

## Comportamiento productivo de bovinos machos en desarrollo, suplementados con minerales durante el período poco lluvioso

### Productive performance of growing male cattle, supplemented with minerals during the dry season

Belisario Antonio Roncallo-Fandiños<sup>1</sup> <http://orcid.org/0000-0002-5018-1474>, Félix Ojeda-García<sup>2</sup> <http://orcid.org/0000-0002-6770-4227> y Mildrey Soca-Pérez<sup>1</sup> <http://orcid.org/0000-0002-8962-9993>

<sup>1</sup>Centro de Investigación Motilonia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA, Colombia.

<sup>2</sup>Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas. Central España Republicana, CP 44280. Matanzas, Cuba. Correo electrónico: [baroncallo@yahoo.es](mailto:baroncallo@yahoo.es), [fojeda@ihatuey.cu](mailto:fojeda@ihatuey.cu), [mildrey@ihatuey.cu](mailto:mildrey@ihatuey.cu)

#### Resumen

**Objetivo:** Evaluar la ganancia de peso de bovinos machos en desarrollo, suplementados con minerales durante el período poco lluvioso, en un sistema rotacional con *Bothriochloa pertusa* (L.) A. Camus.

**Materiales y Métodos:** El estudio se desarrolló en las áreas de pastoreo ubicadas en el Centro de Investigaciones de Motilonia, Valle del Cesar, Colombia. Se utilizaron animales de la raza comercial Brahman. Se determinó la disponibilidad de forraje, el peso vivo, la ganancia media diaria y la composición bromatológica. Se evaluaron dos tratamientos: T1) con suplemento mineral y T2) sin suplementación mineral. Cada tratamiento dispuso de 10 animales mestizos en dos hectáreas. El diseño fue completamente al azar y la información se evaluó mediante un modelo mixto, con medidas repetidas en el tiempo mediante *Proc Mixed* del SAS®.

**Resultados:** El grupo con suplemento mineral tuvo incremento en el peso vivo de 16,3 % con respecto al que no lo recibió. Los valores fueron de 78,9 vs 66,1 kg, y la ganancia media diaria de peso fue significativa ( $p < 0,001$ ) (0,438 vs 0,367 kg animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, respectivamente). El consumo promedio diario de la sal mineral presentó variaciones significativas ( $p < 0,001$ ) entre los meses (entre 29,0 y 48,8 g animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>). Los balances nutricionales evidenciaron que el tratamiento sin minerales mostró déficit de Ca, P, Na, Cu y Zn.

**Conclusiones:** Con la utilización de un sistema rotacional de *B. pertusa* se logra que los bovinos machos en desarrollo ganen peso durante el período poco lluvioso, si se cubren sus requerimientos de materia seca. Además, si en la dieta se incorporan sales que satisfagan el déficit de minerales deficitarios (Ca, P, Na, Cu y Zn), se obtiene una respuesta superior.

**Palabras clave:** *Bothriochloa pertusa*, época, suplementación, minerales

#### Abstract

**Objective:** To evaluate the weight gain of developing male cattle, supplemented with minerals during the dry season, in a rotational system with *Bothriochloa pertusa* (L.) A. Camus.

**Materials and Methods:** The study was conducted in grazing areas located at the Motilonia Research Center, Cesar Valley, Colombia. Animals of the commercial breed Brahman were used. The forage availability, live weight, mean daily gain and bromatological composition, were determined. Two treatments were evaluated: T1) with mineral supplement and T2) without mineral supplementation. Each treatment had 10 crossbred animals in two hectares. The design was complete randomized and the information was evaluated through a mixed model, with repeated measures in time through *Proc Mixed* of SAS®.

**Results:** The group with mineral supplement had increase in live weight of 16,3 % with regards to the one that did not receive it. The values were 78,9 vs 66,1 kg, and the mean daily weight gain was significant ( $p < 0,001$ ) (0,438 vs 0,367 kg animal<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>, respectively). The daily average intake of mineral salt showed significant variations ( $p < 0,001$ ) among the months (between 29,0 and 48,8 g animal<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>). The nutritional balances proved that the treatment without minerals showed deficit of Ca, P, Na, Cu and Zn.

**Conclusions:** With the utilization of a rotational system of *B. pertusa* it is achieved that the growing male cattle gain weight during the dry season, if their dry matter requirements are covered. In addition, if salts that satisfy the deficit of missing minerals (Ca, P, Na, Cu and Zn) are incorporated in the diet, a higher response is obtained.

**Keywords:** *Bothriochloa pertusa*, season, supplementation, minerals

#### Introducción

Durante los últimos años, en Colombia se han acentuado el cambio climático, con variaciones extremas de temperatura, ocurrencia de fuertes lluvias cada

vez más frecuentes y prolongados períodos de sequía. Estas acciones meteorológicas, asociadas en gran parte a los fenómenos del niño y de la niña, han afectado el comportamiento de los ecosistemas,

Recibido: 11 de junio de 2019

Aceptado: 17 de mayo de 2021

Como citar este artículo: Roncallo-Fandiños, Belisario Antonio; Ojeda-García, Félix y Soca-Pérez, Mildrey. Comportamiento productivo de bovinos machos en desarrollo suplementados con minerales durante el período poco lluvioso. *Pastos y Forrajes*. 44:eE17, 2021.

Este es un artículo de acceso abierto distribuido en Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/> El uso, distribución o reproducción está permitido citando la fuente original y autores.

entre ellos los vinculados con la ganadería (Arteaga y Burbano, 2018).

