

Desempeño productivo de bovinos de levante en pastoreo rotacional de *Bothriochloa pertusa* (L) A. Camus en Colombia

Productive performance of weaner cattle in rotational grazing of *Bothriochloa pertusa* (L) A. Camus in Colombia

Sergio Luis Mejía-Kerguelén <https://orcid.org/0000-0003-2498-756X>, Emiro Andrés Suárez-Paternina <https://orcid.org/0000-0003-2271-7160>, Liliana Margarita Atencio-Solano <https://orcid.org/0000-0001-8425-1621>, José Jaime Tapia-Coronado <https://orcid.org/0000-0002-3621-5316>, Yacerney Paternina-Paternina <https://orcid.org/0000-0001-9046-5167>, Hugo Ramón Cuadrado-Capella <https://orcid.org/0000-0002-9607-9125>

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), CI Turipaná. Cereté, Colombia. Correo electrónico: smejia@agrosavia.co

Resumen

Objetivo: Evaluar el efecto del período de descanso y la carga en la respuesta productiva de bovinos de levante en pastoreo rotacional de *Bothriochloa pertusa* (L) A. Camus, en las sabanas de Córdoba, Colombia.

Materiales y Métodos: Se utilizaron 48 bovinos Cebú comercial, con peso promedio de 200 ± 15 kg, en los que se evaluaron tres cargas (2, 4 y 6 animales ha^{-1}) y dos períodos de descanso (20 y 28 días), en un diseño de bloques completamente al azar, con arreglo factorial 3×2 , para seis tratamientos en total. Se evaluó el rendimiento, la calidad nutricional de los forrajes y la ganancia diaria de peso de los animales. Se registraron los costos, directos e indirectos, y a partir de ello se determinó la utilidad neta, la rentabilidad y el punto de equilibrio.

Resultados: El rendimiento de materia seca presentó diferencias ($p < 0,05$) significativas, siendo mayor en los tratamientos con carga de 2 animales ha^{-1} y tiempos de descanso de 20 (T1) y 28 (T2) días, con valores medios de 1 055,4 y 1 265,4 kg de MS ha^{-1} , respectivamente. La composición nutricional de la materia seca no se afectó por los factores evaluados. La ganancia media diaria fue significativamente mayor ($p < 0,05$) en el tratamiento T1, para un valor de 0,612 kg $animal^{-1} día^{-1}$ como promedio. Los tratamientos de la carga media (4 animales ha^{-1}) presentaron mayor rentabilidad, lo que redujo el costo del kilogramo de carne producido.

Conclusión: Desde el punto de vista productivo y económico, la producción de carne mediante bovinos de levante en praderas de *B. pertusa* es más rentable cuando se emplea una carga media.

Palabras clave: *Bothriochloa pertusa*, carga ganadera, ganancia de peso, rentabilidad

Abstract

Objective: To evaluate the effect of the resting period and stocking rate on the productive response of weaner cattle in rotational grazing of *Bothriochloa pertusa* (L) A. Camus, on the savannas of Córdoba, Colombia.

Materials and Methods: Forty-eight commercial Zebu cattle, were used with average weight of 200 ± 15 kg, in which three stocking rates were evaluated (2, 4 and 6 animals ha^{-1}) and two resting periods (20 and 28 days), in a complete randomized block design, with 3×2 factorial arrangement, for six treatments in total. The yield, nutritional quality of the forages and daily weight gain of the animals, were evaluated. The direct and indirect costs were recorded, and from them the net profit, cost-effectiveness and balance point were determined.

Results: The dry matter yield showed significant differences ($p < 0,05$), being higher in the treatments with stocking rate of 2 animals ha^{-1} and resting times of 20 (T1) and 28 (T2) days, with mean values of 1 055,4 and 1 265,4 kg DM ha^{-1} , respectively. The nutritional composition of dry matter was not affected by the evaluated factors. The mean daily gain was significantly higher ($p < 0,05$) in treatment T1, for a value of 0,612 kg $animal^{-1} day^{-1}$ as average. The treatments of the moderate stocking rate (4 animals ha^{-1}) showed higher cost-effectiveness, which reduced the cost of the produced beef kilogram.

Conclusion: From the productive and economic point of view, meat production through weaners on *B. pertusa* grasslands is more cost-effective when a moderate stocking rate is used.

Keywords: *Bothriochloa pertusa*, stocking rate, weight gain, cost-effectiveness

Introducción

En Colombia, la alimentación de los rumiantes se constituye, principalmente, por gramíneas tropicales, debido a que es la forma más práctica

y económica de hacerlo (Mejía-Kerguelén *et al.*, 2019a). Actualmente, se estima que en el país existen cerca de 20 988 289 ha establecidas de pastos y forrajes. De ellas, la región Caribe contribuye con

Recibido: 18 de octubre de 2020

Aceptado: 20 de diciembre de 2020

Como citar este artículo: Mejía-Kerguelén, S. L.; Suárez-Paternina, E. A.; Atencio-Solano, Liliana M.; Tapia-Coronado, J. J.; Paternina-Paternina, Y. & Cuadrado-Capella, H. R. Desempeño productivo de bovinos de levante bajo pastoreo rotacional en praderas de *Bothriochloa pertusa* (L) A. Camus en Colombia. *Pastos y Forrajes*. 43 (4):352-360, 2020.

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.

