastoreando en una pradera de *P. clandestinum* con (CS) y sin (SS) suplementación energética a lo largo de un período de evaluación de 122 días.

Ítem	CS	SS
Costos de suplementación, \$ ha ⁻¹ año ⁻¹	524.319	0
Costo de los forrajes, \$ ha ⁻¹ año ⁻¹	1.437.500	1.437.500
Costo total, \$ ha ⁻¹ año ⁻¹	1.961.819	1.437.500
Venta de carne, \$ ha ⁻¹ año ⁻¹	2.630.257	1.912.886
Ganancia total, \$ ha ⁻¹ año ⁻¹	668.438	475.386

DISCUSIÓN

Contenido nutricional del pasto kikuyo

La calidad nutricional del pasto ofertado a los animales de los dos grupos evaluados (CS y SS), mostró un alto contenido de PC y niveles intermedios de la FDN (NRC, 2000), indicando que la disponibilidad de energía es el mayor limitante del *P. clandestinum* para la producción animal.

Similares contenidos de nutrientes han sido reportados en varios estudios, entre estos el de Correa *et al.* (2008a) y Naranjo (2002). Es claro que el contenido de PC varía de acuerdo al manejo de las praderas, sobre todo como respuesta a la fertilización nitrogenada (Carulla 1999, Rodríguez 1999). Según la literatura, los contenidos de FDN del pasto kikuyo oscilan entre 58.08 y 67.52%, los de FDA

entre 26.77 y 31.96% y los de PC entre 15.70 y 24.65% (Barrientos y Vásquez 2005; Bolívar y Sánchez 2005; Escobar y Hernández 2001; Galindo y Giraldo 2003; Sánchez 2008). Así, el contenido nutricional reportado en este estudio para pasto kikuyo se encuentra entre los rangos reportados en la literatura.

Según Correa *et al.* (2008b), *P. clandestinum* Hoechst Ex Chiov., es la gramínea más utilizada en los sistemas de lechería especializada en la zona andina de Colombia. Por su parte, tanto Bernal (1991) como Estrada (2002) la consideran la gramínea más común y mejor adaptada a nuestras zonas de trópico alto. Según Bernal (1991), el pasto kikuyo es un forraje de buena calidad, principalmente cuando está en suelos bien aireados y se le fertiliza adecuadamente.

Por el contrario, Correa *et al.* (2008 a; b) consideran que el pasto kikuyo posee varias limitantes nutricionales, las cuales no sólo afectan la producción de vacas lecheras, sino la calidad composicional de la leche producida. Entre éstas se destacan sus altos contenidos (% de la MS) de proteína cruda (PC: 20 ± 3.26), de nitrógeno no proteico ($> 90\%$ de la fracción soluble de la PC), potasio (3.69 ± 0.77) y fibra en detergente neutro (58.1 ± 3.91), así como sus bajos contenidos de carbohidratos no estructurales (13.4 ± 2.51). Por su parte, Bernal (1991) reportó que *P. clandestinum*, como otros pastos de trópico alto, presenta altas cantidades de proteína (18-24%) y que gran parte de ésta es degradada en el rumen y excretada como urea en la orina, lo que obedece a la alta proporción de proteína degradable en rumen. En consecuencia, cabría esperar grandes pérdidas de amonio y nitrógeno a través de la orina y las heces, lo que tiene grandes implicaciones ambientales. Además de aumentar

las ganancias de peso, cabría esperar que al incluir una suplementación de carácter energético en animales pastoreando en *P. clandestinum*, existan además mejoras a nivel ambiental, las cuales pueden verse representadas en disminuciones en la excreción de nitrógeno.

En lo que se refiere a contenido de energía, Dugmore (1998) reportó que el contenido de EM del *P. clandestinum* crecido en Sudáfrica osciló entre 2.1 y 2.2 Mcal, valores más altos que el reportado por Gaitán y Pabón (2003) (1.91 Mcal/kg de MS). En el presente estudio, se estimó un contenido de EM de 2.31 Mcal/Kg de MS para el *P. clandestinum*, EM que aunque baja, es mayor a las reportadas por estos autores. Por esta razón, el suplemento fue formulado para proporcionar energía y una baja cantidad de proteína.

