

2021-05-12

Evaluación productiva de novillos cebú cruzados con razas criollas BON y Romo en el Piedemonte llanero

Juan Carlos Velásquez-Mosquera

Universidad de La Salle, Bogotá, jcvelasquez@unisalle.edu.co

Alexander Navas-Panadero

Universidad de La Salle, Bogotá, anavas@unisalle.edu.co

Follow this and additional works at: <https://ciencia.lasalle.edu.co/mv>



Part of the [Agriculture Commons](#), [Animal Sciences Commons](#), and the [Veterinary Medicine Commons](#)

Citación recomendada

Velásquez-Mosquera JC y Navas-Panadero A. Evaluación productiva de novillos cebú cruzados con razas criollas BON y Romo en el Piedemonte llanero. *Rev Med Vet.* 2021;(42): 67-76. doi: <https://doi.org/10.19052/mv.vol1.iss42.8>

This Artículo de Investigación is brought to you for free and open access by the Revistas científicas at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Revista de Medicina Veterinaria by an authorized editor of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

Evaluación productiva de novillos cebú cruzados con razas criollas BON y Romo en el Piedemonte llanero*

Juan Carlos Velásquez-Mosquera¹ / Alexander Navas-Panadero²

Resumen

Los cruces de razas cebuinas con criollas pueden ser una alternativa para incrementar la eficiencia de la producción de carne. El objetivo de este estudio fue determinar el desempeño productivo de novillos brahman, cruzados con romosinuano y blanco orejinegro. La investigación se desarrolló en finca San Miguel, ubicada en el municipio de Paratebuena (Cundinamarca). Se evaluó un grupo de novillos contemporáneos brahman, brahman x romosinuano y brahman x blanco orejinegro, que permanecieron juntos en potreros de *Brachiaria* sp. bajo pastoreo continuo durante un año. Se estimó la ganancia de peso, la producción y calidad de forraje, se midió la temperatura, humedad relativa y pluviosidad, y se determinó el índice de temperatura-humedad. Se utilizó un diseño completamente al azar, y se implementó estadística descriptiva y análisis de varianza, para lo cual se utilizó el programa Infostat*. Se presentaron diferencias en la ganancia de peso entre grupos durante el periodo de mayor precipitación ($p = 0,013$), siendo mayor en brahman x romosinuano, y en el periodo de menor precipitación ($p = 0,002$), tuvo menor desempeño el cruce brahman x blanco orejinegro. Asimismo, se presentaron diferencias en la producción de forraje ($p = 0,0017$) y en la calidad nutricional de la pastura, siendo mejor en la época de mayor precipitación. Durante el estudio, el índice de temperatura-humedad estuvo por encima de 82, lo que muestra condiciones de estrés calórico en los animales. Bajo las condiciones agroecológicas de la zona de estudio, el cruce brahman x romosinuano es una alternativa para mejorar los sistemas de producción de carne en el Piedemonte llanero.

Palabras clave: adaptación, estrés calórico, ganancia de peso, ganado de carne.

* Artículo de investigación.

1 MV, MSc, docente investigador.
Facultad de Ciencias Agropecuarias,
Universidad de La Salle, Bogotá
(Colombia).

✉ jcvelasquez@unisalle.edu.co.

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4066-53176>

2 MVZ, MSc, docente investigador.
Facultad de Ciencias Agropecuarias,
Universidad de La Salle, Bogotá
(Colombia).

✉ anavas@unisalle.edu.co.

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8975-2601>

Cómo citar este artículo: Velásquez-Mosquera JC, Navas-Panadero A. Evaluación productiva de novillos cebú cruzados con razas criollas BON y Romo en el Piedemonte llanero. Rev Med Vet. 2021;(42): 67-76. <https://doi.org/10.19052/mv.vol1.iss42.8>

Productive Evaluation of Zebu Bullocks Crossbred with Criollo Breeds BON and Romo in the Eastern Plains Foothills

Abstract

Zebu races crossbred with criollo races can be an alternative to increase the meat production efficiency. This study aims to determine the productive performance of Brahman bullocks crossbred with romosinuano and black-ear white races. The research was developed in the farm San Miguel, located in the town Paratebuena (Cundinamarca). A group of contemporary Brahman, Brahman x romosinuano and Brahman x black-ear white bullocks was evaluated after living together in *Brachiaria* sp. pastures under continuous herding for one year. The weight gain, production and forage quality were estimated.

Temperature, relative humidity and rainfall were also measured and the temperature-humidity index was also determined. A fully random design was used herein including descriptive statistics and analysis of variance. Infostat® software was used to that end. Differences were found in the weight gains between the race groups during the highest rainfall season ($p = 0.013$); it was higher in the Brahman x romosinuano group. During the lowest rainfall season ($p = 0.002$) the Brahman x black-ear white group showed a lower performance. Likewise, differences were observed in the forage production ($p = 0.0017$) and in the nutritional quality of the pastures, with the best forage during highest rainfall season. Throughout this study, the temperature-humidity index was above 82, which indicates that the animals were under caloric stress condition. Under the agricultural-ecological conditions in the study area, the Brahman x romosinuano crossbreeding is an alternative to improve the meat production systems in the Eastern Plains Foothills.