En un diagnóstico realizado en las fincas ganaderas del Valle del Cesar durante la crianza de bovinos machos en desarrollo, alimentados únicamente con *Bothriochloa pertusa* (L.) A. Camus, se corroboró la incidencia de estas afectaciones meteorológicas, sobre todo por las limitaciones en la disponibilidad de materia seca (MS) que presentó el pasto durante el período poco lluvioso (PPLL). Además, las evaluaciones pusieron de manifiesto que, en estas circunstancias, los animales también presentaron déficits nutricionales de macrominerales y microminerales (Roncallo-Fandiño *et al.*, 2020).

Cuando en condiciones de pastoreo, las concentraciones de minerales en los pastos no satisfacen los requerimientos, ocurren restricciones en los procesos metabólicos, que reducen el desempeño productivo de los bovinos (Mijares-López *et al.*, 2012).

De acuerdo con los criterios desarrollados por Cseh (2015), uno de los problemas más graves en el manejo de los bovinos es las carencias de minerales, porque antes de que surjan manifestaciones de las deficiencias agudas, se afecta el rendimiento productivo de los animales de forma permanente. Zanetti *et al.* (2000) señalan que la corrección de estas limitaciones mediante la suplementación mineral permite incrementar las ganancias de peso entre 10 y 15 %.

El objetivo de esta investigación fue evaluar las ganancias de peso de bovinos machos en desarrollo, suplementados con minerales durante el período poco lluvioso en un sistema rotacional con *B. pertusa*.

## Materiales y Métodos

**Localización y clima.** Las investigaciones se realizaron en el Centro de Investigación Motilonia, Codazzi (Valle del Cesar, Colombia), ubicado en las coordenadas 10° 1' 58,512" N y 73° 13' 29,946" O.

Esta región se corresponde con una formación vegetal de bosque seco tropical y se ubica en una zona agroecológica, con tierras de planicies aluviales y coluvio-aluviales (Holdridge *et al.*, 1971).

Las evaluaciones se realizaron del primero de octubre del 2014 al 30 marzo del 2015. El comportamiento de

las lluvias y las temperaturas se tomó de la estación meteorológica situada en Motilonia (tabla 1).

**Características del suelo.** Los suelos de las áreas se evaluaron según las técnicas descritas en el manual de procedimiento para el análisis de suelo, agua y tejido vegetal (IGAC, 2009). Las muestras se tomaron al inicio de la investigación, entre 0 y 20 cm de profundidad. Como indicadores se determinó pH, MO, macroelementos (Ca, Mg, K, Na, P y S), microelementos (Cu, Fe, Mn Zn y B), capacidad de intercambio catiónico efectiva y conductividad eléctrica (tabla 2).

Los suelos de las áreas experimentales presentaron textura franco arcilloso-arenoso, con pH ligeramente ácido. Los contenidos de MO, Mn, S y Zn fueron bajos, con valores medios para el Mg, K, Fe, B, y altos para el P, Cu y Ca. Las concentraciones de Na se consideraron normales, lo que permitió clasificar los suelos como no salinos (McDowell, 1985).

**Tratamiento y diseño experimental.** Se evaluaron dos tratamientos: T1) pastoreo de *B. pertusa* con suplemento mineral y T2) pastoreo de *B. pertusa*, sin suplementación mineral. Para cada tratamiento se seleccionaron 10 bovinos machos en desarrollo, dispuestos en un diseño completamente al azar, que provenían de sistemas de doble propósito, con características raciales similares.

**Animales y manejo.** Los machos eran Brahman comercial, con edades entre 10 y 12 meses y peso vivo (PV) promedio de 132,4 ± 8,2 kg, para una carga inicial de 1,47 UGM ha<sup>-1</sup>. Estaban clínicamente sanos ante el examen físico, y tenían actualizado el programa de vacunación establecido en la región y el control de endoparásitos y ectoparásitos.

**Procedimiento experimental.** Cada tratamiento dispuso de dos hectáreas, subdivididas en ocho cuarteones de 2 500 m<sup>2</sup>. El ciclo de rotación fue de cuatro días de ocupación y 28 de descanso, por el método de pastoreo rotacional en línea. El peso vivo (PV) de los animales se transformó a unidades de ganado mayor por hectárea (UGM ha<sup>-1</sup>), al considerar como unidad de referencia 450 kg. En proporción con el incremento de peso, la UGM ha<sup>-1</sup> evolucionó en orden ascendente, y ratificó las acciones favorables de los minerales (tabla 3).

Tabla 1. Promedio mensual de las precipitaciones y la temperatura en el Centro de Investigación Motilonia.

Variable	Año					
	2014		2015			
	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Precipitación, mm	335,6	316,7	141,7	62,8	40,8	6,5
Temperatura, °C	28,1	28,4	28,4	29,6	30,2	31,1

Tabla 2. Caracterización de los suelos en las áreas experimentales.