Respuesta productiva de los animales

Requerimientos nutricionales

Los requerimientos nutricionales estimados al inicio del experimento, cuando los animales se encontraban consumiendo solamente *P. clandestinum* (peso de 320 kg y GDP 360 g/día), son similares a los requerimientos nutricionales estimados por el NRC (2000) para el crecimiento y acabado del ganado de carne. Animales entre 350 y 400 kg de peso vivo requieren diariamente para su mantenimiento entre 6.23 y 6.83 Mcal de EN, 307 y 340 g de PM, 11 y 12 g de calcio y 8 y 10 g de fósforo. Para alcanzar ganancias de peso de 0,5 kg/día, estos animales requieren diariamente consumos adicionales de 1.93 y 2.14 Mcal de EN, 157 y 145 g de PM, 11 y 10 g de calcio y 4 g de fósforo.

El uso del CNCPS permite estimar los requerimientos de nutrientes de animales en diferentes estados fisiológicos y

sujetos a diferentes planos de nutrición, permitiendo entonces determinar sus necesidades alimenticias (Fox *et al.* 2003) y es también una herramienta útil diseñar y analizar experimentos de campo con mayor valor agregado en cuanto a la calidad y cantidad de información que proporcionan (Arreaza 2004).

Ganancia de peso

En general, ambos grupos evaluados mostraron mayor producción de carne, representada en la GDP, comparada contra el promedio nacional colombiano y contra el promedio de grandes productores de carne de Suramérica como Brasil y Argentina (350, 450 y 550 g/día, respectivamente; FEDEGAN 2006). Bajo condiciones del trópico bajo en Colombia, Cajas *et al.* (2011) y Naranjo *et al.* (2012) reportaron GDP (g/animal/día) de 250, 250, 517 y 836 para praderas tradicionales, praderas mejoradas, un sistema silvopastoril intensivo en Antioquia y otro en Cesar, respectivamente. Es importante recordar que la mayoría de los sistemas de producción de carne bovina se encuentran ubicados el trópico bajo colombiano, siendo en su mayoría sistemas extensivos caracterizados por la presencia de praderas de baja producción anual de biomasa y baja calidad nutricional, lo que se traduce en bajas ganancias de peso. La GDP observada en este estudio (646 y 608 g/día para los grupos CS y SS, respectivamente), sugiere que el trópico de altura puede ser una región para realizar cebas más rápidas, disminuyendo las edades al sacrificio.

Aunque en el presente estudio la suplementación no estuvo asociada con una mayor ganancia de peso individual, si lo estuvo con la ganancia de peso por hectárea. Debe recordarse que la oferta de suplemento siempre fue constante

y no consideró el aumento de peso los animales. En el análisis de estos resultados hay que considerar un posible factor de confusión debido a diferencias en oferta forrajera entre lotes de pastoreo, aunque recordando también que la oferta forrajera fue en todos los casos muy superior a los requerimiento de los novillos.

Respuesta productiva de la pradera

La disponibilidad de biomasa que presentaron las praderas de *P. clandestinum* para ambos grupos (CS y SS) fue alta, lo cual favorece la selección de forraje pero a su vez incrementa el desperdicio del mismo. Así, en ambos grupos de pastoreo, la eficiencia del uso de la pradera fue muy baja (CS: 24.03 % y SS: 28.94 %). Giraldo (1996) reportó una disponibilidad alta de pasto kikuyo en los potreros, con un promedio de 39.58 kg de MS/vaca y un aprovechamiento del forraje de 43.45%, corroborando lo observado en este estudio. Por su parte, en Costa Rica se reportó una utilización de pasto kikuyo del 31.95%, con bajos consumos diarios de pasto (4.07 kg de MS vaca⁻¹) y alto consumo de suplementos (9.6 kg de MS vaca⁻¹) (Villalobos *et al.* 2013).