30 % del total del área establecida (IGAC, 2014). En esta región, *Bothriochloa pertusa* (L) A. Camus (pasto colosuana) es una de las gramíneas más establecidas en los sistemas ganaderos (Mujica-Rodríguez y Burbano-Eraza, 2020). Sin embargo, debido a prácticas de manejo ineficientes y a condiciones climáticas adversas, esta pastura presenta bajos rendimientos y calidad nutricional (Tapia-Coronado *et al.*, 2019), que son más evidentes durante los períodos de sequía, cuando los rendimientos de materia seca se pueden reducir entre 30 y 80 % (Mejía-Kerguelén *et al.*, 2019a; Roncallo-Fandiño *et al.*, 2020).

Los sistemas de producción bovina de la región se caracterizan por una baja adopción de tecnologías y uso de insumos. Los suelos donde se desarrollan estos sistemas presentan alto grado de degradación, lo que limita la producción de forraje y la respuesta animal (Mejía-Kerguelén *et al.*, 2019b).

En consecuencia, los indicadores productivos que se informan no son alentadores. Se registran bajas capacidades de carga (< 1 animal ha⁻¹), baja producción por animal (ganancia de peso < 300 g animal⁻¹ día⁻¹) y por unidad de área (< 300 kg carne ha⁻¹ año⁻¹), edad tardía al sacrificio (> 42 meses) y rendimientos en canal menores de 50 % (FEDEGAN, 2018). Ante esta problemática, es necesario realizar investigaciones encaminadas a generar modelos sostenibles de producción de carne, que vinculen sistemas rotacionales, manejo de la carga animal y renovación de praderas, con el ánimo de mejorar la productividad y la rentabilidad de los sistemas ganaderos de la región.

Algunos estudios han demostrado que la renovación y el establecimiento de sistemas rotacionales de praderas han incrementado los rendimientos y la composición nutricional de las pasturas. Asimismo, se han informado aumentos en la respuesta animal (Roncallo-Fandiño *et al.*, 2012; Mejía-Kerguelén *et al.*, 2019b).

Al considerar que la ganadería es la principal actividad económica del departamento de Córdoba y que, en especial, las sabanas colinadas de este departamento se desarrollan en praderas de *B. pertusa*, se necesitan estudios que combinen diferentes prácticas de manejo

para aumentar los indicadores productivos y económicos del sistema ganadero. En este contexto, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del período de descanso y la carga en la respuesta productiva de bovinos de levante en praderas de *B. pertusa* en las sabanas de Córdoba, Colombia.

Materiales y Métodos

Localización. El ensayo se realizó en una finca ubicada en el municipio de Chinú, departamento de Córdoba, en Colombia, con predominio de clima subhúmedo tropical, suelos de mediana a baja fertilidad, relieve ligeramente ondulado, precipitación promedio de 1 334 mm/año, temperatura promedio de 28 °C, humedad relativa de 75 %. El período seco se inicia en diciembre y se extiende de cuatro a cinco meses.

Animales experimentales. Se utilizaron 48 bovinos tipo Cebú comercial, con peso promedio inicial de 200 ± 15 kg, provenientes de subastas ganaderas. Los animales se evaluaron durante 8 meses, que abarcaron una época de lluvia y una época seca.

Características químicas del suelo. La finca presenta suelos con textura arcillosa, pH ácido, muy bajo contenido de fósforo, contenido medio de azufre, capacidad de intercambio catiónica alta, deficiencia de potasio alta, relación Ca/Mg normal, alto contenido de Ca y Mg, y bajo contenido de elementos menores, como Fe, Cu, Zn y B (tabla 1).

Tratamiento y diseño experimental. Se evaluaron tres cargas: carga baja (CB), carga media (CM) y carga alta (CA), que consistieron en 2, 4 y 6 animales ha⁻¹, respectivamente, y dos períodos de descanso (20 y 28 días), distribuidos en un diseño de bloques completamente al azar, con arreglo factorial 3 x 2, para un total de seis tratamientos: T1) CB y 20 días de descanso, T2) CB y 28 días de descanso, T3) CM y 20 días de descanso, T4) CM y 28 días de descanso, T5) CA y 20 días de descanso y T6) CA y 28 días de descanso.

Área experimental y manejo animal. El área utilizada en pastoreo fue de 12 ha, establecida con *B. pertusa*. Se dividió en 12 módulos de 1 ha. En seis de estos módulos se establecieron seis divisiones, con el fin de establecer un ciclo de pastoreo de 24 días (cuatro días de ocupación y 20 días de descanso), mientras que en los seis módulos restantes se implementó un ciclo de pastoreo de 32 días (cuatro

Tabla 1. Características físicas y químicas del suelo.

| Indicador | pH | MO | Ca | P | Mg | K | Na | CIC | S | Cu | Fe | Zn | Mn |
|-----------|------|--------|------------|-------|------|------------|------|-------|------|-----|-----|-----|------|
| | | g/100g | cmol(+)/kg | mg/kg | | cmol(+)/kg | | mg/kg | | | | | |
| Valor | 5,39 | 1,32 | 32,5 | 5,3 | 11,0 | 0,27 | 0,35 | | 15,8 | 0,4 | 1,2 | 0,4 | 24,8 |

días de ocupación y 28 días de descanso), en ocho divisiones.

Antes de ingresar los animales a los potreros, se realizó un corte mecánico para la homogenización de la pastura. Posteriormente, se cinceló el terreno a una profundidad entre 30 y 40 cm, con el objetivo de descompactar y permitir mayor aireación e infiltración de agua en el suelo. Al considerar el bajo contenido de materia orgánica, y con el propósito de promover la recuperación de la pastura en las cargas alta y media, se fertilizó con 100 y 50 kg de nitrógeno por ha⁻¹ año⁻¹ en las praderas bajo carga alta y media, respectivamente, sin fertilizar en la carga baja. La fertilización se realizó durante la época de lluvias, después de cada pastoreo. Los animales se proveyeron diariamente de sal mineralizada, a razón de 80 g animal⁻¹ día⁻¹. Durante la época seca, las cargas se redujeron a la mitad y se suministró 1 kg día⁻¹ de semilla de algodón (*Gossypium herbaceum* L.).