Keywords: adaptation, caloric stress, weight gain, meat cattle

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción de carne bovina en el trópico tradicionalmente utilizan razas cebuinas de carne por su rusticidad, adaptación y termotolerancia (1). Los agroecosistemas tropicales presentan condiciones climáticas que generan condiciones de estrés en los animales y afectan la disponibilidad y calidad nutricional (baja proteína y digestibilidad) de los forrajes en algunas épocas del año, lo cual afecta la ganancia de peso y reduce la rentabilidad de esta actividad económica (2).

Además de los recursos genéticos cebuinos, se ha encontrado que las razas criollas bovinas colombianas también presentan gran adaptación a las condiciones tropicales y subtropicales (3). Estudios de Scharf *et al.* (4) reportaron que el romosinuano (Romo) es una raza taurina termotolerante, con características particulares para soportar condiciones tropicales de calor debido a su piel suelta, pelo corto y baja tasa metabólica.

En Colombia se han estudiado las razas criollas blanco orejinegro (BON), Romo y sanmartinero como alternativas para producción de carne y doble propósito en zonas de alta temperatura y humedad ambiental (5,6,7). Algunas investigaciones realizadas en diferentes ecorregiones de Colombia reportan ventajas productivas del cruzamiento de cebúes con razas criollas: cebú x Romo

en el valle del Sinú, en el estudio de Vergara *et al.* (8); cebú x BON y Romo en el sur del Cesar, reportado por Martínez *et al.* (6), y cebú x BON, en la altillanura del Meta, que describen Pérez *et al.* (9).

Entre las acciones de adaptación de los sistemas ganaderos a los nuevos escenarios climáticos, se recomienda la utilización de genotipos más adaptados a los agroecosistemas; dentro de ellos, el cruzamiento de razas locales con cebúes permite un biotipo habituado para sobrevivir en ecosistemas naturales de pastizales. Estas estrategias contribuyen al desarrollo de sistemas sostenibles de producción de carne (10,11).

A pesar de la adaptación de la raza brahman y de los biotipos bovinos criollos a las altas temperaturas tropicales, muchos de estos bovinos experimentan con frecuencia estrés térmico en algunas épocas del año (12). Se han encontrado diferencias en relaciones genéticas entre razas criollas con respecto a la tolerancia al calor (13).

Los bovinos en estrés calórico tienen que activar constantemente sus mecanismos de termorregulación, lo que se refleja en el comportamiento de las variables fisiológicas (14,15). Esto genera una reducción en el tiempo de consumo de alimento y, en consecuencia, en el rendimiento productivo (16).

El índice de temperatura-humedad (ITH) es un indicador que permite determinar condiciones de estrés térmico en los animales (17,18). En condiciones tropicales, un animal entra en estrés por calor a partir de un ITH de 72 (18), lo cual causa que el animal no pueda expresar su potencial genético y se reduzca su desempeño. Estudios en Colombia muestran mayores ganancias de peso en las razas sanmartinero, BON y Romo cuando el ITH estuvo por debajo de 72 (19), lo que sugiere que puede haber diferencias en la respuesta de termotolerancia relacionada con la adaptación de cada raza (20).

Bajo condiciones de bosque húmedo tropical se reporta que los animales BON y cebú tuvieron menores tasas metabólicas y estarían mejor adaptados a las variaciones de las condiciones climáticas que otras razas criollas como Romo y costeño con cuernos (16).

En algunas ecorregiones de la Orinoquía se ha planteado el uso de cruces de razas cebuinas con criollas como una alternativa para incrementar la eficiencia de la producción bovina de carne (21,22); sin embargo, existe poca información del comportamiento productivo de cruces con BON y Romo.

El propósito del estudio fue evaluar la ganancia de peso en novillos contemporáneos de los tipos raciales brahman (B), brahman x romosinuano (BxROM), brahman x blanco orejinegro (BxBON), en las condiciones de Piedemonte llanero.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en la finca San Miguel, ubicada en Paratebueno, Cundinamarca (Colombia). La finca se encuentra a una altura de 256 m s. n. m., con precipitación promedio anual de 3000 mm, temperatura media anual de 27 °C y humedad relativa de 75 % (23). La distribución de las lluvias es monomodal, con una época de lluvias de abril a noviembre y una época seca de diciembre a abril (24).

