

CAMBIO DE PESO DE TORETES EN PASTOREO EN EL TROPICO: RESPUESTA A SUPLEMENTACION CON BLOQUE MULTINUTRICIONAL

Live-weight change in grazing steers in the tropics: response to multi-nutritional block supplementation

H Mijares-López, O Hernández-Mendo ✉, G Mendoza-Martínez, L Vargas-Villamil, E Aranda-Ibáñez

(HML)(OHM) Programa de Ganadería. Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Km 36.5 Carretera México-Texcoco. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. C.P. 56230. ohmendo@colpos.mx

(GMM) Departamento de Producción Agrícola y Animal. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco

(LVV)(EAI) Ganadería Tropical. Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco

Artículo recibido: 27 de mayo de 2008, **aceptado:** 29 de marzo de 2012

RESUMEN. El objetivo de este estudio fue evaluar la respuesta en cambio de peso vivo de toretes pastoreando estrella africana (*Cynodon plectostachyus*) y suplementados con bloque multinutricional en condiciones tropicales mexicanas, durante 90 d. Se utilizaron 30 toretes con peso inicial promedio de 360 ± 30 kg, alojados en tres grupos de 10, asignados aleatoriamente a los tratamientos: 1) pastoreo+bloque multinutricional, 2) pastoreo+suplemento tradicional y 3) pastoreo solo, en un diseño completamente al azar. El pastoreo rotacional tuvo tres días de ocupación y 27 d de descanso. El forraje ofrecido promedio fue 5 312 kg materia seca (MS) ha^{-1} ; proteína cruda (PC), 6.8%; fibra detergente neutro (FDN), 74.0%; fibra detergente ácido (FDA), 51.9%; y digestibilidad in situ 38.5%. El consumo total de materia seca fue mayor ($p < 0.01$) en tratamiento tres (14.4 kg MS $\text{animal}^{-1} \text{d}^{-1}$) comparado con los tratamientos uno y dos (10.7 kg y 13.4 kg MS $\text{animal}^{-1} \text{d}^{-1}$, respectivamente). Contrario a lo esperado, la ganancia diaria de peso fue similar ($p > 0.05$) entre tratamientos, promediando 0.43 kg $\text{animal}^{-1} \text{d}^{-1}$. Este comportamiento fue debido principalmente a que el bloque multinutricional no incrementó la tasa de degradación del forraje ni la producción de ácidos grasos volátiles (AGVs) en el rumen. Bajo las condiciones del presente estudio, suplementar con bloque multinutricional a toretes en pastoreo, no representó ningún beneficio.

Palabras clave: Pastoreo, consumo, cambio peso vivo.

ABSTRACT. The objective of this study was to evaluate the response, through live-weight change, of steers grazing on African star grass (*Cynodon plectostachyus*), to supplementation with multi-nutritional block during 90 days, under tropical conditions in Mexico. Thirty steers, with an average initial weight of 360 ± 30 kg, were used. They were placed in three groups of 10 animals and randomly assigned the treatments: 1) grazing+multi-nutritional block, 2) grazing+traditional supplement and 3) only grazing, in a completely random design. The rotational grazing system had three days of occupation and 27 days of rest. The average forage that was provided had 5,312 kg dry matter (MS) ha^{-1} with 6.8% of crude protein, FDN 74.0%, FDA 51.9%, and in situ digestibility 38.5%. The total intake of dry matter was greater ($p < 0.01$) in treatment three (14.4 kg MS $\text{animal}^{-1} \text{d}^{-1}$) compared with treatments one and two (10.7 kg and 13.4 kg MS $\text{animal}^{-1} \text{d}^{-1}$, respectively). Against what was expected, the daily live-weight gain was similar ($p > 0.05$) among treatments, averaging 0.43 kg $\text{animal}^{-1} \text{d}^{-1}$. This response was mainly due to the fact that the multi-nutritional block did not increase the decomposition rate of the forage or the production of volatile fatty acids in the rumen. Under the conditions of this study, supplementing grazing steers with multi-nutritional block did not represent any benefit.

Key words: Grazing, intake, live-weight change.

INTRODUCCIÓN

La producción de carne en pastoreo es de gran importancia, debido a los bajos costos de producción que ello representa. Particularmente la zona tropical de México, con amplia gama de especies forrajeras, representa 33 % de la superficie nacional y contribuye en gran medida a la producción de carne nacional (Meléndez *et al.* 2000). Sin embargo, existe la desventaja de la baja disponibilidad y calidad nutricional de forraje en determinadas épocas del año, principalmente en época seca y de “nortes”, reflejándose en baja producción animal. La variabilidad en la disponibilidad de forraje a través del año, trae como consecuencia inestabilidad en la producción animal en pastoreo, haciéndola ineficiente (Barros *et al.* 2003). Ante esta problemática, es necesario buscar alternativas de suplementación para satisfacer las necesidades del animal, tanto en cantidad como en calidad. Estudios por Soto & Garmendia (1997) y García (1998) sugieren que toretes en pastoreo consumen de 10 kg a 13 kg de MS animal⁻¹ d⁻¹; sin embargo, no necesariamente cubre la demanda nutricional del animal (Soto & Garmendia 1997), debido a la baja calidad de los forrajes.