Respuesta productiva económica

El análisis económico realizado mostró los mayores ingresos brutos ha⁻¹año⁻¹ para el grupo de animales CS, aunque estos presentaron mayores costos de producción que el grupo de animales SS. Con los resultados obtenidos, se demuestra que con solo el pasto kikuyo es posible alcanzar altas producciones de carne ha⁻¹año⁻¹. Sin embargo, dadas sus limitaciones nutricionales, el ofrecer un suplemento alimenticio diseñado específicamente para estas condiciones, puede permitir obtener mayores ganancias de peso, obtenien-

do mayor productividad y rentabilidad $\text{ha}^{-1}\text{año}^{-1}$.

CONCLUSIONES

En este experimento se observó que animales pastoreando *P. clandestinum* en trópico de altura reciben una alta oferta de proteína. Aunque se obtuvieron aumentos en productividad en respuesta a la suplementación energética, estos no fueron tan altos como se anticipaba. Sin embargo, la suplementación energética estuvo asociada con un aumento de 37.5%. Además, el grupo de animales suplementados presentó ganancias de peso más homogéneas que los animales sin suplementación, lo cual es una gran ventaja desde el punto de vista de uniformidad y acceso a mercados exigentes.

Es necesario adelantar estudios adicionales para identificar tanto el nivel de inclusión como la fuente energética adecuada para mejorar la relación energía proteína en bovinos de carne pastoreando en praderas de *P. clandestinum*. También se debe identificar el biotipo animal con mejor adaptación a estos sistemas de producción, puesto que el trópico de altura presenta bondades para realizar una ceba de novillos, asociada a mayor calidad nutricional de sus pasturas que las de trópico bajo. Finalmente, aunque en el presente estudio se demostró que la producción de carne por ha es mayor que el promedio nacional, permitiendo llegar a un menor tiempo de sacrificio de los animales, futuros estudios deben considerar lo relacionado con la calidad de carne, que depende de diversos factores como el biotipo animal y también evaluar los costos de producción de cada kg de carne producida bajo el modelo tecnológico escogido.

REFERENCIAS

- [AOAC] Association Of Analytical Communities. 2005a. Official Method 942.05: Determination of Ash in Animal Feed. In: Official Methods of Analysis of AOAC International. AOAC International Gaithersburg, MD.
- [AOAC] Association Of Analytical Communities. 2005b. Official Method 973.18: Fiber (Acid Detergent) and Lignin (H_2SO_4) in animal feed. In: Official Methods of Analysis of AOAC International. AOAC International Gaithersburg, MD.
- [AOAC] Association Of Analytical Communities. 2005c. Official Method 2002-04. Amylase-Treated Neutral Detergent Fiber in Feeds. In: Official Methods of Analysis of AOAC International. AOAC International Gaithersburg, MD.
- Arreaza LC. 2004. Utilización del sistema CNCPS como herramienta de soporte para la investigación en forrajes tropicales. En: Primera Reunión de la Red Temática de Recursos Forrajeros, CORPOICA, C. I. Tibaitatá, Cundinamarca, Junio, 2004 [Internet]. Disponible en: <http://tiesmexico.cals.cornell.edu/courses/shortcourse2/minisite/herramienta.htm>.
- Barahona R, Theodorou M, Lascano CE, Owen E, Narvaez N. 2003. *In vitro* degradability of mature and immature leaves of tropical forage legumes differing in condensed tannin and non-starch polysaccharide content and composition. J. Sci. Food Agric. 83 (12): 1256 – 1266.
- Barahona-Rosales R, Sánchez-Pinzón M. 2005. Limitaciones físicas y químicas de la digestibilidad de pastos tropicales y estrategias para aumentarla. CORPOICA Cienc. Technol. Agropecu. 6 (1): 69–82.
- Barrientos-Rivera I, Vásquez-Mejía SM. 2005. Comparación de la cinética fermentativa del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) utilizando la técnica *in vitro* de la producción de gas y la técnica *in vivo* de la bolsa de nailon. [Tesis de pregrado]. [Medellín, Colombia] Universidad Nacional de Colombia.
- Bernal J. 1991. Pastos y forrajes tropicales. Producción y manejo. Unidad de Divulgación y Prensa. Banco Ganadero. 2a Ed. Bogotá, Colombia. 544 p.
- Bolívar P, Sánchez J. 2005. Determinación de la cinética fermentativa *in vitro* de diferentes