El proyecto tuvo una duración de doce meses. El sistema de producción presentó un pastoreo continuo en praderas de *Brachiaria* sp., en suelo de topografía plana. Se seleccionó un grupo de novillos contemporáneos en la etapa de media ceba; estos novillos fueron nacidos y criados en la misma finca. Al comienzo del estudio, se promediaron edades de $23,6 \pm 1,3$ meses para brahman (B, n = 30); $23,3 \pm 0,9$ meses para el cruce F1 brahman x romosinuano (BxROM, n = 12), y $23,7 \pm 2,1$ meses para el cruce F1 brahman x blanco orejinegro (BxBON, n = 13). Los animales permanecieron juntos con un mismo manejo. Asimismo, se evaluó la ganancia de peso usando báscula electrónica y se hicieron tres pesajes en total, cada cuatro meses.

La producción de forraje verde (FV) se determinó mediante aforos destructivos. En cada muestreo, se hicieron recorridos en zigzag, se lanzó el marco (0,5 x 0,5 cm) y se tomaron cinco muestras. El forraje dentro del marco de cada muestra se cosechó a 10 cm del suelo y se pesó para determinar la biomasa. Posteriormente, se separaron gramíneas, leguminosas y arvenses, y se pesaron por separado para determinar la composición botánica. Para conocer la calidad nutricional de las pasturas, se tomaron muestras de 500 g de FV, las cuales fueron llevadas al laboratorio Agrosavia y analizadas por método NIRS; con ellas se determinó materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra en detergente neutro (FDN) y ácido (FDA) y digestibilidad, y energía metabolizable (EM).

Durante el periodo experimental se midió la temperatura ambiente y humedad relativa cada hora con *data logger* EL-USB-2-LCD. Estos datos permitieron determinar el ITH (19), así como el ITHmax y ITHmin para cada mes.

Se utilizó un diseño completamente al azar, se aplicó prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) para el conjunto de datos de las diferentes variables, se utilizó Anova y Tukey para comparar las medias de variables ganancia de peso, producción y calidad de forraje, y composición botánica. El análisis de los datos se realizó mediante el programa Infostat[®].

RESULTADOS

Comportamiento climático

Durante el año se presentaron cambios en la precipitación. Específicamente, de enero a marzo y en diciembre se observó menor precipitación en los meses, lo que afectó la producción de forraje, y en los meses de enero a abril se presentó mayor temperatura máxima, que también afecta la producción de biomasa comestible (figura 1).

Durante todo el año se presentó un elevado ITH máximo, lo que indica que los animales estuvieron durante algunas horas del día en estrés calórico. Asimismo, se observa que el ITH mínimo estuvo durante la mayor parte del año cerca al límite de inicio de estrés por calor. Lo anterior muestra que la condición de estrés por calor de los animales durante el día pudo limitar la expresión del potencial genético de los animales, especialmente durante la época de menor precipitación, cuando se observa una fuerte reducción en la ganancia de peso (figura 2).

Producción de forraje verde y materia seca

Entre las dos épocas marcadas de precipitación del año, se presentaron diferencias en la producción de biomasa comestible ($p = 0,0017$), siendo mayor la producción de forraje en la época de mayor precipitación; además, en esta época se encontró menor porcentaje de arvenses (tabla 1). Este comportamiento en la producción de forraje se vio afectado por la disponibilidad de agua, y las

altas temperaturas. La baja disponibilidad de alimento en los potreros durante la época de menor precipitación seguramente afectó la ganancia de peso de los animales.

Calidad nutricional

Se presentaron cambios en la calidad nutricional de la pastura entre las dos épocas de lluvias (tabla 2). Se observó una mejor calidad de la pastura en la época de mayor cantidad de lluvias, en la cual se presentó mayor proteína cruda y menor fracción C de la proteína. También se detectó menor cantidad de fibras, mayor energía metabolizable y digestibilidad, lo que permitió a los animales tener mayor cantidad y disponibilidad de nutrientes para expresar su potencial genético.

Ganancia de peso

Durante el periodo de mayor precipitación se encontraron diferencias entre grupos raciales en la ganancia de peso diaria ($p = 0,0134$), dentro de las cuales el grupo B x ROM presentó mayor ganancia. También se presentaron diferencias en el periodo de menor precipitación ($p = 0,0020$), donde la menor ganancia de peso la tuvo el grupo B x BON (tabla 3). Este comportamiento se puede atribuir a la disponibilidad y calidad de forraje, al igual que a mayores condiciones de estrés calórico durante algunos meses del año. Esto seguramente afectó al grupo racial menos adaptado a dichas condiciones, que naturalmente limitan la producción ganadera en ecosistemas tropicales.