Indicador	Sistema de pastoreo de <i>B. pertusa</i>	
	Sin minerales	Con minerales
	Franco arcilloso-arenoso	
pH	6,7	6,7
MO, %	1,6	1,4
P disponible, mg kg <sup>-1</sup>	74,8	73,9
S disponible, mg kg <sup>-1</sup>	1,4	2,5
Ca intercambiable, Cmol (+) kg <sup>-1</sup>	6,9	6,0
Mg intercambiable, Cmol (+) kg <sup>-1</sup>	2,6	2,2
K intercambiable, Cmol (+) kg <sup>-1</sup>	0,3	0,2
Na intercambiable, Cmol (+) kg <sup>-1</sup>	0,3	0,3
CICE, Cmol (+) kg <sup>-1</sup>	10,1	8,7
CE, dS/m	0,3	0,2
Fe disponible, mg kg <sup>-1</sup>	99,0	80,0
Cu disponible, mg kg <sup>-1</sup>	5,4	4,2
Mn disponible, mg kg <sup>-1</sup>	2,7	1,8
Zn disponible, mg kg <sup>-1</sup>	1,0	1,0
B disponible, mg kg <sup>-1</sup>	0,3	0,3

Todos los cuartones dispusieron de bebederos de 300 L con dispositivos de autollenado. Los tratamientos con suplementación mineral contaron con saladeros plásticos. En cada cuartón se instalaron estructuras de aluminio, cubiertas con redes de sombra, de 3 m de alto y base de 4 x 4 m. A partir de diciembre, se situó a la entrada de cada bloque de pastoreo un comedero techado de madera (5 m de largo, 1,5 m de ancho y 0,5 m de alto) para ofrecer heno a voluntad. No se utilizó riego ni fertilización.

La composición florística de las áreas de pastoreo se estimó por el método de los pasos, descrito por EEPFIH (1980). Esta técnica consiste en caminar por las diagonales en cada cuartón. Cada tres pasos, el observador clasificó la especie de pasto que coincidía con la punta de su zapato. Esta medición se realizó al inicio y al final del período experimental en 100 % de los cuartones. Al comienzo, los pastizales mostraron 95 % de la gramínea *B. pertusa*, 2 % de las especies

*Megathyrsus maximus* (Jacqs.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs y *Dichanthium aristatum* (Poir.) C.E. Hubb. y 3 % de despoblación. Al concluir, se registró 90 % de pureza, 1 % de especies *M. maximus* y *D. aristatum* y 9 % de despoblación.

La sal mineralizada provino de la casa comercial Solla-Itagüi, Colombia, y las concentraciones de sus componentes se verificaron en el laboratorio del ICA, en Colombia (1989). Los ingredientes certificados fueron: Ca (9 %), NaCl (55 %), P (4 %), Fe (0,04 %), Mg (0,5 %), S (0,6 %), Zn (0,7 %), Cu (0,3 %), I (0,015 %), Co (0,005 %), Se (0,0075 %) y humedad (5 %). Cuando los animales entraban en los cuartones, se les suministró 2 kg de sal en los saladeros. Al salir de los cuartones al cuarto día, se pesó lo que no consumieron para determinar el consumo del grupo por diferencia.

Al considerar los antecedentes del comportamiento climático de la región, y al prever que a partir de enero la disponibilidad de MS en los pastizales no

Tabla 3. Comportamiento de la carga durante el período.

Tratamiento	UGM ha <sup>-1</sup>		
	Inicial	Final	Promedio
Con minerales	1,5	2,3	1,9
Sin minerales	1,5	2,2	1,8

resulta suficiente para satisfacer los requerimientos de MS, desde diciembre se inició la adaptación de los animales al consumo de heno comercial de *B. pertusa* mediante una oferta a voluntad como suplemento. El suministro comenzó a razón del 3 % del PV, según el peso alcanzado por los animales en el mes anterior, y 24 h después se pesó el no utilizado para determinar el consumo por diferencia. En la primera semana, esta medición se efectuó en días alternos, con el objetivo de hallar el promedio y establecer una oferta del 15 % por encima del estimado. El cumplimiento de esta norma se verificó todas las semanas. Al finalizar cada mes, se calculó el promedio del consumo. Para compatibilizar las unidades de los consumos con las utilizadas en los forrajes, los valores del heno se transformaron a kilogramo de MS (100 kg de PV<sup>-1</sup> animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>).

*Disponibilidad de forraje.* Para estimar la disponibilidad de MS, se utilizó la metodología descrita por Martínez *et al.* (1990). Las evaluaciones se realizaron el día anterior a la entrada de los animales en los cuarterones, y los valores mensuales correspondieron al promedio de los muestreos realizados durante cada mes.

*Composición bromatológica.* Durante la determinación mensual de la disponibilidad, se tomaron muestras representativas del pasto (300 g) para estimar su calidad, simulando manualmente la selección que hace el animal en pastoreo. El contenido de MS se determinó mediante la deshidratación hasta peso constante, en una estufa de ventilación forzada a 60 °C en el laboratorio de Motilonia. Las muestras correspondientes a un mismo mes se homogenizaron y una porción representativa se envió al laboratorio de CORPOICA, en Bogotá, para determinar la composición bromatológica, según los procedimientos del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA, 1989): PB, MO, P, Ca, Mg, Na, K, S, Fe, Cu, Mn y Zn.

*Determinación del peso vivo (PV).* Los animales se pesaron individualmente, con frecuencia mensual y previo ayuno de 12 h. Se utilizó una báscula mecánica portátil, marca Prometalico®, modelo CUI 1500-E, con capacidad de 1 500 ± 0,01 kg. Se cuantificó la ganancia media diaria (GMD), expresada en kg animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, a partir de las diferencias mensuales de los PV iniciales y finales, divididas entre los días que mediaron entre un pesaje y el otro.