El manejo sanitario consistió en aplicar las vacunas, exigidas por el Instituto Colombiano Agropecuario ICA, como también medicamentos para el control de endoparásitos y ectoparásitos. El suministro de agua se realizó mediante un sistema de acueducto interno, provisto de un bebedero en PVC con capacidad de 500 L, conectado a un hidrante a través de una bayoneta.

Variables en estudio

Rendimiento de forraje. Para determinar el rendimiento de forraje y la composición florística se utilizó el método de disponibilidad por frecuencia en el potrero próximo a pastorear. Se aplicó para ello la metodología propuesta por Franco-Quintero *et al.* (2006). Se identificaron cinco puntos en la biomasa, con la utilización de un marco de 0,25 m². A cada punto se le asignó una calificación de 1-5, donde uno corresponde a baja disponibilidad de biomasa, y cinco a mayor disponibilidad. Cada punto se cortó y pesó con una balanza digital (Ohaus model CS 5000), y se realizaron 40 lanzamientos al azar por hectárea para la identificación de las especies presentes en el interior de cada marco. La determinación del porcentaje de materia seca se realizó mediante el método NTC4888 (ICONTEC, 2000), con una muestra de 250 g de forraje verde.

Calidad nutricional. La calidad nutritiva del forraje y los suplementos se determinó de muestras compuestas, durante la época de lluvias y sequía. Las muestras se colectaron mediante el método de simulación de pastoreo propuesto por Mestra-Vargas *et al.* (2020). Se tomaron 500 g, que se secaron en

estufa de ventilación forzada a 60 °C, durante 48 h. Posteriormente, se molieron en un molino tipo Willey, con criba de un milímetro. El procesamiento de las muestras se realizó en el Laboratorio de Nutrición Animal de AGROSAVIA, ubicado en el Centro de Investigación-Turipaná. Se determinó proteína cruda por el método Kjeldahl, fibra en detergente neutro (FDN) y fibra en detergente ácido (FDA) según la AOAC (2002) y la degradabilidad *in situ* de la materia seca (DIGMS) mediante la técnica de la bolsa de nailon, descrita por Ørskov *et al.* (1980).

Respuesta animal. Se registró el peso inicial y mensual de los animales hasta el final del ensayo, con una báscula electrónica portátil marca Tru-Test®. Se realizaron pesajes individuales para determinar la ganancia diaria de peso (GDP) mediante la siguiente ecuación:

GDP = (peso final – peso inicial) / número de días

Análisis económico. Para la elaboración del análisis económico se siguió la metodología sugerida por Agreda (1990), que contempló el registro de los costos directos e indirectos, y a partir de ello se determinaron los siguientes indicadores:

Ingreso neto (IN): Diferencia entre el ingreso bruto (IB) y el costo total de producción (CT), IN = IB-CT

Rentabilidad (Rent): Relación entre el ingreso neto y el costo total de producción.

$$\text{Rent} = \frac{\text{IB} - \text{CB}}{\text{CT}} * 100$$

Punto de equilibrio (Peq): Cantidades máximas de kilos que se deben producir para equilibrar los ingresos con los costos.

$$\text{Peq} = \frac{\text{CP}}{\text{PV}}$$

Análisis estadístico. Se realizó análisis de varianza, previo cumplimiento de los supuestos de normalidad y homogeneidad de los datos. Para ello se utilizó el tests de *Shapiro-Wilk* y *Levene*, respectivamente. Para el análisis de los datos se utilizó el procedimiento GLM del paquete de análisis estadístico SAS V9.2 (SAS Inc. North Carolina, USA). Las medias de los tratamientos se compararon mediante la prueba de *Tukey*, con un nivel de significancia de 5 %.

Resultados y Discusión

De acuerdo con el análisis estadístico, se halló interacción ($p < 0,05$) entre los factores evaluados (carga animal y días de descanso) en el rendimiento del forraje (tabla 2). Las praderas que sostuvieron

los tratamientos de las cargas bajas CB20 (T1) y CB28 (T2) registraron los mayores rendimientos de MS, con valores de 1 055,4 y 1 265,4 kg de MS ha⁻¹, respectivamente.

El mayor rendimiento de MS en las praderas de cargas bajas se puede deber a una menor presión de pastoreo, que pudo haber contribuido a que no toda la biomasa se consumiera por parte de los animales, lo que permitió tener mayor área fotosintética y capacidad de recuperación.

Al respecto, Vanegas-Moreno (2015) señala que las hojas residuales son las que contribuyen a realizar la fotosíntesis de una pastura luego del pastoreo. Asimismo, Rincón-Castillo (2011) afirma que la actividad fotosintética de las pasturas se afecta cuando hay un sobrepastoreo. Por lo tanto, las praderas requerirán mayor tiempo de recuperación para la acumulación de reservas orgánicas.

Torregroza *et al.* (2015), al evaluar diferentes cargas en praderas de *Urochloa híbrido* CIAT 36087, informaron que la disponibilidad de forraje se redujo cuando se incrementó la carga animal. Un comportamiento similar se observó en el presente estudio, en el que las cargas altas registraron los menores rendimientos de forraje.