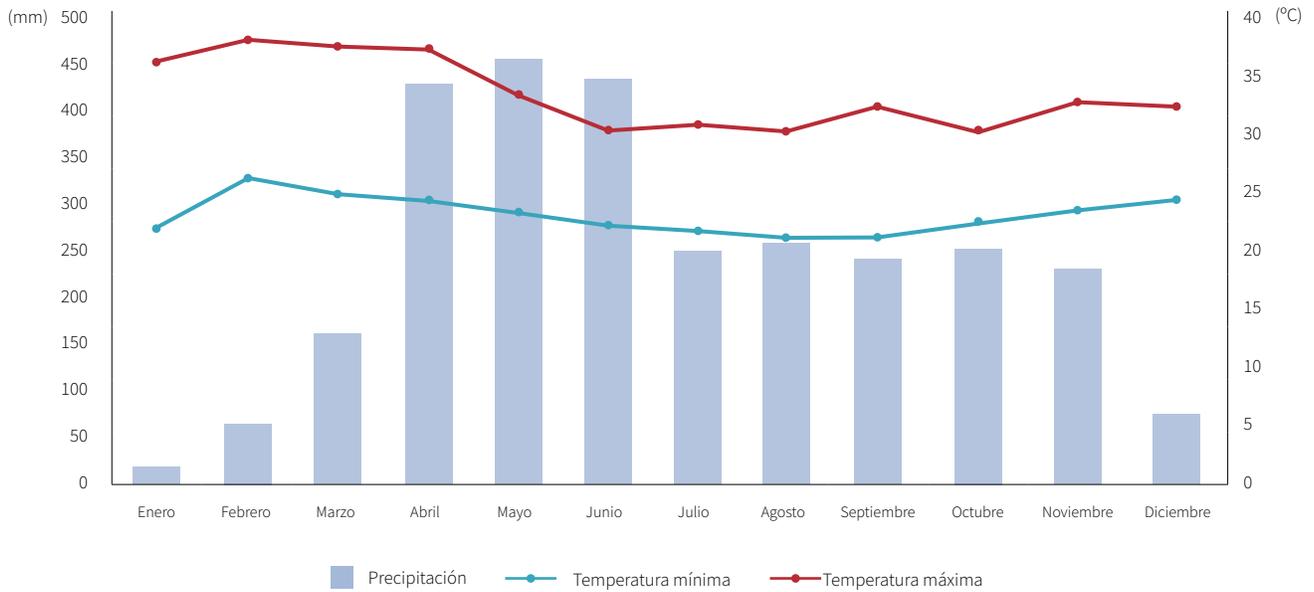
Tabla 1. Producción de forraje verde, materia seca y composición botánica en praderas de Piedemonte llanero

Época	Forraje verde comestible (t ha ⁻¹)	Materia seca comestible (t ha ⁻¹)	Gramíneas (%)	Arvenses (%)
Mayor precipitación	1,90 ± 0,33	0,43 ± 0,08	97	3
Menor precipitación	0,63 ± 0,10	0,25 ± 0,05	88,6	11,4
p	0,0017	0,0636	0,1929	0,1929

Nota: ± error estándar.

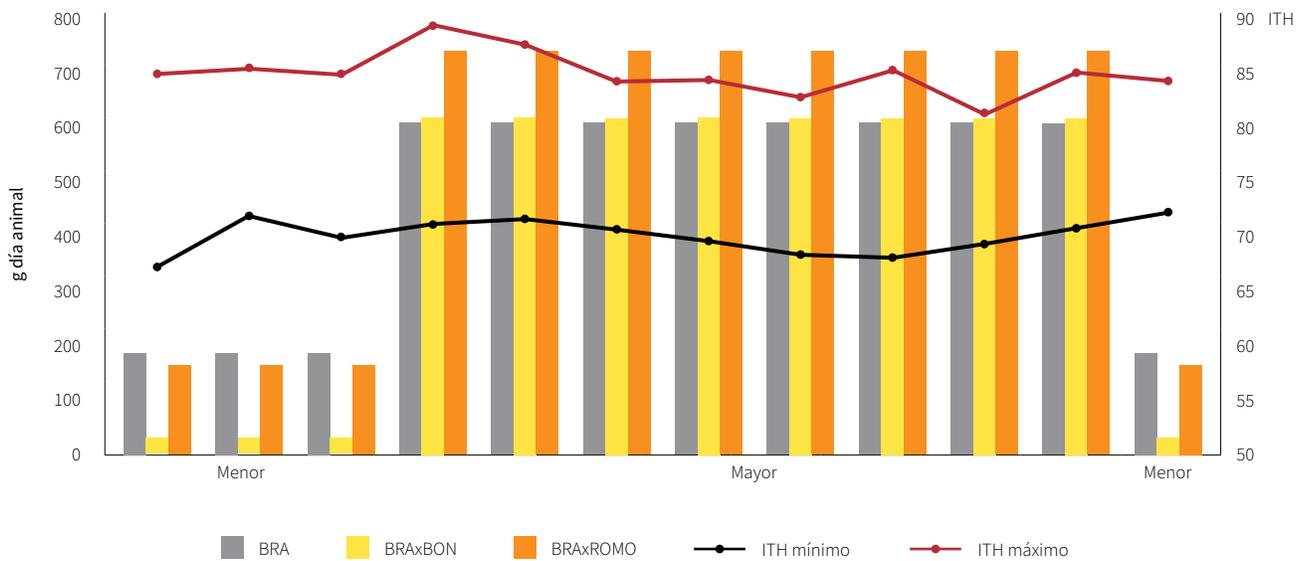
Fuente: elaboración propia.