*Balance alimentario.* Los requerimientos nutricionales se determinaron de manera retrospectiva, a partir del PV y la GMD en cada mes. Por tratarse de animales alimentados solo con pastos, que estaban de manera permanente en las áreas de pastoreo, los

requerimientos de MS se consideraron como equivalentes a las capacidades de ingestión (CI), determinadas por el programa CALRAC®, versión 1.0 (ICA, 1996) para bovinos de carne, al igual que los requerimientos para energía metabolizable (EM), proteína bruta (PB), Ca y P. El resto de los macros y micronutrientes se estimó de acuerdo con lo establecido por el National Research Council (NRC, 2000). La EM se determinó de forma retrospectiva mediante el programa CALRAC. Antes de efectuar los cálculos del balance alimentario, se precisó si los animales tenían posibilidades de cubrir sus requerimientos de MS. Para ello, los valores de la disponibilidad de MS se transformaron en sus equivalentes en kg MS 100 kg PV<sup>-1</sup> animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>.

*Determinación del déficit de minerales.* Para definir el grado de satisfacción alcanzado, se aplicaron los criterios y procedimientos siguientes:

- Cada mes, a partir del PV y de las GMD, se determinaron los requerimientos señalados como óptimos en las tablas de la NRC (2000).
- Las cantidades de minerales tributadas por el pasto se determinaron según la MS ingerida y su composición bromatológica.
- Cuando el tratamiento incluyó sal mineralizada, a los aportes del pasto se les sumaron las cantidades adicionales de cada elemento, de acuerdo con el consumo del suplemento.
- La satisfacción o no de los requerimientos se definió al restar las cantidades aportadas con respecto a las requeridas.

*Determinación de la efectividad de inclusión de los minerales.* La efectividad de los minerales se determinó mediante el criterio propuesto por Rodríguez y Banchemo (2007). Estos autores consideran que la manera más expedita para determinar si hay déficit subclínico de minerales es mediante la cuantificación de los incrementos productivos, que se obtienen cuando los animales disponen, de manera permanente y a voluntad, de sales integrales que contengan los macro y microelementos que intervienen en las funciones fisiológicas de los bovinos.

*Análisis estadístico.* Los efectos en el comportamiento productivo de la utilización o no de la suplementación mineral en los animales, se evaluaron mediante un diseño completamente al azar. Para el análisis de los datos se utilizó un modelo mixto, con medidas repetidas en el tiempo, según el procedimiento Proc Mixed del SAS® (2013). Se probaron las estructuras de varianza-covarianza (simetría compuesta, componentes de la varianza, Toeplitz, autoregresiva de orden 1 y no estructurada) para disminuir las fuentes de variación en el error. Para

seleccionar el modelo con la matriz de varianza-covarianza de mejor ajuste a los datos, se utilizaron los criterios de información Akaike, Akaike corregido e información bayesiana, para lo que se consideró el valor más pequeño. En esta investigación, el mejor ajuste se halló en la Toeplitz. Las medias se compararon mediante la décima de rangos medios de Tukey y de Kramer, para  $p < 0,05$ . En el modelo se consideraron como efectos los tratamientos con la adición de minerales y sin ella, los meses de realización de los muestreos, y la posible interacción tratamientos por meses. Como efecto aleatorio se tuvo en cuenta los animales anidados en los meses.

### Resultados y Discusión

Hubo disminución en la disponibilidad de MS  $\text{ha}^{-1}$  rotación $^{-1}$ , desde octubre hasta diciembre, con reducción importante de enero a marzo, que se correspondió con los meses en que las precipitaciones fueron más bajas (tabla 4). El hecho que no se hayan encontrado diferencias significativas en los meses indica que, en ambos tratamientos, los animales estuvieron en igualdad de condiciones.

Los resultados mostraron la dependencia estacional de *B. pertusa* y confirmaron lo informado por Cajas-Girón *et al.* (2012), quienes consideran que este es el principal factor limitante que presenta esta especie para garantizar producciones zootécnicas estables durante el año. Teniendo en cuenta estos criterios y los resultados de Roncallo-Fandiño *et al.* (2020), antes de que la disponibilidad de forraje se volviera crítica, se incorporó heno a partir de diciembre, como suplemento en el

manejo alimentario. En ambos tratamientos, según la oferta de pasto disminuyó, el consumo de heno aumentó (tabla 5).

La incorporación del heno demostró la validez de este procedimiento para garantizar que los bovinos machos en desarrollo pudieran satisfacer sus requerimientos de MS ante el déficit de disponibilidad de *B. pertusa* durante el período seco.

Los indicadores bromatológicos promedio indicaron que el heno presentó porcentajes más bajos con respecto al forraje, y las desviaciones estándar dejaron ver que los valores de las medias tuvieron poca oscilación (tabla 6).

Los aportes nutricionales de los forrajes ofertados en ambos tratamientos fueron muy similares, aspecto que resultó de importancia porque garantizó que las investigaciones se efectuaran en igualdad de condiciones.

La energía metabolizable resultó superior a la encontrada para este pasto durante el período poco lluvioso por Roncallo-Fandiño *et al.* (2020), pero se aproximó a la informada como valor de referencia por Mendoza *et al.* (2018).

Los porcentajes de PB, Ca y P estuvieron entre los hallados por Cajas-Girón *et al.* (2012). Sin embargo, de acuerdo con lo informado por Chamorro *et al.* (2005), con excepción del Na, los porcentajes de Ca, P, Mg, K y S resultaron inferiores, mientras que los del Fe, Mn, Cu y Zn presentaron concentraciones mayores.

De acuerdo con los rangos sugeridos por McDowell (2017) para los pastos tropicales, *B. pertusa* presentó

Tabla 4. Comportamiento de la disponibilidad de MS  $\text{ha}^{-1}$  rotación $^{-1}$ .