- recursos forrajeros para rumiantes. [Tesis de pregrado]. [Medellín, Colombia] Universidad Nacional de Colombia.
- Cajas S, Cuesta P, Martínez J, Arreaza L, Barahona R. 2011. Implementación de estrategias tecnológicas para mejorar la productividad y sostenibilidad de sistemas de doble propósito en las sabanas de la Región Caribe colombiana. *Rev. Col. Cienc. Pec.* 24 (3): 495.
- Carulla JE. 1999. Efectos de la fertilización nitrogenada sobre la proteína del forraje; En: Simposio Internacional sobre la Proteína en la Leche, Medellín. 7 p.
- Correa HJ, Pabón ML, Carulla JE. 2008a. Valor nutricional del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov.) para la producción de leche en Colombia (Una revisión): I - Composición química y digestibilidad ruminal y posruminal. *Lives. Res. Rural Develop.* 20(4): Article # 59.
- Correa HJ, Pabón ML, Carulla JE. 2008b. Valor nutricional del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov.) para la producción de leche en Colombia (Una revisión): II. Contenido de energía, consumo, producción y eficiencia nutricional. *Lives. Res. Rural Develop.* 20(4): Article # 61.
- [DANE] Departamento Nacional de Estadística. 2011. Cuentas nacionales. Departamento Administrativo Nacional de Estadística [Internet]. Disponible en: <http://www.dane.gov.co/index.php/pib-cuentas-nacionales/cuentas-anales>.
- Dugmore TJ. 1998. Energy and mineral content of kikuyu. En: Bartholomew PE (Ed.), *Proceedings of a Kikuyu Technology Day, KwaZulu-Natal, Department of Agriculture, Directorate of Technology Development and Training*: 16–18.
- Escobar BF, Hernández-Velásquez RL. 2002. Efecto de la sombra arbórea sobre hábitos de pastoreo y consumo en bovinos en Santa Helena y Cauca (Antioquia). [Tesis de pregrado]. [Medellín, Colombia] Universidad Nacional de Colombia.
- Espinal LS. 1991. Geografía ecológica de Antioquia. Zonas de vida. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 146 p.
- Estrada J. 2002. Pastos y forrajes para el trópico colombiano. Manizales, Universidad de Caldas Primera edición. 202 p.
- (FAO) Food and Agriculture Organization. 2009. El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2009. FAO. Roma. Pág. 185.
- [FAOSTAT] Food and Agriculture Organization of The United Nations. 2013. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Statistics Division. Disponible en: <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QA/E>.
- [FEDEGAN] Federación Colombiana de Ganaderos. 2006. Plan estratégico de la ganadería colombiana 2019 por una ganadería moderna y solidaria. Bogotá, Colombia: Sanmartín Obregón & Cía. Primera edición. 291 p.
- Fox DG, Tylutki TP, Tedeschi LO, Van Amburgh ME, Chase LE, Pell AN, Overton TR, Russell JB. 2003. The net carbohydrate and protein system for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. Department of Animal Science, Cornell University. Animal Science Mimeo 213.
- Gaitán S, Pabón JD. 2003. Evaluación energética y proteica de los forrajes utilizados en un hato lechero del oriente antioqueño según el NRC 2001. [Tesis de pregrado]. [Medellín, Colombia] Universidad Nacional de Colombia.
- Galindo W, Giraldo LA. 2003. Acacia negra (*Acacia decurrens*). En: Manejo Sostenible de los Sistemas Ganaderos Andinos. Medellín: Apotema pp 89-120.
- Gaviria X, Sossa CP, Montoya C, Chara J, Lopera JJ, Córdoba CP, Barahona R. 2012. Producción de Carne Bovina en Sistemas Silvopastoriles Intensivos en el Trópico Bajo Colombiano. En: VII Congreso Latinoamericano De Sistemas Agroforestales Para La Producción Animal Sostenible, Brasil.
- Giraldo LA. 1996. Manejo y utilización sostenible de pasturas. Medellín: Centro de Publicaciones, Universidad Nacional 3 ed. 387 p.
- Haydock KP, Shaw NH. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pastures. *Aust. J. Exp. Agric. and Anim. Husb.* 15: 663-670.
- [ICONTEC] Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. 1973. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, (ICONTEC). Alimentos y materias primas. NTC 668: Determinación de los contenidos de grasa y fibra cruda.
- [ICONTEC] Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. 1999. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, (ICONTEC). Alimentos para animales. NTC 4657: Determinación del contenido de nitrógeno y cálculo del contenido de proteína cruda. Método Kjeldahl.