Se pudo ver que los mayores rendimientos de MS se produjeron a los 28 días de descanso con relación a los rendimientos a los 20 días (tabla 2). Los menores rendimientos a los 20 días de descanso pueden ser atribuidos a la baja acumulación de las reservas orgánicas, lo que generó menor crecimiento de la gramínea. Resultados similares informaron Rincón-Castillo *et al.* (2008) cuando evaluaron dos frecuencias de corte en *Urochloa decumbens* Stapf. y *Urochloa brizantha* cv. Toledo. Estos autores refirieron mayor

cantidad de MS a los 28 días con relación a los 14 días de descanso. Similar comportamiento observaron Garay-Martínez *et al.* (2018) en gramíneas del género *Cenchrus* e híbridos de *Urochloa*.

Vanegas-Moreno (2015) afirma que la velocidad de restauración de los carbohidratos de reserva está asociada con la tasa fotosintética, y esta depende del material residual. El rendimiento promedio de MS registrado en este estudio se halla entre los valores referidos por Tapia-Coronado *et al.* (2019). Estos autores indicaron que el pasto *B. pertusa* muestra variabilidad en los rendimientos de forraje, debido a la estacionalidad de las lluvias. Estos rendimientos pueden disminuir hasta 60 % en la época seca, lo que afecta seriamente el desempeño individual y la productividad por unidad de superficie.

En cuanto a la composición florística de las praderas, no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre tratamientos. Sin embargo, se observó dominio de la gramínea con relación al componente de leguminosas y arvenses (tabla 2).

Entre las leguminosas, se identificaron *Desmodium scorpiurus* (Sw.) Desv. y *Alysicarpus vaginalis* (L.) DC. como las de mayor contribución. Como promedio, la participación de las leguminosas estuvo cercana al 17 %. Esto es favorable porque ellas tienen alto contenido de proteína, lo que contribuye a mejorar la calidad de la dieta base y la respuesta animal (Schultze-Kraft *et al.*, 2018). Además, las leguminosas ayudan a la sostenibilidad de las praderas, ya que fijan nitrógeno atmosférico al suelo, que puede ser aprovechado por las gramíneas acompañantes en el sistema.

La composición nutricional de la MS no se afectó por los factores evaluados (tabla 3). No obstante,

Tabla 2. Rendimiento promedio de MS y composición florística de las praderas.

| Carga | Tratamiento | | kg de MS ha ⁻¹ | Gramínea, % | Leguminosas, % | Arvenses, % |
|-------|------------------|--|---------------------------|-------------|----------------|-------------|
| | Días de descanso | | | | | |
| CB | 20 | | 1055,4 ^a | 70,5 | 18,6 | 10,9 |
| CB | 28 | | 1265,4 ^a | 73,0 | 15,4 | 11,6 |
| CM | 20 | | 620,7 ^{bc} | 72,5 | 15,0 | 12,5 |
| CM | 28 | | 803,1 ^{ab} | 69,6 | 19,4 | 11,0 |
| CA | 20 | | 512,0 ^c | 69,8 | 18,7 | 11,5 |
| CA | 28 | | 653,7 ^{bc} | 71,5 | 16,6 | 11,9 |
| | CV % | | 15,4 | 18,7 | 35,3 | 41,2 |

Letras diferentes en una misma columna difieren estadísticamente según Tukey ($p < 0,05$)
 CB: carga baja, CM: carga media, CA: carga alta, CV: coeficiente de variación

este resultado difiere de lo que informaron Torregroza *et al.* (2015), ya que estos autores no encontraron efecto significativo de la carga animal en la calidad nutricional del pasto *Urochloa híbrido* CIAT 36087. Sin embargo, refirieron contenidos de PB superiores a los referidos en otros trabajos. Las diferencias entre los resultados se pueden asociar con las altas dosis de nitrógeno utilizadas por los autores citados para la fertilización de las praderas. Al respecto, Rezende *et al.* (2015) manifestaron que la aplicación de altas dosis de nitrógeno contribuye a aumentar el contenido de PB en las gramíneas, especialmente en la fracción soluble.

Los resultados de este difieren de lo hallado por Merlo-Maydana *et al.* (2017) quienes plantean que el contenido de PB se reduce al aumentar la edad de aprovechamiento del pasto. Estos autores atribuyen la disminución del contenido de PB de los forrajes a la época y edad de corte, como también a las estructuras de la planta, siendo la proporción de tallos la de menor contenido nutricional.

La variación en la calidad de las gramíneas tropicales ha sido estudiada en Colombia por Mojica-Rodríguez *et al.* (2017) y Ángulo-Arroyave y Rosero-Noguera (2018), quienes han demostrado que la disminución en el contenido nutricional de las pasturas obedece, principalmente, al déficit hídrico que se presenta en la época seca, como también a las prácticas tradicionales de manejo.

Vanegas-Moreno (2015) plantea que las concentraciones de PB se reducen por la baja actividad metabólica de las gramíneas, a medida que avanza la edad de aprovechamiento. Lara-Mantilla *et al.* (2010) informaron que a mayor edad de la pastura

se presentan aumentos en las fracciones de la pared celular, lo que genera menor depósito de nutrientes de fácil digestión en el protoplasma.

A pesar de que no se hallaron diferencias significativas en el presente estudio para las fracciones FDN, FDA, DIGMS y el aporte de energía, Suárez-Paternina *et al.* (2018) informaron que mayor contenido de FDN significa menor consumo de MS, debido a su lenta degradación y baja tasa de pasaje por el rumen. Asimismo, forrajes con una concentración de FDA de 40 % aproximadamente, suelen presentar menor digestibilidad, por lo que se afecta el consumo y aporte de energía (Merlo-Maydana *et al.*, 2017).