Figura 1. Comportamiento de la precipitación y las temperaturas (máxima y mínima), durante la evaluación productiva de novillos cebú cruzados con razas criollas BON y Romo en el Piedemonte llanero



Fuente: elaboración propia.

Figura 2. Ganancia de peso e índice temperatura-humedad (ITH máximo, ITH mínimo) durante la evaluación productiva de novillos cebú cruzados con razas criollas BON y Romo en el Piedemonte llanero



Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Calidad nutricional de forraje en praderas de Piedemonte llanero

Época	MS (%)	PC (%)	Proteína C (%)	EM (Mcal)	FDN (%)	FDA (%)	Diges (%)
Mayor precipitación	26,6 ± 4,6	11,9 ± 1,1	6,2 ± 0,1	1,9 ± 0,1	63,5 ± 1,2	36,5 ± 2,9	57,4 ± 0,1
Menor precipitación	38,6 ± 1,5	6,6 ± 0,02	10,7 ± 0,6	1,6 ± 0,01	67,1 ± 1,6	41,8 ± 0,4	51,6 ± 0,1

Nota: MS: materia seca, PC: proteína cruda, EM: energía metabolizable, FDN: fibra en detergente neutro, FDA: fibra en detergente ácido, Diges: digestibilidad, ±: desviación estándar.
Fuente: elaboración propia.

Tabla 3. Ganancia de peso de novillos cebú cruzados con razas criollas BON y Romo en el Piedemonte llanero

Época	Composición racial			p =
	B x BON	B x Romo	B	
	Ganancia de peso (g/día)			
Mayor precipitación	625 ± 56,4a	749 ± 33,9b	616 ± 21,8a	0,0134
Menor precipitación	35 ± 52,6a	169 ± 28,4b	192 ± 18,7b	0,0020

Nota: BxBON: brahman (50 %) x blanco orejinegro (50 %); B x Romo: brahman (50 %) x romosinuano (50 %); B: brahman (100 %).
Medias con una letra común en la misma fila no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). ±: error estándar.
Fuente: elaboración propia.

DISCUSIÓN

Las características climáticas de algunos ecosistemas tropicales generan épocas de lluvia y de sequía, y en otros, épocas de mayor y menor precipitación. Esta circunstancia afecta la disponibilidad de recursos forrajeros y genera condiciones que causan estrés calórico en los animales y afectan negativamente la producción y rentabilidad de los sistemas ganaderos.

En este estudio, las condiciones climáticas presentes afectaron la producción y calidad de forraje en algunas épocas, lo que concuerda con lo reportado por Correa *et al.* (25) y Vargas *et al.* (26). Para estos autores, la precipitación y temperatura fueron determinantes en la tasa de crecimiento, velocidad y disponibilidad de forraje en bovinos en pastoreo, lo cual es un factor limitante en algunas épocas del año en la producción de carne. De

igual manera, se presentaron momentos de estrés calórico en los animales, que influyeron negativamente en la expresión del potencial genético; esto se puede atribuir a los cambios fisiológicos y metabólicos en los animales para termorregularse (27,28).

Durante todo el año se presentaron momentos del día en que los animales presentaron estrés por calor con ITH elevados (82-90). El grupo racial que presentó mejor comportamiento y desempeño productivo fue el B x Romo, especialmente en la época de mayor precipitación; posiblemente se puede atribuir a cierto grado de tolerancia al estrés, que no afecta negativamente el consumo voluntario de los animales con relación a los otros grupos raciales. Otros estudios han encontrado ITH similares a los reportados en este estudio, según los cuales, en zonas tropicales, los bovinos tienen que producir en condiciones de estrés térmico (29).

Estudios sobre características de adaptación de razas criollas bovinas colombianas indican que es posible hacer selección genética para tolerancia al calor, al identificar los individuos que presentan genes favorables. Estos estudios encontraron un coeficiente de heredabilidad de tolerancia al calor de 0,16, lo que indicaría que existe un control genético moderado en la expresión de la característica (30).

En este estudio, las diferencias productivas y de adaptación encontradas en los cruces cebú F1 con las razas criollas BON y Romo muestran la necesidad de realizar investigaciones de desempeño productivo y reproductivo raciales, en las diferentes ecorregiones, para determinar el potencial adaptativo y productivo de carne de cada raza criolla en cruzamiento con cebú.