Momento	Con minerales	Sin minerales	EE $\pm$	Valor - P
Inicio	1 299,3	1 288,9	27,23	0,04
Octubre	1 242,4	1 164,7	38,10	0,19
Noviembre	1 190,6	1 046,2	33,02	0,62
Diciembre	1 160,2	1 010,3	13,61	0,34
Enero	860,7	850,4	42,35	0,72
Febrero	740,9	730,2	39,02	0,65
Marzo	730,5	725,2	37,92	0,66

Tabla 5. Consumo de heno y su equivalencia por cada 100 kg de peso vivo (PV).

Indicador	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
	Con minerales				Sin minerales			
kg de MS animal $^{-1}$ día $^{-1}$	1,43	2,02	2,69	3,75	1,28	1,93	2,29	3,28
kg de MS 100 kg PV $^{-1}$ animal $^{-1}$ día $^{-1}$	0,84	1,12	1,36	1,77	0,79	1,13	1,38	1,65

Tabla 6. Composición bromatológica promedio de los alimentos.

Indicador	<i>B. pertusa</i>				Heno	
	Con minerales		Sin minerales		Media	DE
	Media	DE	Media	DE		
EM, Mj kg <sup>-1</sup>	8,9	0,690	8,8	0,640	6,2	0,700
PB, %	10,8	0,720	10,2	1,100	8,4	0,380
Ca, %	0,3	0,130	0,3	0,120	0,3	0,030
P, %	0,3	0,030	0,2	0,020	0,2	0,020
K, %	1,7	0,470	1,3	0,530	1,3	0,060
Na, %	0,0	0,010	0,0	0,010	0,0	0,010
Mg, %	0,2	0,120	0,2	0,100	0,2	0,020
S, %	0,2	0,120	0,2	0,100	0,2	0,010
Fe, mg kg <sup>-1</sup>	185,3	67,520	186,7	65,270	204,0	7,550
Cu, mg kg <sup>-1</sup>	8,5	1,390	10,0	1,750	7,0	2,000
Mn, mg kg <sup>-1</sup>	44,8	16,180	49,9	24,290	25,3	1,530
Zn, mg kg <sup>-1</sup>	28,3	18,090	26,6	2,650	23,3	2,520

concentraciones elevadas de Ca, K y Mg, y bajas, de P y Na. En cuanto a los microelementos, el contenido de Fe fue adecuado, el de Mn elevado, el de Zn marginal, y el de Cu deficiente.

La menor concentración en la composición bromatológica de heno con respecto al material de pastoreo se atribuyó a la calidad de los forrajes que les dieron origen, debido a que provenían de áreas no asistidas, que se hallaban en receso de pastoreo desde el período lluvioso hasta su cosecha, al inicio del PPLL. Al aplicar el heno, en los criterios evaluativos de los pastos se halló que los porcentajes de P, Ca y Na fueron

bajos; mientras que los de K y Mg resultaron altos. El contenido de Fe fue adecuado, el de Mn inferior al óptimo, el de Cu deficiente, y el de Zn marginal. De forma general, los minerales presentaron menores concentraciones, con excepción del Na, S y Mn.

Cuando los forrajes constituyen el principal recurso alimentario, la nutrición mineral se puede tornar crítica, debido a la dependencia que se establece entre las necesidades de los animales y la composición de los pastos consumidos (Patiño *et al.*, 2011).

La figura 1 muestra el incremento del peso vivo de los tratamientos. Al inicio, los grupos no presentaron

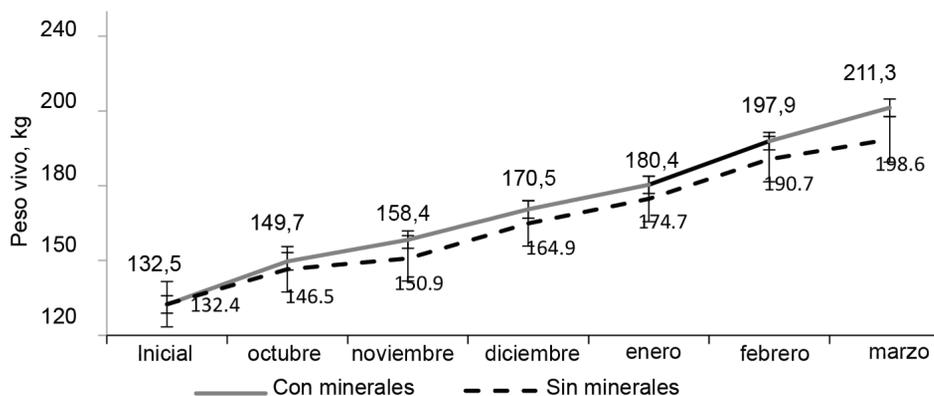


Figura 1. Comportamiento del peso vivo con suplementación mineral y sin ella.  
p < 0,001

diferencias significativas en sus valores, y mantuvieron esta condición hasta enero. Sin embargo, a partir de ese mes hubo incrementos significativos ( $p < 0,001$ ), a favor del grupo con suplemento mineral.

Mijares-López *et al.* (2012) señalaron que durante los períodos del año con escasas precipitaciones, en los sistemas que solo dependen de los pastos, la baja disponibilidad de los forrajes lastra las posibilidades de obtener mayores ganancias de peso. Sin embargo, los resultados demostraron que, mediante la incorporación del heno, este comportamiento se puede revertir.