Para la GDP, hubo interacción ($p < 0,05$) entre los factores (carga animal x días de descanso). En este contexto, se observaron las mayores GDP ($0,612 \text{ kg animal}^{-1} \text{ día}^{-1}$) en el tratamiento con carga baja y 20 días de descanso (T1), que fueron estadísticamente significativas ($p < 0,05$) a las que se encontraron en los tratamientos de carga alta, con 20 (T5) y 28 (T6) días de descanso (tabla 4).

Las mayores GDP en el tratamiento T1 pueden estar relacionadas con la mayor disponibilidad de forraje (tabla 2), lo que pudo generar mayor selectividad por parte de los animales, debido a que hubo menor competencia.

Resultados similares hallaron Torregroza *et al.* (2015), quienes al evaluar diferentes cargas en praderas de *U. híbrido* CIAT 36087, observaron que en las cargas bajas y medias se registraron las mayores GDP. Este comportamiento se atribuyó a la mayor oferta y calidad nutricional del forraje, y a la mayor selectividad que ejercieron los animales.

Tabla 3. Composición nutricional y digestibilidad de la materia seca del pasto *B. pertusa*.

| Tratamientos | | PB, % | FDN, % | FDA, % | DIGMS, % | EM, Mcal kg de MS ⁻¹ |
|--------------|------------------|--------|--------|--------|----------|---------------------------------|
| Carga animal | Días de descanso | | | | | |
| CB | 20 | 7,9 | 65,3 | 37,7 | 59,5 | 2,14 |
| CB | 28 | 7,4 | 67,7 | 39,8 | 57,8 | 2,00 |
| CM | 20 | 9,3 | 65,4 | 36,8 | 60,2 | 2,17 |
| CM | 28 | 7,2 | 64,9 | 38,1 | 59,2 | 2,10 |
| CA | 20 | 9,9 | 63,9 | 36,3 | 60,6 | 2,18 |
| CA | 28 | 8,2 | 64,5 | 37,2 | 59,2 | 2,13 |
| Valor - P | | 0,7052 | 0,995 | 0,8444 | 0,8976 | 0,9639 |
| EE ± | | 0,369 | 1,022 | 0,872 | 0,679 | 0,024 |
| CV % | | 23,8 | 7,3 | 8 | 4,1 | 4,1 |

CB: carga baja, CM: carga media, CA: carga alta, PB: proteína bruta, FDN: fibra en detergente neutro, FDA: fibra en detergente ácido, DIGMS: digestibilidad de la materia seca. EM: energía metabolizable, EE: error estándar CV: coeficiente de variación.

Tabla 4. Ganancia de peso por animal y unidad de superficie en praderas de *B. pertusa*

| Tratamientos | | kg animal ⁻¹ día ⁻¹ | kg ha ⁻¹ día ⁻¹ | kg ha ⁻¹ año ⁻¹ |
|--------------|------------------|---|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Carga animal | Días de descanso | | | |
| CB | 20 | 0,612 ^a | 1,23 ^c | 448,9 |
| CB | 28 | 0,542 ^{ab} | 1,09 ^c | 397,8 |
| CM | 20 | 0,477 ^{abc} | 1,91 ^{ab} | 697,1 |
| CM | 28 | 0,476 ^{abc} | 1,91 ^{ab} | 697,1 |
| CA | 20 | 0,364 ^c | 2,18 ^a | 795,7 |
| CA | 28 | 0,398 ^{bc} | 2,39 ^a | 872,3 |
| Valor - P | | 0,001 | 0,001 | - |
| EE ± | | 0,019 | 0,019 | - |
| CV % | | 34,6 | 34,8 | - |

Letras diferentes en una misma columna difieren estadísticamente según Tukey ($p < 0,05$)

CB: carga baja, CM: carga media, CA: carga alta, EE: error estándar, CV: coeficiente de variación

Roncallo-Fandiño *et al.* (2012), al evaluar la producción de forraje y la respuesta animal en praderas de *B. pertusa* asociadas con *Leucaena leucocephala* en el Valle del Cesar, hallaron ganancias de peso de 0,659 kg animal⁻¹ día⁻¹, superiores a las encontradas en el presente trabajo. Estas diferencias pueden estar relacionadas con los mayores días de descanso ofrecidos a las praderas (33 días en época de lluvias y 55 días en seca), que contribuyeron a aumentar los rendimientos de la gramínea y de la leguminosa. También se pueden asociar a los aportes significativos de nutrientes de la leguminosa y a la menor carga utilizada. No obstante, Roncallo-Fandiño *et al.* (2020) cuando estudiaron la respuesta productiva de bovinos machos en desarrollo en dos explotaciones ganaderas del Valle del Cesar, en Colombia, encontraron ganancias de peso promedio de 0,282 kg animal día⁻¹ en praderas de *B. pertusa*, valor que es inferior a lo registrado en este estudio.

Con relación a la ganancia por unidad de superficie, el análisis mostró diferencias en la interacción ($p < 0,05$) entre los factores estudiados. Los tratamientos con cargas altas y medias registraron los mayores valores (como promedio 2,18, 2,39, 1,91 y 1,91 kg ha⁻¹ d⁻¹, respectivamente); mientras que en los de la carga baja (2 animales ha⁻¹) la producción de carne por hectárea fue de 1,23 y 1,09 kg ha⁻¹ día⁻¹, respectivamente (tabla 4).