La producción de forraje se redujo notablemente en la época de menor precipitación, lo que concuerda con lo reportado por Toledo (31). El crecimiento y disponibilidad de forraje se ve afectado por estacionalidad y la baja precipitación durante el periodo de recuperación de las pasturas, lo cual afecta la productividad de los animales (25,32).

Por su parte, la calidad de los pastos varía entre épocas, siendo mejor en las épocas de mayor precipitación, debido a que las plantas disponen de los recursos para tomar los nutrientes y crecer. La calidad nutricional encontrada por Ramírez y García (33) y Ortega-Aguirre (34) corresponde a la mencionada en este estudio: reportan diferencias en los contenidos de FDN y FDA entre la época de lluvia y de sequía, que es la más alta. Este comportamiento reduce el consumo voluntario de los animales, la digestibilidad y disponibilidad de nutrientes al incrementarse la lignina y al reducir los aportes de PC y energía.

El mejor desempeño de los animales en la época de lluvias se atribuye a la mayor disponibilidad y calidad del forraje en los potreros. Esto coincide con lo encontrado por Torregrosa *et al.* (35) y Brandão *et al.* (36), quienes encontraron diferencias estadísticas al evaluar la calidad

de la pastura y el rendimiento productivo de novillos cebú y cruzados F1 durante las épocas de sequía y lluvia.

La ganancia de peso en los animales de carne está determinada por varios factores como las condiciones climáticas, genética, calidad de suelo, composición botánica de las praderas, manejo del sistema de pastoreo, etc. Martínez y Gómez (37) reportaron ganancia de peso en novillos F1 B x BON similares a las encontradas en este estudio, en condiciones climáticas y manejo similar, mientras que Torregrosa *et al.* (35) encontraron mayores ganancias de peso en novillos cebúes (728 g/día) y F1 cebú x Romo (660 g/día) con relación a lo reportado en este estudio. Lo anterior se puede explicar posiblemente por la calidad del suelo, composición botánica y el pastoreo rotacional que permitió a los animales consumir un forraje de mejor calidad.

Como en este estudio, pero evaluando animales puros, Quiceno *et al.* (38) encontraron mejor desempeño productivo de la raza Romo que la BON, aunque en condiciones topográficas y climáticas diferentes. Martínez *et al.* (5) reportaron ganancias de peso superiores a las de este estudio, pero no encontraron diferencias entre animales puros de las razas BON y Romo. Esto se puede atribuir en parte al sistema de pastoreo rotacional que permite administrar y suministrar forrajes de mejor calidad nutricional.

A diferencia de lo encontrado en este estudio, Cardozo *et al.* (16) encontraron mayor eficiencia productiva en animales B x BON en comparación al cruce B x Romo. Posiblemente esto se deba a diferencias en las condiciones de los agroecosistemas donde se realizaron ambos estudios (distribución y cantidad de lluvias, ITH, disponibilidad y calidad de forraje, etc.).

CONCLUSIONES

Se presentó mejor comportamiento productivo (ganancia de peso) en novillos F1 B x Romo en condiciones climáticas de Piedemonte llanero y pastoreo continuo, lo

que permite concluir que esta composición racial es una alternativa de manejo genético que permite mejorar los sistemas de producción de carne en ecosistemas de bosque húmedo tropical.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Vicerrectoría de Investigación y Transferencia de la Universidad de La Salle por la financiación del estudio.