En particular, la mayoría de las deficiencias nutricionales de las especies forrajeras del trópico son debidas al bajo contenido de proteína cruda y al desbalance mineral (Aranda *et al.* 2001). El primero es factible resolverlo con la adición de leguminosas en la dieta del ganado dado su alto contenido de proteína (Pérez *et al.* 2001). Sin embargo, el segundo no es posible corregirlo en la mayoría de las veces con esta adición, ya que los requerimientos de los principales minerales (Ca 42 g d⁻¹, P 22.6 g d⁻¹ Mg 10.8 g d⁻¹ y K 70.2 g d⁻¹) por el ganado bovino en pastoreo, especialmente en estado de crecimiento, superan a la concentración de minerales disponible en las plantas (Botacio & Garmendia 1995). Esto provoca que no se lleven a cabo los procesos metabólicos de los animales eficientemente, ocasionando un bajo desempeño productivo. Consecuentemente, se hace necesaria una suplementación mineral que corrija estas deficiencias (Zanetti *et al.* 2000). Se ha reportado que la adición de minerales a la dieta de animales en pastoreo, incrementa

las ganancias de peso de 10 a 15 %, incrementando así el ingreso económico para el productor (Araque *et al.* 2000; Zanetti *et al.* 2000). Una forma tradicional y comercial de suministrar los suplementos minerales a animales en pastoreo es a través de los llamados bloques multi-nutricionales, cuya presentación y contenido nutrimental no ha sido el idóneo para obtener los mayores consumos por los animales ni cubrir sus requerimientos diarios de minerales (Araque *et al.* 2000). Productos nuevos han cambiado su presentación en el mercado con el objetivo de una mejor utilización del mismo, como lo son los bloques multi-nutricionales envasados en tinas, además de una mejor composición del bloque que teóricamente permite cubrir los requerimientos de minerales y consecuentemente, mejores ganancias de peso de los animales. Además de lo anterior, existen factores que pueden modificar los resultados esperados con la suplementación y que no son estudiados regularmente. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del bloque multi-nutricional presentado en tina en el consumo de materia seca y los cambios de peso vivo de toretes pastoreando Estrella de África en condiciones del trópico mexicano, así como los principales factores que determinan su comportamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue realizado en el municipio de Cárdenas, Tabasco, México, del 1 de septiembre al 30 de noviembre de 2003, con un periodo previo de adaptación de 14 d. La precipitación, temperatura y humedad relativa promedio de la zona es 1 869 mm, 26.2 °C y 80 %, respectivamente (García 1987).

Se utilizaron 30 toretes *Bos taurus* x *Bos indicus* con peso vivo inicial promedio de 360 ± 30 kg, divididos en tres grupos de 10 animales. Cada grupo se asignó aleatoriamente a uno de tres tratamientos: 1) Pastoreo+bloque multinutricional, 2) Pastoreo+suplemento tradicional, y 3) Pastoreo solo (Testigo). En el último tercio del periodo experimental, un animal fue extraído del tratamiento 3 debido a que fue herido severamente. Los grupos de animales fueron alojados en potreros separados

por cerco eléctrico fijo, con libre acceso a agua y sal común. Se utilizaron 11.6 ha de pradera de pasto estrella de África, *C. plectostachyus*, en su mayoría, dividida en tres potreros de 3.74 ha cada uno, los cuales fueron sub-divididos a su vez en 10 franjas cada uno. El pastoreo fue manejado rotacionalmente, con 3 d de ocupación y 27 d de descanso. A los 45 d del periodo experimental se realizó el control manual de malezas.

El bloque multinutricional cuya composición química se presenta en la Tabla 1, consistió en un bloque sólido, con peso inicial de 29 kg, envasado en tina de plástico de aproximadamente 50 cm de diámetro y 20 cm de alto, y se ofreció a libre acceso al respectivo grupo de animales, durante todo el periodo experimental. Cada bloque se pesó diariamente a las 09:00 h aproximadamente, con el propósito de determinar el consumo diario por grupo. El suplemento tradicional (Tabla 1) estuvo constituido de pollinaza, melaza y sulfato de amonio en 49 %, 49 % y 2 %, respectivamente, ofreciendo 2 kg animal⁻¹ d⁻¹, durante todo el experimento de 08:00 a 09:00 h aproximadamente. Se pesó el suplemento rechazado para determinar el consumo del concentrado por grupo.

El consumo individual del suplemento tradicional y bloque multinutricional se estimó mediante un estudio de conducta ingestiva a los 35 d de iniciado el experimento, durante 10 d consecutivos, de las 05:00 a 22:00 h, anotando cada 10 min el tiempo dedicado por animal a consumir cada suplemento. Posteriormente, con los datos de consumo por grupo de ambos suplementos y con el promedio diario invertido por animal en consumir los respectivos suplementos, se determinó el consumo individual.

En el Laboratorio de Nutrición Animal del Colegio de Postgraduados México se determinó forraje ofrecido semanalmente, tomando 10 muestras de 200g aproximadamente en cada franja de pastoreo en cada ocasión, utilizando cuadros de 0.25 m² y realizando cortes manuales a 5 cm del suelo aproximadamente. Las muestras de forraje fueron secadas en una estufa de aire forzado a 60 °C durante 48 h, se molieron en un molino Willey con maya de 1 mm, y fueron guardadas para su posterior análisis químico, junto con muestras de los

suplementos utilizados. Para el análisis químico, las muestras fueron agrupadas por mes. Se determinó el porcentaje de materia seca (MS), proteína cruda (PC) (AOAC 1990), fibra detergente neutro (FDN) y ácido (FDA) (Van Soest *et al.* 1991), cenizas insolubles en ácido (CIA) (Keulen & Young 1977), y digestibilidad in situ (Mehrez & Ørskov 1977). Para esto último, se utilizaron 5 g de muestra tanto de forraje como de los suplementos, que fueron introducidos en bolsas de poliseda de 7x20 cm, las cuales se incubaron por duplicado en un toro canulado en rumen a 3, 6, 12, 24, 48 y 72 h. Después de retirar las bolsas, se lavaron con agua corriente, se secaron y se pesaron, para así obtener la proporción del forraje degradado. La digestibilidad se calculó utilizando la fórmula propuesta por Mehrez & Ørskov (1977).