- [ICONTEC] Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. 2001. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, (ICONTEC). Alimentos para animales. NTC 4981: Determinación del contenido de fosforo.
- [ICONTEC] Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. 2003. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, (ICONTEC). Alimento para animales. NTC 5151: Determinación de los contenidos de calcio, cobre, hierro, magnesio, manganeso, potasio, sodio y zinc. Método usando espectrometría de absorción atómica.
- [ISO] The International Organization for Standardization. 1998. Animal feeding stuffs, animal products, and faeces or urine - 9831. Determination of gross calorific value - Bomb calorimeter method.
- [ISO] The International Organization for Standardization). 1999. Animal feeding stuffs - 6496. Determination of moisture and other volatile matter content.
- Naranjo H. 2002 Evaluación nutricional del pasto kikuyo a diferentes edades de corte; Despertar Lechero (Colombia). 20: 149 – 167.
- Naranjo JF, Cuartas C, Murgueitio E, Chará J, Barahona R. 2012. Balance de gases de efecto invernadero en sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala* en Colombia. Lives. Res. Rural Dev. 24 [Internet] [Citado 2012, Agosto 10]. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd24/8/nara24150.htm>
- [NCR] National Research Council. 2000. National Research Council (NRC), 2000. Nutrient Requirements of Beef Cattle, seventh revised edition. National Academy Press, Washington, USA.
- Sánchez GJ. 2008. El Pasto Kikuyo y su aporte a la Nutrición de Vacas Lecheras. VI Seminario Internacional Competitividad en Carne y Leche Medellín: Colanta. pp. 137-155.
- Rodríguez D. 1999. Caracterización de la respuesta a la fertilización en producción y calidad forrajera en los valles de Chiquinquirá y Simijaca (Estudio de caso); Trabajo de grado. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Carrera de Zootecnia. 105 p. SAS. 2001.
- [SAS] SAS Institute Inc. 2001. Systems Software Version 8 for Windows. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Sossa CP, Bolívar DM, Berrío S, Barahona R. 2012. Evaluación *in vitro* de la cinética fermentativa y digestibilidad de nutrientes y su relación con la producción de carne *in vivo* de novillos en pastoreo en trópico de altura con o sin suplementación energética. Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín 65 (sup 1): p.1–2.
- Sossa CP, Velilla C, Berrío S, Barahona R. 2011. Comparación del consumo y digestibilidad de nutrientes y de la producción de carne de novillos en pastoreo en trópico de altura con o sin suplementación energética. Rev. Col. Cienc. Pec. 24 (3): 468-468.
- Van Soest PJ, Wine RH. 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feed. IV the determination of plant cell wall constituents. J. Assoc. Official Anal. Chem. 50: 50
- Van Soest PJ, Wine RH. 1968. Determination of lignin and cellulose in acid detergent fibre with permanganate. J. Assoc. Official Anal. Chem. 51: 780.
- Van Soest PJ. 1963. Use of detergents in the analysis of fibrous feed. II A rapid method for the determination of fiber and lignin. J. Assoc. Official Anal. Chem. 46 (5): 829.
- Villalobos L, Arce J, WingChing R. 2013. Producción de biomasa y costos de producción de pastos estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*), kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) y ryegrass perenne (*Lolium perenne*) en lecherías de Costa Rica. Agron. Costarricense 37(2): 91-103.

Article citation:

Sossa CP, Barahona R. 2015. Comportamiento productivo de novillos pastoreando en trópico de altura con y sin suplementación energética [Productive performance of steers grazing in highland tropics with and without energy supplementation]. Rev Med Vet Zoot. 62(1):67-80.
<http://dx.doi.org/10.15446/rfmvz.v62n1.49386>