Lo anterior se puede explicar por el efecto del incremento de la carga, que produce disminución de la producción individual, pero aumenta la producción por hectárea. De ahí que el mejor comportamiento se obtuvo con la carga de 6 animales ha⁻¹. Resultado similar hallaron Torregroza *et al.* (2015), quienes concluyeron que el efecto de la carga produjo escalonamiento en la producción de carne por hectárea.

La tabla 5 muestra los costos de producción por unidad de superficie para cada uno de los tratamientos. Los que tuvieron cargas altas registraron los mayores costos de producción con respecto a los tratamientos de las cargas media y baja.

Los mayores costos de producción observados en las cargas altas se debieron, principalmente, al mayor número de animales adquiridos, que representó incremento del 30 y 60 % como promedio con relación a los costos registrados en las cargas medias y bajas, respectivamente. Asimismo, el mayor número de animales adquiridos en las cargas altas generó mayor costo en el rubro de suplementación animal. Otro aspecto que contribuyó a que estos tratamientos presentaran los mayores costos de producción fue la fertilización nitrogenada que se implementó en las praderas.

La producción de bovinos de levante en praderas de *B. pertusa* es viable y rentable desde el punto de vista técnico y económico, debido a que los ingresos superaron los costos de producción (tabla 6). Los mayores ingresos totales se registraron en los tratamientos con cargas altas, y se obtuvieron por la comercialización en pie de 1 497,8 y 1 553,7 kg. Esto generó una utilidad neta por hectárea de \$1 194 663 y \$1 442 706. No obstante, en los tratamientos de las cargas medias, se observaron utilidades similares a las expuestas por los tratamientos de las cargas altas. Este comportamiento se puede atribuir a la GDP en los animales de las cargas medias (tabla 4). También el menor costo de producción se obtuvo en los tratamientos de las cargas medias, con rentabilidad promedio de 28 %.

Al relacionar los costos de producción con los kilogramos producidos en pie, se estableció que los tratamientos de las cargas medias produjeron el kilogramo de

Tabla 5. Costos de producción (\$) por hectárea al año para cada uno de los tratamientos evaluados.

| Concepto | Tratamiento | | | | | |
|------------------------------|--|-------------|---|-------------|--|-------------|
| | Cargas bajas (2 animales ha ⁻¹) | | Cargas medias (4 animales ha ⁻¹) | | Cargas altas (6 animales ha ⁻¹) | |
| | 20 días | 28 días | 20 días | 28 días | 20 días | 28 días |
| Labores agrícolas/ha | 127 982,0 | 122 196,0 | 134 686,0 | 137 946,0 | 151 186,0 | 1544 46,0 |
| Equipos y herramienta/ha | 6 713,0 | 6 713,0 | 6 713,0 | 6 713,0 | 6 713,0 | 6 713,0 |
| Mano de obra/ha | 372 622,0 | 372 622,0 | 372 622,0 | 372 622,0 | 372 622,0 | 372 622,0 |
| Compra de animales/ha | 1 434 600,0 | 1 434 600,0 | 2 875 350,0 | 2.875.350 | 4 303 800,0 | 4 303 800,0 |
| Sanidad animal/ha | 7 410,0 | 7 410,0 | 14 820,0 | 14 820,0 | 22 230,0 | 22 230,0 |
| Suplementación animal/ha | 157 200,0 | 157 200,0 | 314 400,0 | 314 400,0 | 470 200,0 | 470 200,0 |
| Costos directos/ha | 2 106 528,0 | 2 100 742,0 | 3718 592,0 | 3721 852,0 | 5326 752,0 | 5 330 012,0 |
| Costos indirectos/ha | 219 000,0 | 219 000,0 | 219 000,0 | 219 000,0 | 219 000,0 | 219 000,0 |
| Total costo de producción/ha | 2 325 528,0 | 2 319 742,0 | 3 937 592,0 | 3 940 852,0 | 5 545 752,0 | 5 549 012,0 |

Tabla 6. Análisis de los retornos económicos por hectárea (\$) en los tratamientos evaluados.

| Concepto | Tratamiento | | | | | |
|------------------------------------|--|-------------|---|-------------|--|-------------|
| | Cargas bajas (2 animales ha ⁻¹) | | Cargas medias (4 animales ha ⁻¹) | | Cargas altas (6 animales ha ⁻¹) | |
| | 20 días | 28 días | 20 días | 28 días | 20 días | 28 días |
| Costos de producción/ha | 2 325 528,0 | 2 319 742,0 | 3 937 592,0 | 3 940 852,0 | 5 545 752,0 | 5 549 012,0 |
| kg comercializado, animal vivo pie | 635,0 | 596,7 | 1 122,3 | 1 121,2 | 1 497,8 | 1 553,7 |
| Precio kg de carne, \$ | 4 500,0 | 4 500,0 | 4 500,0 | 4 500,0 | 4 500,0 | 4 500,0 |
| Ingreso total/ha | 2 857 815,0 | 2 685 353,0 | 5 050 418,0 | 5 045 490,0 | 6 740 415,0 | 6 991 718,0 |
| Utilidad neta/ha/año | 532 287,0 | 365 611,0 | 1 112 826,0 | 1 104 638,0 | 1 194 663,0 | 1 442 706,0 |
| Rentabilidad anual, % | 22,9 | 15,8 | 28,3 | 28,0 | 21,5 | 26,0 |
| Costos kilo carne (\$) | 3 662,0 | 3 887,0 | 3 508,0 | 3 515,0 | 3 702,0 | 3 571,0 |
| Punto de equilibrio carne, kg | 517,0 | 515,0 | 875,0 | 876,0 | 1 232,0 | 1 233,0 |

carne en pie a un menor costo, que fue como promedio \$125 y \$263 menor que el registrado en los tratamientos de alta y baja carga, respectivamente (tabla 6). Asimismo, los tratamientos de las cargas medias destinaron 78 % de la producción de carne para nivelar los ingresos con los costos de producción, mientras que en las cargas bajas y altas adjudicaron 83 y 80 %, respectivamente. Esto indica que los tratamientos de las cargas medias fueron los más eficientes en la producción de carne.