$$\text{DIMS} = 100 - [(\text{MSR}/\text{MSO}) * 100]$$

Donde: MSR, Materia seca residual, g; MSO, Materia seca original, g. El consumo de MS de forraje se estimó mediante la técnica de los marcadores: óxido de cromo (Cr₂O₃) como marcador externo y cenizas insolubles en ácido (CIA) como marcador interno (Geerken *et al.* 1987). Para ello, a partir de los 45 d del experimento se proporcionó 5 g de óxido de cromo por animal durante 14 d consecutivos. En los últimos cuatro días de dicho periodo se colectaron muestras de heces directamente del recto y posteriormente se formó una sola muestra de las cuatro obtenidas por animal para determinar la concentración de Cr₂O₃ y CIA. Las muestras de heces obtenidas se secaron en una estufa de aire forzado a 60 °C hasta alcanzar peso constante, se molieron en un molino Willey con una maya de 1 mm. El contenido de CIA se determinó mediante la metodología desarrollada por Keulen & Young (1977) y la concentración de Cr₂O₃ en heces se determinó en un espectrofotómetro de absorción atómica utilizando la técnica de Williams *et al.* (1962).

La producción de materia seca fecal se calculó mediante la fórmula descrita por Church (1988).

$$\text{Materia fecal (kg MS d}^{-1}\text{)} =$$

Tabla 1. Composición química del bloque multinutricional y suplemento tradicional. (* Análisis químico realizado en el laboratorio de Nutrición Animal, Colegio de Postgraduados, México).
Table 1. Chemical composition of the multi-nutritional block and traditional supplement. (*Chemical analyses were carried out in the Animal Nutrition Lab, Colegio de Postgraduados, Mexico).

Componente* (%)	Contenido	Componente (ppm)	Contenido
Bloque multinutricional*			
Materia seca	82.9	Cobalto	5
Proteína cruda	22.3	Cobre	250
FDN	18	Yodo	11
FDA	10	Manganeso	900
Cenizas insolubles en ácido	3.1	Selenio	4.2
Grasa cruda	4.8	Zinc	720
Calcio	2.19		
Fósforo	2.08		
Magnesio	0.8		
Potasio	3.5		
Suplemento tradicional*			
MS	80.3		
PC	16.4		
FDN	49		
FDA	29.8		
Cenizas insolubles en ácido	1.7		

Dosis del marcador (g d⁻¹)

Concentración del marcador en heces (g kg⁻¹ MS)

El consumo de forraje (kg MS d⁻¹) para cada animal se estimó utilizando la fórmula descrita por Geerken *et al.* (1987).

$$\text{Consumo de MS (kg d}^{-1}\text{)} = \frac{[(\text{CIA})_H * \text{PF}] - [(\text{CIA})_S * C]}{[\text{CIA}]_P}$$

Donde: CIA_H, concentración de cenizas insolubles en ácido (CIA) en heces; CIA_S, concentración de CIA en suplemento; CIA_P, concentración de CIA en pasto; PF, producción fecal, kg; C, consumo de MS del suplemento, kg.

El peso vivo se registró pesando los animales cada 30 d durante tres días consecutivos durante el periodo experimental, a las 07:00 h aproximadamente. Con los pesajes se obtuvo el cambio diario de peso individual, mediante la diferencia entre el peso final e inicial dividido entre el número de días transcurridos del inicio a final del experimento. El comportamiento en las ganancias de peso de los animales fue analizado mediante un modelo dinámico mecanístico para bovinos en el trópico. Este modelo consistió en desarrollar un sistema de ecuaciones diferenciales, basado en la modificación no publicada

del modelo Wakax (Ku, 2000). El modelo está compuesto por tres submodelos: a) de digestión ruminal, b) de digestión post-ruminal y c) de aumento de peso. El submodelo con mayor grado de resolución es de digestión ruminal, el cual se diseñó tomando como base el submodelo de crecimiento bacteriano Turix (Vargas-Villamil, *et al.* 2004) que describe los procesos que dan lugar a la formación de biomasa a partir de la descripción de la degradación de los alimentos. El modelo determina el crecimiento animal en base a la descripción matemática de los procesos digestivos que tienen lugar en el animal.

Los resultados del experimento fueron analizados utilizando un diseño completamente al azar (Steel & Torrie 1996), mediante el análisis de varianza, utilizando el procedimiento GLM del programa SAS versión 6.12 (SAS 1997). La unidad experimental fue cada uno de los diez animales por tratamiento, considerándose cada uno como una repetición. La comparación de medias se realizó utilizando la prueba de Tukey. El peso inicial se utilizó como covariable.

Tabla 2. Forraje de pasto estrella africana ofrecido (kg MS ha⁻¹) a toretes en pastoreo. (¹ pastoreo + bloque multinutricional, ² pastoreo+suplemento tradicional, ³ pastoreo solo, ⁴ Error estándar).