El suministro de heno demostró ser un procedimiento fundamental para garantizar que los bovinos machos en desarrollo mantuvieran sus ganancias de peso e incrementaran sus rendimientos productivos. Además, es importante tener en cuenta que, cuando los animales satisfacen parte de sus requerimientos de MS con otro alimento, no realizan sobrepastoreo, lo que contribuye a preservar los pastizales y mantener la resiliencia del sistema (FCV-UNNE, 2016).

El incremento en la ganancia media de peso del tratamiento suplementado con minerales (figura 2) ratificó que la corrección del déficit de estos elementos

es determinante para lograr mejor aprovechamiento de los potenciales nutricionales presentes en los pastos. Los resultados señalaron que la suplementación con minerales promueve incrementos sostenidos de peso en el tiempo, ya que al finalizar la investigación hubo aumento en el peso vivo de 16,3 % en el tratamiento suplementado, con respecto al que no recibió suplemento (78,9 vs 66,1 kg).

El consumo promedio diario de sal mineral presentó variaciones significativas ( $p < 0,001$ ) entre los meses (figura 3), con valores entre 29,0 y 48,78 g animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>. El mayor valor se logró en enero, y el menor en noviembre; mientras que diciembre y marzo difirieron de febrero, pero no de octubre. El promedio de consumo en este período fue de 38,4 g animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>.

Estos consumos se encuentran en el rango (50 g) sugerido por González (2018) como valor medio para bovinos en desarrollo, aunque este autor especifica que las cantidades varían de acuerdo con el nivel de producción y la calidad de la dieta, y que no necesariamente se corresponden con mayores o menores ganancias de peso.

Durante la investigación, la oferta total de forraje garantizó, en ambos tratamientos, que los animales

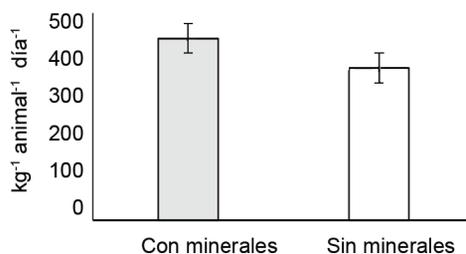


Figura 2. Promedio de la ganancia media diaria de peso con suplemento mineral y sin él.  
 $p < 0,001$

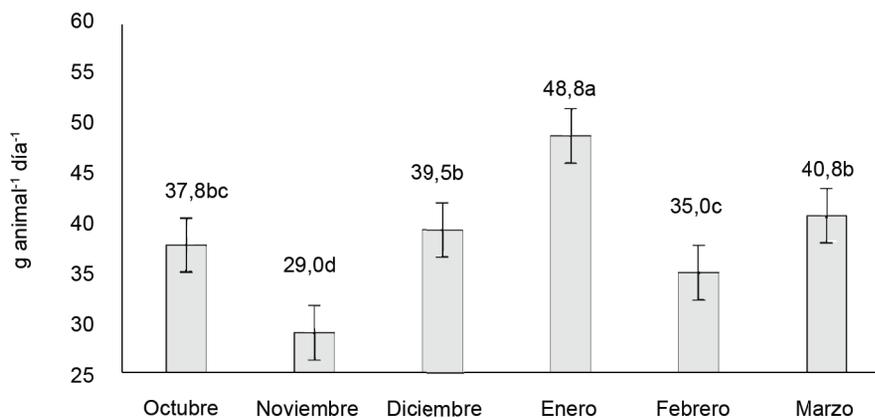


Figura 3. Consumo promedio diario de sal mineral.  
a, b, c, d. Letras distintas en las filas indican diferencias significativas

no presentaran restricciones para satisfacer sus requerimientos de MS, pues mediante la inclusión del heno resultó factible mantener los niveles de oferta forrajera, iguales o superiores, a los que se consideran adecuados (tabla 7).

El balance nutricional indicó que los requerimientos de MS, PB, K, Mg, S, Fe y Mn se lograron cubrir en ambos tratamientos, y en el suplementado se cubrieron todos los minerales. Sin embargo, cuando

no se suplementó los animales presentaron déficit de cinco elementos (Ca, P, Na, Cu y Zn) (tabla 8).

En octubre, diciembre y marzo hubo limitaciones (g animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>) de Ca, con valores que variaron entre 0,9 y 1,7. En todos los meses hubo déficit de P (de 0,8 a 4,2) y de Na (de 2,7 a 3,6). Esta situación también se presentó en el Cu, excepto en noviembre, con valores (mg animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>) de 9 hasta 14. En el caso del Zn, solo se cubrieron los requerimientos

Tabla 7. Comportamiento de los niveles de oferta forrajera (kg de MS 100 kg de PV<sup>-1</sup> animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>).

Meses	Con minerales				Sin minerales			
	CI	Oferta de forraje	Consumo de heno	Oferta total	Capacidad de ingestión	Oferta de forraje	Consumo de heno	Oferta total
Octubre	3,0	5,4	0	5,4	3,0	5,1	0	5,1
Noviembre	2,9	4,5	0	4,5	3,0	4,6	0	4,6
Diciembre	2,9	4,2	0,8	5,0	2,9	4,2	0,8	5,0
Enero	2,8	3,1	1,1	4,2	2,9	3,1	1,1	4,2
Febrero	2,7	2,9	1,4	4,3	2,8	3,0	1,4	4,4
Marzo	2,7	2,2	1,8	4	2,7	2,4	1,7	4,1

CI: capacidad de ingestión

Tabla 8. Balance nutricional de bovinos machos en desarrollo, no suplementados con minerales.