REFERENCIAS

- Pitt D, Bruford MW, Barbato M, Orozco-terWengel P, Martínez R, Sevane N. Demography, and rapid local adaptation shape Creole cattle genome diversity in the tropics. *Evol Appl*. 2018;12(1):105-22. <https://doi.org/10.1111/eva.12641>
- Porto-Neto LR, Reverter A, Prayaga KC, Chan EK, Johnston DJ, Hawken RJ, y Goddard ME. The genetic architecture of climatic adaptation of tropical cattle. *Plos One*. 2014;9(11):e113284. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0113284>
- Burrow HM. Importance of adaptation and genotype × environment interactions in tropical beef breeding systems. *Animal*. 2012; 6(5):729-40. <https://doi.org/10.1017/S175173111200002X>
- Scharf B, Carroll JA, Riley DG, Chase CC Jr, Coleman SW, Keisler DH, Weaber RL, Spiers DE. Evaluation of physiological and blood serum differences in heat-tolerant (Romosinuano) and heat-susceptible (Angus) *Bos taurus* cattle during controlled heat challenge. *J Anim Sci*. 2010;88(7):2321-36. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2551>
- Martínez RA, Quiceno J, Gallego JL, Mateus H, Rodríguez, O, Medina P, Ballesteros H. Desempeño de toretes de las razas criollas blanco orejinegro y romosinuano en prueba de crecimiento en pastoreo. *Rev Colomb Cienc Pecu*. 2012;25(1):36-45.
- Bejarano DH, Cardozo JA, Ortiz D, Martínez JF, Ahumada DG, León J, Ramírez J, et al. Caracterización fisiológica y genética para atributos de adaptación a estrés ambiental en cuatro razas criollas colombianas. En: Memorias ENCIP 2013. Universidad de Antioquia. Disponible en: <https://agriperfiles.agri-d.net/display/AS-pub-77A4CE0EE871A49B683D2573017140AB>
- Martínez R, Gómez Y, Rocha JF. Genome-wide association study on growth traits in Colombian creole breeds and crossbreeds with Zebu cattle. *Genet Mol Res*. 2014;13(3):6420-32. <https://doi.org/10.4238/2014>
- Vergara OD, Elzo MA, Cerón-Muñoz MF, Arboleda EM. Weaning weight and post-weaning gain genetic parameters and genetic trends in a Blanco Orejinegro-Romosinuano-Angus-Zebu multibreed cattle population in Colombia. *Livest Sci*. 2009;124(1-3):156-62. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.01.008>
- Pérez-López O, Bueno GA, Baquero JE, Onofre HG, Cassalet-Bustillo E, et al. Modelo productivo tecnologías integrales para sistemas de producción de bovinos de cría en la altillanura colombiana. Mosquera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA; 2019. Disponible en: <http://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/download/35/28/385-1?inline=1>
- Nardone A, Ronchi B, Lacetera N, Ranieri MS, Bernabucci U. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livest Sci*. 2010;130(1-3):57-69. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.02.011>
- Murgueitio RE, Chará JD, Solarte AJ, Uribe F, Zapata C, Rivera JE. Agroforestería Pecuaria y Sistemas Silvopastoriles Intensivos (SSPi) para la adaptación ganadera al cambio climático con sostenibilidad. *Rev. colomb. cienc. pecu*. [Internet]. 2013;260:313-6. Disponible en: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/rccp/article/view/324845>
- Arias RA., Mader TL, Escobar PC. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Arch med vet* 2008;40(1):7-22. <http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2008000100002>
- Pereira AM, Titto EL, Infante P, Titto CG, Geraldo AM, Alves A, Leme TM, Baccari F Jr, Almeida JA. Evaporative heat loss in *Bos taurus*: Do different cattle

- breeds cope with heat stress in the same way? *J Therm Biol.* 2014;45:87-95. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2014.08.004>
14. Ferreira F, Pires MA, Martinez ML, Coelho SG, Carvalho AU, Ferreira PM. Parámetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. *Arq Bras Med Vet Zootec*, 2006;58:732-8. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352006000500005>
 15. Maibam U, Hooda OK, Sharma PS, Upadhyay RC, Mohanty AK. Differential level of oxidative stress markers in skin tissue of zebu and crossbreed cattle during thermal stress. *Liv Sci.* 2018;207:45-50. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.11.003>
 16. Cardozo JA, Gallego J, Tobón J, Barragán W, Restrepo N, Bejarano D, Lucero C. Efecto de variaciones climáticas en el comportamiento de los signos vitales, hormonas tiroideas y proteínas totales de bovinos Cebú y criollos BON, Romo y Costeño con cuernos. En: G. Martínez et al., editores, Libro de resúmenes del XVI Simposio sobre conservación y utilización de recursos Zoogenéticos. Asociación de Criadores de Ganado Criollo de los Llanos Orientales, Red CONBIAND Colombia, y Universidad Nacional de Colombia, 2015, Villavicencio. p. 115.
 17. Chang-Fung-Martel J, Harrison MT, Rawnsley R, Smith AP, Meinke, H. The impact of extreme climatic events on pasture-based dairy systems: A review. *Crop Past. Sci.* 2017;68:1158-69. <https://doi.org/10.1071/CP16394>
 18. Johnson HD. Animal physiology. En: Handbook of Agricultural Meteorology. New York: Ed. John Griffiths; 1994.
 19. Hahn G. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. *J Anim Sci* 1999;77(2):10-20.
 20. Espinoza J, Ortega R, Palacios A, Guillén A. Tolerancia al calor y humedad atmosférica de diferentes grupos raciales de ganado bovino. *Revista Mvz Córdoba [Internet]*. 2011;16(1). <https://doi.org/10.21897/rmvz.288>
 21. Martínez G. Calidad de canales en novillos Cebú y sus cruces con BON y Charoláis. *Revista ACOVEZ.* 2006;36(102):8-13.
 22. Flórez H, León LM, Ballesteros H, Castañeda S, Moreno E, Martínez G, Peña F. Calidad de la carne de bovinos criollos y europeos y sus cruces con cebú en las condiciones de la Orinoquia colombiana. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal AICA.* 2015;6:381-7. http://www.uco.es/conbiand/aica/templatemo_110_lin_photo/articulos/2014/Trabajo041_AICA2014.pdf
 23. IGAC. Municipio de Paratebuena. 2018. Disponible en: <http://www.paratebuena-cundinamarca.gov.co/municipio/nuestro-municipio>
 24. Cadena M, Guzmán D, Ruíz JF. Regionalización de Colombia según la estacionalidad de la precipitación media mensual, a través de análisis de componentes principales (ACP). Grupo de modelamiento de tiempo, clima, y escenarios de cambio climático Subdirección de meteorología-IDEAM; 2014.
 25. Correa HJ, Escalante LF, Jaimes LJ. Efecto de la época del año y la altura remanente posterior al pastoreo sobre el crecimiento y calidad nutricional del pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) en el norte de Antioquia. *Livest Res Rural Dev.* 2018, 30(97). <http://www.lrrd.org/lrrd20/4/corra20059.htm>
 26. Vargas JJ, Sierra AM, Mancipe ME, Avellaneda AY. El kikuyo, una gramínea presente en los sistemas de rumiantes en trópico alto colombiano. *CES Med Vet Zootec.* 2018;13(2):137-156. <https://dx.doi.org/10.21615/cesmvz.13.2.4>
 27. Leyva-Corona JC, Armenta-Castelo DI, Zamorano AR, Thomas MG, Rincón G, Medrano JF, et al. Variables climáticas asociadas a la producción de leche en vacas Holstein criadas bajo condiciones de estrés por calor del Valle del Yaqui, México. *Rev Lat Amet Rec Nat.* 2015;11(1):1-11.
 28. Conejo-Morales JF, WingChing-Jones R. Condiciones climáticas y la producción láctea del ganado Jersey en dos pisos altitudinales. *Agron Mesoam* 2020;31(1):157-176. Disponible en: <http://www.revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso>
 29. Hernández A, Domínguez B, Cervantes P, Muñoz-Melgarejo S, Salazar-Lizán S, Tejeda-Martínez A. Temperature-humidity index (THI) 1917-2008 and future scenarios of livestock comfort in Veracruz, México. *Atmósfera* 2011;24(1):89-102. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-62362011000100007