Table 2. African star grass forage provided (kg MS ha⁻¹) to grazing steers. (¹ grazing+multi-nutritional block, ² grazing+traditional supplement, ³ only grazing, ⁴ standard error).

Periodo	Tratamiento		
	T1 ¹	T2 ²	T3 ³
Inicio (30 d)	8 318 (2 74) ⁴	5 392 (2 98)	6 781 (200)
Mediados (31 d)	5 522 (1 07)	3 380 (84)	4 147 (1 24)
Final (30 d)	6 620 (1 46)	3 564 (71)	4 062 (1 49)
Promedio	6 820	4 112	4 997

RESULTADOS

En la Tabla 2, se presentan los resultados promedio del forraje ofrecido, el cual osciló entre 3 380 kg y 8 318 kg ha⁻¹ a través del periodo experimental, cantidades que se sitúan en el rango promedio para la misma especie, época del año y región. Es pertinente mencionar que el forraje en oferta disminuyó de inicio a mediados del periodo experimental; posteriormente los cambios fueron poco notables.

El contenido promedio de PC del pasto estrella fue de 6.8 %, con 74 y 51.9 % de FDN y FDA, digestibilidad in situ de la MS, de 36.6, 38.8 y 40.1 %, para los tratamientos uno, dos y tres, respectivamente. La digestibilidad del bloque multinutricional y suplemento tradicional fue de 85.5 y 89.7 respectivamente, con un contenido de PC de 22.3 y 16.4 % respectivamente.

El consumo de materia seca del suplemento tradicional, bloque multinutricional, forraje y consumo total, se presentan en la Tabla 3. Los animales consumieron un promedio de 0.32 kg animal⁻¹ d⁻¹ del bloque multinutricional. Es importante señalar que el consumo del bloque multinutricional varió a lo largo del periodo experimental. En las primeras dos semanas del experimento, los animales consumieron un máximo de 0.5 kg animal⁻¹ d⁻¹, atribuido a que los animales habían permanecido largo tiempo sin acceso a minerales, desarrollando así un deseo de ingestión mineral tan pronto se les ofreció, hasta saciar su apetito. A partir de la tercera semana el consumo del bloque multinutricional decreció paulatinamente hasta el final del experimento.

El consumo promedio del suplemento tradi-

cional fue 1.56 kg animal⁻¹ d⁻¹, cercano a los 2 kg animal⁻¹ d⁻¹ fijado como base de tratamiento. Esta respuesta pudo estar limitada por posibles niveles elevados de toxinas de la pollinaza que es uno de los ingredientes que componían el suplemento tradicional, que aunque no se midió, es un factor que afecta las características del suplemento que se manifestaban en el sabor, olor y tiene efectos postingestivos negativos.

El consumo promedio de materia seca de forraje fue mayor en el tratamiento tres, promediando 14.49 kg MS animal⁻¹ d⁻¹, el cual es 27.8 % mayor ($p < 0.01$) al tratamiento uno, pero similar ($p > 0.05$) al tratamiento dos. En tanto que, los tratamientos uno y dos no presentaron diferencias significativas entre ellos.

El consumo total de MS del grupo de animales del tratamiento tres fue 25.6 % mayor ($p < 0.01$) al del tratamiento uno y similar al del tratamiento dos. Este comportamiento fue consecuencia del mayor ($p < 0.01$) consumo de MS de forraje que presentaron los animales de este tratamiento.

Los resultados de las ganancias de peso se muestran en la Tabla 4, encontrándose que no hubo diferencias estadísticas entre tratamientos, con un promedio general de 435.3 kg animal⁻¹ d⁻¹. El suplemento tradicional tampoco mejoró las ganancias de peso, respuesta atribuible a que los animales solo consumieron 1.56 kg animal⁻¹ d⁻¹, de los 2 kg animal⁻¹ d⁻¹ ofrecidos. Este comportamiento se debió posiblemente a causa de que hubo alta cantidad de forraje ofrecido en el mismo periodo, que dio oportunidad a los animales de consumir suficiente cantidad de MS de forraje para cubrir sus requere-

Tabla 3. Consumo de materia seca (kg MS animal⁻¹ d⁻¹) por toretes en pastoreo. (¹ pastoreo + bloque multinutricional, ² pastoreo+suplemento tradicional, ³ pastoreo solo, ⁴ Error estándar; ab = Medias en la misma hileras con distinta literal son diferentes p < 0.01).

Table 3. Dry matter intake (kg MS animal⁻¹ d⁻¹) by grazing steers. (¹ grazing+multinutritional block, ² grazing+traditional supplement, ³ only grazing, ⁴ standard error; ab = means on the same line with different letters are different, p < 0.01).

Variable	Tratamiento		
	T1 ¹	T2 ²	T3 ³
Suplemento	0.32 (0.019)	1.56 (0.050)	0.0 (0.0)
Forraje	10.46 ^b (0.298)	11.91 ^{ab} (0.239)	14.49 ^a (0.282)
Total	10.78 ^a (0.293)	13.47 ^{ab} (0.253)	14.49 ^a (0.282)

rimientos nutricionales (Tabla 2). A mediados del experimento, la ganancia diaria de peso se redujo, a consecuencia de la disminución en el forraje ofrecido que se presentó en el mismo periodo, afectado a su vez por la disminución de la precipitación pluvial. Al final del experimento, las ganancias diarias de peso se redujeron aun más, a excepción del tratamiento tres, debido a que en ese tratamiento las ganancias de peso ya habían sido altamente reducidas desde mediados del experimento.