Meses	Indicador	Ca, g	P, g	Na, g	Cu, mg	Zn, mg
Octubre	Requerimiento	17,2	11,9	3,5	44	133
	<i>B. pertusa</i>	15,5	11,1	0,4	35	128
	Diferencia	-1,7	-0,8	-3,1	-9	-5
Noviembre	Requerimiento	17,6	12,2	3,6	45	135
	<i>B. pertusa</i>	17,6	11,2	0,9	50	117
	Diferencia	0,0	<b>-0,9</b>	<b>-2,7</b>	5	<b>-18</b>
Diciembre	Requerimiento	18,3	12,7	3,8	47	141
	<i>B. pertusa</i>	17,4	11,3	0,5	38	141
	Diferencia	<b>-0,9</b>	<b>-1,4</b>	<b>-3,3</b>	<b>-9</b>	0
Enero	Requerimiento	19,3	13,4	4	50	149
	<i>B. pertusa</i>	18,9	6,5	0,2	30	82
	Heno	6,14	3,8	0,2	10	46
	Diferencia	5,77	<b>-3,1</b>	<b>-3,6</b>	<b>-10</b>	<b>-21</b>
Febrero	Requerimiento	20,5	14,2	4,2	53	158
	<i>B. pertusa</i>	15,8	6,3	0,8	29	70
	Heno	7,9	4,5	0,5	24	55
	Diferencia	3,2	<b>-3,4</b>	<b>-2,9</b>	0	<b>-33</b>
Marzo	Requerimiento	21,1	14,6	4,3	54	162
	<i>B. pertusa</i>	10,9	5,1	0,5	19	66
	Heno	8,5	5,3	0,3	23	85
	Diferencia	-1,6	-4,2	-3,5	-12	-11

correspondientes a diciembre, y los rangos de limitación variaron de 5 hasta 33 mg animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>.

Estas carencias repercutieron en las respuestas productivas de los bovinos machos en desarrollo porque limitaron el desempeño de las funciones fisiológicas y metabólicas, donde intervienen los elementos deficitarios hallados.

Pittaluga (2009) considera como determinante satisfacer las demandas de Ca y P de los bovinos en las diferentes etapas de crecimiento, por la función que desempeñan en la formación de los huesos. En igual sentido, insiste en las acciones fundamentales que tiene el Na en la regulación del equilibrio ácido-base del plasma sanguíneo, en el transporte de los nutrientes a nivel celular y en la transmisión de los impulsos nerviosos.

Villanueva (2018) considera al Cu como uno de los microelementos más importantes, por las múltiples funciones en que interviene. Es indispensable en la formación de la hemoglobina, en la elastina, proteína necesaria para el aparato cardiovascular y la piel. Además, interviene en la síntesis de la mielina que recubre el sistema nervioso central, en la producción de colágeno, proteína importante en el desarrollo de los huesos, cartílagos y tendones, y media también en los niveles de melanina, compuesto esencial para la pigmentación del pelo.

El Zn se considera esencial para un grupo de enzimas vinculadas con el metabolismo de los carbohidratos, las proteínas y los ácidos nucleicos y para el funcionamiento del sistema inmune. (Bauer *et al.*, 2009).

### Conclusiones

Con la utilización de un sistema de pastoreo de *B. pertusa* se logra que los bovinos machos en desarrollo ganen peso durante el período poco lluvioso, si se cubren sus requerimientos de materia seca. Además, si se incorporan en la dieta sales que cubran los requerimientos de los minerales deficitarios (Ca, P, Na, Cu y Zn) se obtiene una respuesta superior.

### Agradecimientos

Se agradece al Ministerio de la Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia y a CORPOICA Agrosavia por el financiamiento para la ejecución de esta investigación mediante el proyecto «Evaluación de arreglos agrosilvopastoriles, basados en ceiba roja [*Bombacopsis quinata* (Jacq.) Dugand] y *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit cv. Cunningham en el Caribe seco colombiano».

Se quiere expresar especial gratitud a la Estación Experimental Motilonia por el apoyo para el desarrollo de este estudio.

### Contribución de los autores

- Belisario Antonio Roncallo-Fandiños. Realizó los experimentos y la recolección de datos. Además, preparó el trabajo para su publicación.
- Félix Ojeda-García. Conceptualizó la idea de investigación y supervisó la actividad de investigación. Participó en la redacción y revisó el manuscrito.
- Mildrey Soca-Pérez. Realizó el análisis estadístico. Participó en la redacción y revisó el manuscrito.