Conclusiones

La carga animal afectó los rendimientos de MS. Los mayores rendimientos se encontraron en praderas que mantuvieron las cargas bajas. Asimismo, en las cargas bajas se presentaron las mayores ganancias individuales de peso de los animales. No obstante, en las

cargas altas se registraron las mayores ganancias por unidad de superficie.

Desde el punto de vista económico, la producción de carne mediante bovinos de levante resultó ser más rentable en los tratamientos que mantuvieron las cargas medias. De igual forma, en las cargas medias se produjo el kilogramo de carne en pie a un menor costo.

Recomendaciones

Se recomienda la renovación de praderas, acompañada de fertilización, en lo posible orgánica, así como la implementación de sistemas rotacionales con ciclos de pastoreo inferior a los 28 días, con carga de 4 animales ha⁻¹ en la época de lluvias, que se reducen a la mitad en la época seca.

Agradecimientos

Se agradece al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) por la financiación de los recursos para el desarrollo del proyecto de investigación “Alternativas de manejo de pastura de Colosua (*B. pertusa*) en sistemas ganaderos del trópico bajo”, en el marco del convenio 1506.

Contribución de los autores

- Sergio Luís Mejía Kerguelén. Análisis e interpretación de datos y redacción del manuscrito.
- Emiro Andrés Suárez Paternina. Análisis e interpretación de datos y redacción del manuscrito.
- Liliana Margarita Atencio Solano. Análisis e interpretación de datos y redacción del manuscrito.
- José Jaime Tapia Coronado. Análisis e interpretación de datos y redacción del manuscrito.
- Yacerney Paternina Paternina. Análisis e interpretación de datos y redacción del manuscrito.
- Hugo Ramón Cuadrado Capella. Análisis e interpretación de datos y redacción del manuscrito

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de interés entre ellos.

Referencias bibliográficas

- Agreda, V. *Metodología para análisis económico de sistemas de producción*. San José, Costa Rica: RISPAL, 1990.
- Angulo-Arroyave, R. & Rosero-Noguera, R. Producción de forraje y calidad nutricional del pasto angleton climacuna (*Dichanthium annulatum*-Forssk-Stapf) para la producción de heno en La Dorada (Caldas). *Rev. prod. anim.* 30 (2):12-17. <http://scielo.sld.cu/pdf/rpa/v30n2/rpa02218.pdf>, 2018.
- AOAC International. *Official methods of analysis*. 17th ed. 1st rev. Gaithersburg, USA: AOAC International, 2002.
- FEDEGAN. *Fichas de caracterización departamental*. Bogotá: Federación Colombiana de Ganaderos. <https://www.fedegan.org.co/estadisticas/documentos-de-estadistica>, 2018.
- Franco-Quintero, L. H.; Calero-Quintero, D. & Durán-Castro, C. V. *Manejo y utilización de forrajes tropicales multipropósito*. Palmira, Colombia: Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/8429/9789584411754.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, 2006.
- Garay-Martínez, J. R.; Joaquín-Cancino, S.; Estrada-Drouaillet, B.; Martínez-González, J. C.; Joaquín-Torres, B. M.; Limas-Martínez, A. G. *et al.* Acumulación de forraje de pasto buffel e híbridos de *Urochloa* a diferente edad de rebrote. *Ecosistemas y recur. agropecuarios*. 5 (15):573-581, 2018. DOI: <https://doi.org/10.19136/era.a5n15.1634>.
- ICONTEC. *Alimentos para animales. Determinación del contenido de humedad y materia volátil. NTC 4888*. Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. <https://tienda.icontec.org/gp-alimentos-para-animales-determinacion-del-contenido-de-humedad-y-materia-volatil-ntc4888-2000.html>, 2000.
- IGAC. *Los pastos es la cobertura que reina en los suelos de la región Caribe*. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi. <https://igac.gov.co/es/noticias/los-pastos-es-la-cobertura-que-reina-en-los-suelos-de-la-region-caribe>, 2014.
- Lara-Mantilla, Cecilia; Oviedo-Zumaqué, L. E. & Betancur-Hurtado, C. A. Efecto de la época de corte sobre la composición química y degradabilidad ruminal del pasto *Dichanthium aristatum* (Angleton). *Zootecnia Trop.* 28 (2): 275-282. <http://ve.scielo.org/pdf/zt/v28n2/art13.pdf>, 2010.
- Mejía-Kerguelén, S.; Tapia-Coronado, J. J.; Atencio-Solano, Liliana M. & Cadena-Torres, J. Producción y calidad nutricional del forraje del sorgo dulce en monocultivo e intercalado con maíz y frijol. *Pastos y Forrajes*. 42 (2):133-142. <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v42n2/2078-8452-pyf-42-02-133.pdf>, 2019a.
- Mejía-Kerguelén, S. L.; Suarez-Paternina, E.; Atencio-Solano, Liliana; Ibáñez-Miranda, Ketty I.; Martínez-Atencia, Judith; Tapia-Coronado, J. J. *et al.* *Modelo productivo de carne bovina en la región Caribe colombiana* Bogotá: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA, 2019b.
- Merlo-Maydana, F. E.; Ramírez-Avilés, L.; Ayala-Burgos, A. J. & Ku-Vera, J. C. Efecto de la edad de corte y la época del año sobre el rendimiento y calidad de *Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Staff en Yucatán, México. *J. Selva Andina Anim. Sci.* 4 (2):116-127, 2017.
- Mestra-Vargas, Lorena I.; Barragán-Hernández, W. A.; Medina-Herrera, D. A. & Flórez-Díaz, H. Evaluación técnica-económica de la frecuencia de suplementación de novillos en pastoreo en Córdoba, Colombia. *Agron. Mesoam.* 31 (2):353-366, 2020. DOI: <https://dx.doi.org/10.15517/am.v31i2.38389>.
- Mojica-Rodríguez, J. E. & Burbano-Erazo, E. Efecto de dos cultivares de *Megathyrus maximus* (Jacq.) en la producción y composición de la leche bovina. *Pastos y Forrajes*. 43 (3):169-175. <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v43n3/2078-8452-pyf-43-03-177.pdf>, 2020.
- Mojica-Rodríguez, J. E.; Castro-Rincón, E.; Carulla-Fornaguera, J. & Lascano-Aguilar, C. E. Efecto de la edad de rebrote sobre el perfil de ácidos