De acuerdo al consumo de MS de forraje estimado mediante el uso de un modelo matemático (Tabla 5), y la composición química del bloque multinutricional y forraje, el aporte fue de PC 730 g d⁻¹, Ca 51 g d⁻¹, P 26.8 g d⁻¹, Mg 20.5 g d⁻¹, K 172.2 g d⁻¹, Co 0.96 mg d⁻¹, Cu 96 mg d⁻¹, I 4.8 mg d⁻¹, Mn 384 mg d⁻¹, Se 2.1 mg d⁻¹, Zn 299 mg d⁻¹.

DISCUSIÓN

El bajo contenido de PC del pasto estrella encontrado en este estudio, comparado con lo obtenido por Hernández (1995), quien reportó valores de 7.6% a 9.4% con la misma especie en la misma época, se debió a la alta proporción de material muerto en el forraje, debido a su avanzado estado de madurez fisiológica (Barros *et al.* 2003). Van Soest (1994) sugirió un contenido mínimo de 7% de PC en los pastos tropicales para cubrir los requerimientos de los microorganismos del rumen. Esto indica que el contenido de PC del forraje utilizado en el presente experimento no cubrió el mínimo necesario, a pesar que la FDN estuvo dentro del rango recomen-

dado por Van Soest (1994) para pastos tropicales, y que la FDA fue mayor al reportado por Hernández (1995) en la misma época, afectando negativamente la ganancia de peso de los animales. Resultados similares encontraron Meléndez *et al.* (2000) para la misma especie, época del año y región. El forraje ofrecido en este experimento fue suficiente, ya que según Ibarra & Gutiérrez (2005), el valor crítico para bovinos en crecimiento pastoreando zacate estrella en clima tropical es de 2 000 kg MS ha⁻¹, considerando las condiciones de lluvia y horas luz que propician el crecimiento del forraje (Enríquez *et al.* 1999).

La baja densidad de oferta de los bloques multinutricionales, es decir, el bajo número de bloques distribuidos en los potreros, contribuyó a su bajo consumo (Combellas 1994; McCoy *et al.* 1994), en relación a 0.94 kg animal⁻¹ d⁻¹ reportado por Obispo & Chicco (1993). En nuestro caso solo hubo dos bloques en cada potrero, lo cual implicó una baja oportunidad de los animales de consumir el bloque. Además, las altas temperaturas durante el periodo experimental también influyó (Araque *et al.* 2000), ya que ocasionó que los animales permanecieran la mayor parte del día bajo la sombra, sin consumir alimento alguno. A partir de la tercera semana los animales estabilizaron su apetito deprimido de minerales debido a los altos consumos de bloque multinutricional presentados al inicio del experimento (Early & Provenza 1998; Burns *et al.* 2001). Adicionalmente, la época en que se desarrolló el presente experimento, implicó que el bajo consumo del bloque multinutricional estuvo afectado por la al-

Tabla 4. Ganancia diaria de peso (kg animal⁻¹ d⁻¹) de toretes pastoreando estrella africana. (¹ pastoreo + bloque multinutricional, ² pastoreo+suplemento tradicional, ³ pastoreo, ⁴ Error estándar; a= Medias en la misma hilera con la misma literal son iguales p > 0.05).

Table 4. Daily weight gain (kg animal⁻¹ d⁻¹) of steers grazing African star grass. (¹ grazing+multi-nutritional block, ² grazing+traditional supplement, ³ only grazing, ⁴ standard error; a = means on the same line with the same letter are equal, p > 0.05).

Periodo	Tratamiento		
	T1 ¹	T2 ²	T3 ³
Inicio (30 d)	0.785 ^a (0.016)	1.035 ^a (0.096)	0.831 ^a (0.089)
Mediados (31 d)	0.361 ^a (0.033)	0.321 ^a (0.065)	0.190 ^a (0.090)
Final (30 d)	0.066 ^a (0.041)	0.136 ^a (0.061)	0.224 ^a (0.029)
Promedio	0.400 ^a	0.493 ^a	0.413 ^a

ta disponibilidad y oferta de forraje, que permitió a los animales seleccionar forraje de mejor calidad. Se ha sugerido que en épocas de sequía, la respuesta a la suplementación podría ser mejor, cuando la disponibilidad y concentración de nutrimentos son restringidos (Barros *et al.* 2003; Reyes *et al.* 2008). Esta respuesta es atribuible también debida al aporte total de elementos nutricionales, que en nuestro experimento, el bloque multinutricional estuvo constituido por un menor porcentaje de PC (22.3 %), P (2.08 %) y Ca (2.19 %), comparado con 54 %, 5.3 % y 5.2 %, respectivamente, reportado por Obispo & Chicco (1993).

El alto consumo de MS de forraje de los animales bajo solo pastoreo se atribuye que al no recibir ningún otro tipo de suplemento diferente a la sal común, tuvieron que consumir mayor cantidad de forraje para cubrir sus requerimientos nutricionales (García 1998; Aguilar *et al.* 2000). Aunado a esto, se tiene que en dicho tratamiento se utilizó 10 % menor carga animal que en los tratamientos bajo suplementación, debido a que al final del experimento un animal fue eliminado del grupo, ya que fue severamente lastimado. Dado que los potreros y franjas de pastoreo eran fijas, no fue posible ajustar la superficie, consecuentemente llevó a una asignación de forraje mayor para este grupo de animales, y por lo tanto una mayor oportunidad de selectividad de forraje y consumo del mismo. Mientras tanto, aquellos animales que recibieron suplementación, disminuyeron el consumo de MS de forraje debido a efectos sustitutivos del suplemento por el forraje (Aguilar *et al.* 2000), especialmente si consideramos

el bajo contenido de PC del pasto estrella, que está abajo de lo recomendado (Van Soest 1994; NRC 1996).