30. De León-García CR, Manrique C, Martínez R, Rocha JF. Genomic association study for adaptability traits in four Colombian cattle breeds. *Genet Mol Res* 2019;18(3):gmr18373. <https://doi.org/10.4238/gmr18373>
31. Toledo S. Dinámica de crecimiento de una pradera *Brachiaria* Toledo en función del acumulo de materia seca [trabajo de grado]. Universidad la Salle, Bogotá; 2015. Disponible en: <https://ciencia.lasalle.edu.co/zootecnia/236>
32. Córdova, A., Murillo, A., & Castillo.H. Efecto de factores climáticos sobre la conducta reproductiva bovina en los trópicos. *Rev electrón Vet* 2009;11(1):1-12. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n010110.html>
33. Ramírez, L. M, García II. Renovación de pasturas degradadas de kikuyo *Pennisetum clandestinum*, Hoechst, con labranza mínima en una región alto andina de Colombia I. Productividad forrajera. *Acta Agron.* 2004;53(3):69-75.
34. Ortega-Aguirre CA, Lemus-Flores C, Bugarín-Prado JO, Alejo-Santiago G, Ramos-Quirarte A, et al. Características agronómicas, composición bromatológica, digestibilidad y consumo animal en cuatro especies de pastos de los géneros *Brachiaria* y *Panicum*. *Trop Subtrop.* 2015;18(3):291-301. Disponible en <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/1935>
35. Torregroza L, Cuadrado H, Pérez J. Producción de carne en novillos F1 Romo-cebú con pasto angletón (*Dichanthium aristatum*) ensilajes y suplementos en el valle del Sinú. *Rev MVZ Córdoba.* 2006;11(2):825-9. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/693/69311207.pdf>
36. Brandão RKC, de Carvalho GGP, Silva RR, Dias DLS, Mendes FBL, Lins TOJD, Pereira MMS, Guimarães JO, Tosto MSL, Rufino LMA, de Araujo MLGML. Correlation between production performance and feeding behavior of steers on pasture during the rainy-dry transition period. *Trop Anim Health Prod.* 2018;50:105-11. <https://doi.org/10.1007/s11250-017-1408-3>
37. Martínez Correal EG, Gómez Soler J. Peso, rendimiento y composición de canales de machos cruzados cebados en pastoreo, 1. Evaluación de novillos cruzados Blanco Orejinegro (BON), Cebú y sus trihíbridos Santa Gertrudis y Holstein. *Revista ICA.* 1991;26(3-4):293-303. Disponible en: <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/30067>
38. Quiceno AJ, Martínez SR, Mateus EH, Gallego GJ, Medina GP. Crecimiento en pastoreo rotacional de toretes de razas criollas Romosinuano y Blanco Orejinegro en Colombia. *Rev MVZ Córdoba.* 2012;17(1): 2891-2899. <https://doi.org/10.21897/rmvz.258>