### Conflictos de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses entre ellos.

### Referencias bibliográficas

- Arteaga, L. E. & Burbano, J. E. Efectos del cambio climático. Una mirada al campo. *Rev. Cienc. Agr.* 35 (2):79-91, 2018. DOI: <https://doi.org/10.22267/rcia.183502.93>.
- Bauer, D.; Rush, I. & Rasby, R. *Minerales y vitaminas en bovinos de carne. Capítulo 4*. Argentina: Sitio argentino de Producción Animal. <http://www.produccion-animal.com.ar>, 2009.
- Cajas-Girón, Yasmín S.; Barragán-Hernández, W. A.; Arreaza-Tavera, L. C.; Argüelles-Cárdenas, J.; Amézquita-Collazos, E.; Abuabara-Pérez, Y. *et al.* Efecto sobre la producción de carne de la aplicación de tecnologías de renovación de praderas de *Bothriochloa pertusa* (L.) A. Camus en la costa norte colombiana. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 13 (2):213-218. <http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v13n2/v13n2a13.pdf>, 2012.
- Chamorro, D. R.; Carulla, J. E. & Cuesta, P. A. Caracterización nutricional de dos asociaciones gramínea-leguminosa con novillas en pastoreo en el alto Magdalena. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 6 (2):37-51. [https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/18006/42704\\_46801.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/18006/42704_46801.pdf?sequence=1&isAllowed=y), 2005.
- Cseh, Susana. Deficiencias minerales en bovinos para carne. Diagnóstico, caracterización y control. *Maskana* (Actas del I Congreso Internacional de Producción Animal Especializada en Bovinos). 6:143-148. <https://publicaciones.uceuca.edu.ec/ojs/index.php/maskana/article/view/656/573>, 2015.
- EEPFIH. Muestreo de pastos. *IV Seminario Científico-Técnico de Pastos y Forrajes*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. <https://biblioteca.ihatuey.cu/link/proyecto/seminarios/ivseminariocient.pdf>, 1980.
- FCV-UNNE. *Introducción a la producción animal*. Sistema de Producción Animal. Corrientes, Argentina: Universidad Nacional del Nordeste. <https://ipafcv.files.wordpress.com/3-sistemas-de-pastoreo-carga-animal>, 2016.

- González, K. *Sales mineralizadas para el ganado bovino*. Colombia: ZootVetMipasión. <https://zoovetmipasion.com/ganaderia/alimentacion-bovina/sal-mineralizada-para-el-ganado/>, 2018.
- Holdridge, L. R.; Grenke, W. C.; Hatheway, W. H.; Liang, T. & Tosi, J. A. *Forest environments in tropical life zones: a pilot study*. New York: Pergamon Press, 1971.
- ICA. *CALRAC Software para la alimentación de rumiantes*. Versión 1.0. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 1996.
- ICA. El análisis de suelos, plantas y aguas para riego. Manual de asistencia técnica. No. 47. Bogotá: Instituto Colombiano Agropecuario, 1989.
- IGAC. *Estudio general de suelos y zonificación de tierras de Córdoba*. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2009.
- Martínez, J.; Milera, Milagros; Remy, V. A.; Yepes, I. & Hernández, J. Un método ágil para estimar la disponibilidad de pasto en una vaquería comercial. *Pastos y Forrajes*. 13 (1):101-110. <https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=1296>, 1990.
- McDowell, L. R. Contribution of tropical forages and soil toward meeting mineral requirements of grazing ruminants. In: L. R. McDowell, ed. *Nutrition of grazing ruminants in warm climates*. Cambridge, USA: Academic Press. p. 165-188, 1985.
- McDowell, L. R. *Mineral history. The early years*. United Kingdom: Design Publishing, 2017.
- Mendoza, G. D.; Hernández, P. A.; Crosby, M. M. & Ortega, C. *Requerimientos nutricionales*. <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/libromendoza-requerimientos-nutricionales-t40789.htm>, 2018.
- Mijares-López, H.; Hernández-Mendo, O.; Mendoza-Martínez, G.; Vargas-Villamil, L. & Aranda-Ibáñez, E. Cambio de peso de toretes en pastoreo en el trópico: respuesta a suplementación con bloque multinutricional. *Universidad y Ciencia*. 28 (1):39-49. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0186-29792012000100004&lng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792012000100004&lng=es), 2012.
- NRC. *Nutrient requirement of dairy cattle*. Washington: National Academy Press, 2001.
- Patiño, R.; Silva-Filho, J. da & Pérez, J. Modelos de predicción de exigencias minerales para rumiantes. *RECIA*. 3 (2):344-365, 2011. DOI: <https://doi.org/10.24188/recia.v3.n2.2011.409>.
- Pittaluga, O. *Rol de los minerales en la producción de bovinos para carne en Uruguay*. Boletín Divulgación. No. 96. Montevideo: INIA. <http://www.inia.org.uy>, 2009.
- Rodríguez, A. G. & Banchemo, G. Deficiencia de minerales en rumiantes. *Revista INIA*. 13:11-15. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/6864/1/revista-INIA-13-p.11-15.pdf>, 2007.
- Roncallo Fandiño, B. A.; Soca-Pérez, Mildrey & Ojeda-García, F. Comportamiento productivo de bovinos machos en desarrollo en dos explotaciones ganaderas del valle del Cesar en Colombia. *Pastos y Forrajes*. 43 (3):220-228. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942020000300220&lng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942020000300220&lng=es), 2020.
- Rodríguez, A. G. & Banchemo, G. Deficiencia de minerales en rumiantes. *Revista INIA*. 13:11-15. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/6864/1/revista-INIA-13-p.11-15.pdf>, 2007.
- SAS. *SAS user's guide: Statistics. Version 9.1.3*: Statistical Analysis System Institute, 2013.
- Villanueva, G. *Nutrición del ganado: cobre*. <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/nutricion-ganado-cobre-t42367.htm>, 2018.
- Zanetti, M. A.; Resende, J. M. L.; Schalch, F. & Miotto, Cláudia M. Desempeño de novillos consumiendo suplemento mineral proteinado convencional o con urea. *Rev. Bras. Zootec.* 29 (3):935-939. <https://www.scielo.br/j/rbz/a/PcFhvQB8tgqL-9DkHrK7dJBP/?lang=pt&format=pdf>, 2000.