Las ganancias diarias de peso obtenidas al inicio del experimento fueron mayores que las reportadas por Meléndez *et al.* (2000) y Barros *et al.* (2003), quienes reportaron un promedio anual de 0.39 kg y 0.17 kg animal⁻¹ d⁻¹, respectivamente. Sin embargo, hacia el final del periodo experimental, hubo disminución en la ganancia de peso, atribuible a una disminución de la calidad del forraje ofrecido, como consecuencia de un incremento en la proporción de material muerto en la pradera. Este comportamiento coincide con investigaciones similares donde se ha encontrado que las ganancias de peso son mayores durante el inicio de la época de nortes que al final de la misma época (Hernández 1995).

El hecho que el bloque multinutricional no generó mejores ganancias de peso que los animales de solo pastoreo, puede ser explicado por el bajo consumo del mismo, así como al bajo consumo de MS total para el mismo tratamiento, limitando así la obtención de nutrimentos a los animales (Pulido & Leaver 2000). Otro factor que restringió las ganancias de peso de los animales estudiados fue su edad, peso y estado fisiológico (Barros *et al.* 2003). En este caso, los animales en experimentación cuya edad aproximada fue dos años y con peso promedio de 388 kg a la mitad del experimento (45 d) se encontraban en fase de finalización, generando que no tuvieran la misma eficiencia en ganancia de peso comparado con animales en iniciación o crecimiento (Reyes *et al.*, 2008). Por lo tanto, a pesar de haber

Tabla 5. Velocidad de los procesos encontrados en el tracto digestivo con un modelo mecanístico. (¹ pastoreo + bloque multinutricional, ² pastoreo+suplemento tradicional, ³ pastoreo, MS = Materia seca; PV = Peso vivo; AGV = Ácidos grasos volátiles).

Table 5. Speed of the processes found in the digestive tract by a mechanistic model. (¹ grazing+multi-nutritional block, ² grazing+traditional supplement, ³ only grazing, MS = dry matter, PV = live-weight, AGV = volatile fatty acids).

Periodo	Tratamiento		
	T1 ¹	T2 ²	T3 ³
Variables simuladas:			
Consumo de forraje (g MS kg ⁻¹ PV)	28	31	38
Rumen (g)			
Producción de biomasa	828	1 351	1 162
Producción de AGV	1 296	1 800	1 764
Absorción de AGV	1 080	1 771	1 524
Producción de gas	624	984	912
Producción (g d⁻¹)			
Aumento de peso	197	543	694
Aumento en proteína	42	65	59
Aumento en grasa	155	479	636

sido suplementados los animales en estudio, estos no tuvieron un aprovechamiento eficiente de los nutrientes obtenidos, limitando así el efecto positivo de la suplementación en las ganancias de peso (Pulido & Leaver 2000). En contraste, el grupo de animales bajo solo pastoreo, mostró similares ganancias de peso a los animales suplementados debido a la superioridad que presentó este tratamiento en consumo de MS de forraje y en tiempo dedicado a pastoreo ($p < 0.01$), consecuentemente, estos animales tuvieron oportunidad de consumir mayor cantidad de nutrientes (Pulido & Leaver 2000; Lindstroöm 2000).

Se esperaba que la suplementación con bloque multinutricional mejorara las ganancias de peso de los animales, debido a que estos tuvieron un aporte diario de minerales en la dieta. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas en ganancias de peso entre tratamientos. De acuerdo a los resultados (Tabla 5) del modelo utilizado, es evidente que existió déficit de algunos nutrientes, principalmente de PC, Co, I, Mn, Se y Zn, importantes para que los diferentes procesos fisiológicos en el animal se lleven a cabo de manera eficiente, como lo es incrementar la digestibilidad de la fibra, incrementar la formación de productos procedentes de la fermentación anaeróbica de los substratos, ta-

les como proteína microbiana, CO² y principalmente AGVs (Van Houtert 1993); así como también algunas otras funciones de los minerales como ser componentes de los compuestos buffer, cuya función es mantener un pH entre 6 y 7 en el rumen para prolongar la actividad de las enzimas que degradan la fibra (Tamminga 1993; Chilibroste, 2002), contribuyendo a mejorar la producción animal. Sin embargo, en el presente estudio no hubo efecto positivo en las ganancias de peso, consecuencia del bajo contenido de algunos nutrientes del bloque multinutricional que representaban un papel fundamental en los procesos metabólicos.