- grasos en gramíneas tropicales. *Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecuaria*. 18 (2):217-232, 2017. DOI: https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num2_art:623.
- Ørskov, E. R.; Hovell, F. & Mould, F. The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. *Trop. Anim. Prod.* 15 (3):195-213. <https://www.semanticscholar.org/paper/The-use-of-the-nylon-bag-technique-for-the-of-Oerskov-Hovell/acc150f1d92ad10e113af9897b80d1198efa80d8>, 1980.
- Rezende, A. V. de; Rabêlo, F. H. S.; Rabelo, C. H. S.; Lima, Poliana P.; Barbosa, Larissa de Á.; Abud, Marcella de C. *et al.* Características estruturais, produtivas e bromatológicas dos capins Tifton 85 e Jiggs fertilizados com alguns macronutrientes. *Semina: Ciências Agrárias*. 36 (3):1507-1517, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n3p1507>.
- Rincón-Castillo, A. Efecto de alturas de corte sobre la producción de forraje de *Brachiaria* sp. en el piedemonte Llanero de Colombia. *Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecuaria*. 12 (2):107-112, 2011. DOI: https://doi.org/10.21930/rcta.vol12_num2_art:219.
- Rincón-Castillo, A.; Ligarreto-Moreno, G. A. & Garay, E. Producción de forrajes en los pastos *Brachiaria decumbens* cv. Amargo y *Brachiaria brizantha* cv. Toledo, sometidos a tres frecuencias y a dos intensidades de defoliación en condiciones del piedemonte llanero colombiano. *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín*. 61 (1):4336-4346. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179914077010>, 2008.
- Roncallo-Fandiño, B.; Murillo, J.; Rodríguez, G.; Bonilla, Ruth R. & Garrido, María F. Producción de forraje y respuesta animal en suelos del valle del Cesar en proceso de recuperación. *Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecuaria*. 13 (1):89-96, 2012. DOI: https://doi.org/10.21930/rcta.vol13_num1_art:244.
- Roncallo-Fandiño, B.; Soca-Pérez, Mildrey & Ojeda-García, F. Comportamiento productivo de bovinos macho en desarrollo en dos explotaciones ganaderas del valle del Cesar en Colombia. *Pastos y Forrajes*. 43 (3):212-220. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0864-03942020000300220, 2020.
- Schultze-Kraft, R.; Rao, I. M.; Peters, M.; Clements, R. J.; Bai, C. & Liu, G. Tropical forage legumes for environmental benefits: An overview. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*. 6 (1):1-14, 2018. DOI: [https://doi.org/10.17138/TGFT\(6\)1-14](https://doi.org/10.17138/TGFT(6)1-14).
- Suárez-Paternina, E. A.; Maza-Angulo, L. A.; Barragán-Hernández, W.; Patiño-Pardo, R.; Bustamante-Yanez, M. de J. & Vergara-Garay, O. Efecto de la suplementación con semilla de algodón y maíz molido sobre el consumo y el desempeño productivo de ovinos de pelo colombiano. *Rev. MVZ Córdoba*. 23 (Supl):7048-7061, 2018. DOI: <https://doi.org/10.21897/rmvz.1426>.
- Tapia-Coronado, J. J.; Atencio-Solano, Liliana M.; Mejía-Kerguelén, S. L.; Paternina-Paternina, Y. & Cadena-Torres, J. Evaluación del potencial productivo de nuevas gramíneas forrajeras para las sabanas secas del Caribe en Colombia. *Agron. Costarricense*. 43 (2):45-60. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrocost/article/view/37943/38908>, 2019.
- Torregroza, L.; Reza, S.; Suárez, E.; Espinosa, M.; Cuadrado, H.; Pastrana, I. *et al.* Producción de carne en pasturas irrigadas y fertilizadas de *Brachiaria* híbrido cv. Mulato II en el valle del Sinú. *Corpoica cienc. tecnol. agropecu.* 16 (1):131-138, 2015. DOI: https://doi.org/10.21930/rcta.vol16_num1_art:391.
- Vanegas-Moreno, Luz Á. *Dinámica de crecimiento y criterios de pastoreo para optimizar el uso de praderas Brachiaria brizantha cv toledo*. Tesis investigativa para optar al título de Magister en Ciencia Animal. Bogotá: Universidad de La Salle, 2015.