La tasa de degradación del forraje ajustados de acuerdo a Ørskov & McDonald (1970) muestra que el tratamiento uno fue 54.2% y 46.6% menor a los tratamientos dos y tres, respectivamente. En tanto que la tasa de degradación del bloque multinutricional fue 51.1% superior al suplemento tradicional. Los valores de la degradación del forraje y suplementos encontrados en el presente estudio, se obtuvieron utilizando animales fistulados que recibieron una dieta a base de forraje y sin suplementación. De acuerdo al modelo matemático, la producción y absorción de AGVs y la producción de biomasa (proteína microbiana + CO²) procedente de la fermentación en rumen, fue inferior para el trata-

miento uno (Tabla 5). Lo que supone que si se hubiera determinado la tasa de degradación del forraje (Ørskov & McDonald 1970) utilizando animales fistulados que consumieran el bloque, probablemente se hubiera incrementado dicha tasa de degradación y la producción de AGVs. Algunos reportes indican que la tasa de degradación del forraje y la producción de AGVs se incrementan de un 20 % a 30 % por efecto de la suplementación con bloques multinutricionales, debido al mayor aporte de nutrimentos a los microorganismos ruminales (Dijkstra *et al.* 1998; Araque *et al.* 2000), lo cual representaría un incremento de las ganancias de peso del 16 %. Sin embargo, el hecho de no encontrar mejores ganancias de peso en nuestro experimento supone que no se presentó dicho aumento en producción de AGVs ni en la tasa de degradación del forraje, lo que es un indicativo adicional para suponer que dicho bloque no aportó suficientes nutrimentos a los animales en estudio, y consecuentemente las ganancias diarias de peso fueron reducidas.

En base a las predicciones utilizando el modelo, se esperaría que un incremento en la proporción AGVs:biomasa producidos en rumen de 50:50 % a 90:10 % por ejemplo, representaría un incremento en la ganancia de peso de 137 %, por lo que, partiendo de que la ganancia promedio de los animales en el presente experimento fue de $0.400 \text{ kg animal}^{-1} \text{ d}^{-1}$, ello equivaldría a ganancias diarias de peso de $1.09 \text{ kg animal}^{-1} \text{ d}^{-1}$. Tomando en cuenta que si la proporción de AGVs es menor, entonces la ganancia de peso esperada disminuiría. Además, con un incremento en la tasa fraccionaria de degradación del forraje (degradación del forraje a través del tiempo) del 0.016 a 0.050 % se esperaría un incremento en la ganancia diaria de peso del 212 %, representando

una ganancia de $1.6 \text{ kg animal}^{-1} \text{ d}^{-1}$. Este efecto se presentaría si la suplementación con bloque multinutricional proporcionara la cantidad de nutrientes requeridos por los animales. Es pertinente hacer mención que esta respuesta se daría hasta un cierto nivel, hasta llegar a una fase estática. Esto nos indica que si estos dos procesos se llevan a cabo paralelamente, es indudable que el animal expresaría su potencial y por tanto, las ganancias de peso incrementarían. Sin embargo, al no encontrar efecto en las ganancias de peso, es posible confirmar que el contenido de proteína y minerales, y consumo del bloque multinutricional fueron escasos y no cubrieron con los requerimientos diarios que demandaron los animales en estudio.

La suplementación con bloque multinutricional no tuvo efectos positivos en las ganancias diarias de peso de toretes en pastoreo, debido al bajo aporte de proteína cruda y minerales que no cubrieron los requerimientos nutricionales de los animales, además de la baja eficiencia productiva de los animales utilizados dado a que se encontraban en fase de finalización. Es probable que en época seca, utilizando animales en crecimiento exista una mejor respuesta animal, sugiriéndose por tanto, investigar bajo tales condiciones. El modelo matemático utilizado es una herramienta útil en la explicación biológica del comportamiento en las ganancias diarias de peso. Sin embargo, es necesario realizar algunos ajustes para condiciones específicas. Se sugiere más investigación respecto a si la suplementación con bloque multinutricional incrementa o no la tasa de degradación del forraje por efecto de un mayor aporte de nutrimentos al rumen y, con ello incrementar la proporción de AGVs derivados de la fermentación de la materia seca.

LITERATURA CITADA

- Aguilar NM, Slanac AL, Balbuena O (2000) Comportamiento ingestivo en vaquillas cruza cebú en pastoreo, que reciben suplementación energético proteica. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. INTA. 5 pp.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists) (1990) Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. Vol. 1.15th Ed. Asso. Offic. Anal. Chem. Washington, D.C. pp. 69-88.
- Araque C, Arrieta G, Sandoval E (2000) Evaluación del efecto de los bloques multinutricionales con y sin implante sobre la ganancia de peso en novillos. Rev. Fac. Agron., 17: 335-341.

- Aranda IE, Mendoza MGD, García BC, Castrejón F (2001) Growth of heifers grazing stargrass complemented with sugar cane, urea and a protein supplement. Liv. Prod. Sci. 71:201-206.
- Barros MF, Núñez PI, Yoshimi WU, González NW, Evelazio SN (2003) Suplementación con sal mineral proteinada para bovinos de carne en crecimiento y finalización, pastoreando Estrella de África (*Cynodon plectostachyus*) en invierno. R. Bras. Zootec. 32: 235-245.
- Botacio R, Garmendia J (1995) Efecto de la suplementación mineral sobre el status mineral, parámetros productivos y reproductivos en bovinos a pastoreo. Facultad de ciencias veterinarias. Universidad Central de Venezuela. Maracay. 49 pp.
- Burns JC, Fisher DS, Mayland HF (2001) Preference by sheep and goats among hay of eight tall fescue cultivars. J. Anim. Sci. 79: 213-224.
- Chilibroste P (2002) Evaluación de modelos detallados de rumen para predecir disponibilidad de nutrientes en sistemas intensivos de producción de leche bajo pastoreo. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 10(3): 232-240.
- Church (1988) El rumiante. Fisiología digestiva y nutrición. Maluenda D P(trad). Editorial Acribia. Zaragoza, España. 625 pp.
- Combellas J (1994) Influencia de los bloques multinutricionales sobre la respuesta productiva de bovinos pastoreando forrajes cultivados. En: Bloques multinutricionales. I Conferencia Internacional Guanare. Venezuela. 67 pp.
- Dijkstra J, France J, Davies RD (1998) Different mathematical approaches to estimating microbial protein supply in ruminants. J. Dairy Sci. 81: 3370-3384.
- Early MD, Provenza FD (1998) Food flavour and nutritional characteristics alter dynamics of food preference in lambs. J. Anim. Sci. 76: 728-734.
- Enríquez QJF, Meléndez N F, Bolaños EDA (1999) Tecnología para la producción y manejo de forrajes tropicales en México. INIFAP Papaloapan, Veracruz, México. 262 pp.
- García E (1987) Modificaciones al sistema de clasificación climática Köpen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. 4ª. Ed. UNAM. México. pp. 65-79.
- García SI (1998) Adición de un suplemento, una sal mineral y un ionóforo a toretes en finalización en praderas en el trópico húmedo. Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 91 pp.
- Geerken CM, Calzadilla D, González R (1987) Aplicación de técnica de dos marcadores para medir el consumo de pasto y la digestibilidad de la ración de vacas en pastoreo suplementadas con concentrado. Pastos y forrajes. 10: 266-273.
- Hernández VJO (1995) Determinación de la presión de pastoreo óptima en el crecimiento y rendimiento del pasto Estrella de África (*Cynodon plectostachyus*). Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados. Montecillo México. 91pp.
- Ibarra H, Gutiérrez E (2005) Manejo de pastoreo y suplementación mineral. www.Ganadería.com.mx.
- Keulen JV, Young BA (1977) Evaluation of acid insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. J. Anim. Sci. 44: 228-287.
- Ku VJC (2000) Desarrollo de un modelo dinámico para la simulación de la producción bovina de carne en el trópico. Proyecto CONACYT 2000 (Clave 33722-B), México.
- Lindstroöm T, Redbo I (2000) Effect of feeding duration and rumen fill on behaviour in dairy cows. Applied Animal Behaviour Science. 70: 83-97.

- McCoy MA, Rice DA, Wright A, Kennedy DG (1994) Use of time-lapse video equipment to determine the efficacy of commercial magnesium block in cattle. *Veterinary Record*. 125: 209-210.
- Mehrez AZ, Ørskov ER (1977) A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *J. Agric. Sci.*, 88: 645-650.
- Meléndez NF, González MJA, Pérez PJ (2000) Manejo tecnológico del pasto Estrella Africana en el trópico. Instituto para el desarrollo de sistemas de producción del trópico húmedo de Tabasco. Villahermosa Tabasco, México 77 pp.
- NRC (National Research Council) (1996) Nutrient requirements of beef cattle. National Academy Press. Washington D.C. 242 pp.
- Obispo NE, Chicco CF (1993) Evaluación de la densidad de oferta de bloques multinutricionales en bovinos. *Zootecnia Tropical*. XI: 193-209.
- Ørskov ER, McDonald I (1970) The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci.* 92: 499-503.
- Pérez PJ, Alarcón ZB, Mendoza MGD, Bárcena GR, Hernández GA, Herrera HJG (2001) Efecto de un banco de proteína de kudzu en la ganancia de peso de toretes en pastoreo de estrella africana. *Téc Pec Méx.* 39(1): 39-52.
- Pulido R, Leaver JD (2000) Degradabilidad ruminal del forraje disponible en la pradera y del aparentemente consumido por vacas lecheras. *Pesq. Agropec. Bras.* 35: 1003-1009.
- Reyes MF, Nava G, González R (2008) Respuesta de toretes en pastoreo a la suplementación con follaje de cocoite (*Gliricidia sepium*), bloques multinutricionales y alimento comercial en el trópico húmedo de México. *Zootecnia Tropical*. 26 (3): 343-346.
- SAS Institute, Inc (1997) SAS user's guide: Statics version 6.12 Cary, North Carolina, U.S.A. 956 pp.
- Soto, EH, Garmendia JC (1997) Uso de fuente nacional de fósforo en la suplementación de novillas Brahman. *Zootecnia tropical*. 15(2): 159-175.
- Steel RGD, Torrie JH (1996) Bioestadística: Principios y procedimientos. Martínez RB (trad) 2ª ed. McGraw-Hill/Interamericana de México, S. A. México. 622 pp.
- Tamminga S (1993) Influence of feeding management on ruminant fiber digestibility. Agricultural University, Wageningen, Netherlands. pp. 571- 601.
- Van Houtert MFJ (1993) The production and metabolism of volatile fatty acids by ruminants fed roughages: A review. *Animal Feed Sci. Technol.* 43: 189-225.
- Van Soest PJ, Robertson J, Lewis B (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.
- Van Soest PJ (1994) Nutritional ecology of the ruminant. Second ed. New York: Cornell University Press, 476 pp.
- Vargas-Villamil LM, Ku-Vera JC, Vargas-Villamil FV, Medina-Peralta S (2004) Modelo para la estimación de tres parámetros ruminales biológicos. *Interciencia* 29:296-302.
- Williams CH, David DJ, Lisma O (1962) The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic spectrophotometry. *J. Agric. Sci.* 59: 381-382.
- Zanetti MA, Resende JML, Schalch F, Mohito CM (2000) Desempeño de novillos consumiendo suplemento mineral proteinado convencional o con urea. *Rev. Bras. Zootec.* 29: 935-939.

