

ARTICULO CIENTÍFICO

Desempeño de tres grupos raciales de novillos suplementados con subproductos agroindustriales en pastoreo

Lorena Inés Mestra-Vargas^{A1}; Sony Reza-García^{A2}; Edison Julián Ramírez-Toro^{A3}, Diego Medina-Herrera^{A4}

RESUMEN

El principal objetivo de esta investigación fue evaluar el desempeño productivo de tres grupos raciales de novillos recibiendo o no suplementación con subproductos de la agroindustria en condiciones de pastoreo en el caribe húmedo colombiano. Cuarenta y ocho novillos: Angus x Brahman (AxB), Simmental x Brahman (SxB) y Romosinuano x Brahman (RxB) con peso promedio de $274 \pm 13,76$ kg y 17 meses se distribuyeron aleatoriamente en dos tipos de manejo alimenticio; con suplementación alimenticia (CSA: 24 animales) y sin suplementación alimenticia (SSA: 24 animales) en cada grupo racial, usando un diseño completo al azar (DCA). La suplementación consistió de una mezcla de salvado de arroz (56,5%), semilla de algodón (43,5%) y sal mineralizada (100 g/animal/día). Las mayores ganancias diarias de peso (GDP) fueron observadas en los animales de los tratamientos AxB CSA, SxB CSA y RxB CSA ($p=0,001$) con 730, 942 y 650 g/animal/día, respectivamente. Las GDP de los animales de los tratamientos AxB SSA, SxB SSA y RxB SSA correspondieron a 560, 520, y 608 g/animal/día. En cuanto a las mediciones de composición corporal por ultrasonido, los mayores atributos del área del ojo del lomo, ($p=0,0175$) lo presentaron los tratamientos AxB CSA ($43,73 \pm 2,31$ cm²) y RxB CSA ($45,51 \pm 2,34$ cm²) y para el espesor de grasa del anca ($p=0,0229$), el tratamiento RxB CSA ($3,97 \pm 0,32$ mm). La mayor producción de carne, kg/ha proyectada a un año, correspondió al promedio de los biotipos CSA con 1.131,33 kg/ha/año, superando en 27,5% la producción de biotipos SSA de 821,26 kg. A partir de los resultados obtenidos en esta investigación, la suplementación de novillos en pastoreo con subproductos de la agroindustria se convierte en una actividad productiva para incrementar la GDP y producción de carne kg/ha, reflejando el potencial de esta práctica como una estrategia válida para el desarrollo de sistemas de

^A Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria- AGROSAVIA; Centro de Investigación Turipaná Km 13 vía Cereté, Córdoba, Colombia.

¹ Autora para correspondencia: lmestra@agrosavia.co (<https://orcid.org/0000-0003-3717-0153>)

² sonyreza@yahoo.com (<https://orcid.org/0000-0001-6063-9664>)

³ ejramirez@agrosavia.co (<https://orcid.org/0000-0002-1418-6788>)

⁴ damedina@agrosavia.co (<https://orcid.org/0000-0003-1761-9777>)

Recibido: 22 mayo 2020 Aceptado: 28 julio 2020

Esta obra está bajo licencia internacional Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas 4.0.



producción de carne más eficientes y competitivos para la región del caribe húmedo colombiano.

Palabras clave: alimentación de rumiantes, *Cynodon nlemfuensis*, ganado de carne, ganancia de peso, pastoreo rotacional, ultrasonido

ABSTRACT

Performance of three racial groups of grazing steers supplemented with agroindustrial by-products. The main objective of this research was to evaluate the productive performance of three racial groups of steers, receiving or not supplementation with agro-industry by-products under grazing conditions in the humid Colombian Caribbean. Forty-eight steers: Angus x Brahman (AxB), Simmental x Brahman (SxB) and Romosinuano x Brahman (RxB) with average weight of $274 \pm 13,76$ kg and 17 months old were randomly distributed to two types of feed management; with feed supplementation (CSA: 24 animals) and without feed supplementation (SSA: 24 animals) in each breed group, using a complete randomized design (DCA). The supplementation consisted of a mix of rice bran (56.5%), cottonseed (43.5%) and mineralized salt (100 g/steer/day). The highest daily weight gain (GDP) was observed in the animals of the treatments AxB CSA, SxB CSA and RxB CSA ($p = 0.001$) with 730, 942 and 650 g/day respectively. The GDP of the animals AxB SSA, SxB SSA and RxB SSA, corresponded to 560, 520, and 608 g/animal/day. Regarding body composition by ultrasound measurements, the greater attributes of the ribeye area ($p=0.0175$) were observed for the AxB CSA (43.73 ± 2.54 cm²) y RxB CSA treatments ($45,51 \pm 2,34$ cm²) and for the rump fat thickness ($p=0.0229$), the RxB CSA treatment (3.97 ± 0.25 mm). The highest projected meat production kg/ha in a year, corresponded to the average for the biotypes of CSA treatment with 1,131.33 kilograms/ha/year, surpassing by 27.5% the production of SSA biotypes treatment of 821.26 kilograms. From the results obtained in this research, the supplementation of grazing steers with by-products of agro-industry becomes a productive activity to increasing GDP and meat production kg/ha, reflecting the potential of this practice as a valid strategy for the development of more efficient and competitive meat production systems for the humid Colombian Caribbean region.

Key words: ruminant feeding, *Cynodon nlemfuensis*, beef cattle, weight gain, rotational grazing, ultrasound

INTRODUCCIÓN

En la Región Caribe colombiana, los sistemas de producción bovina aportan a la economía nacional alrededor de 1.902.908 toneladas anuales de carne en canal para el consumo interno y el mercado internacional (DANE, 2020). Sin embargo, los indicadores productivos y económicos de la ganadería presentan una baja eficiencia técnica, asociada a la calidad en la alimentación, y a los elevados costos que se presentan en estos sistemas de producción (Santana et al., 2009; Rodríguez, Llano y Fonseca, 2018).

Estrategias para mejorar la productividad de los sistemas bovinos de tipo carne en el trópico colombiano se concentran en optimizar la oferta alimentaria para mitigar el impacto negativo de la restricción de nutrientes que comúnmente presentan las pasturas (Sossa, Velilla y Barahona, 2011; Botero y Martínez, 2017; Mestra, Santana y Medina, 2018) y en el desarrollo de programas de mejoramiento genético mediante el cruzamiento de razas especializadas entre bovinos criollos y europeos con Brahman. Esto para contribuir a la producción de animales más eficientes, con mejores desempeños productivos y reducida edad al sacrificio (Florez et al., 2014) lo que representa un mayor lucro, cuando el propósito es aumentar la eficiencia de la producción animal y reducir los costos asociados en los sistemas de producción de carne (Plasse et al., 2000; Arthur, Archer y Herd, 2004; De Faria et al., 2019).

La productividad de los animales mantenidos en pastoreo depende del potencial genético, la disponibilidad y el valor nutritivo de las pasturas. Sin embargo, cuando los pastos son implementados en los sistemas de producción como la única fuente alimentaria para el desarrollo de bovinos, la tasa de crecimiento animal puede ser menor que la producción esperada, debido a que los forrajes no contienen todos los nutrientes esenciales en las proporciones adecuadas para atender las exigencias de los animales (De Moraes et al., 2012).

Una de las principales causas de estas restricciones obedece a la variación climática que incide sobre la estacionalidad de las pasturas que ocurre en países del trópico, en la cual los recursos forrajeros disponibles en los sistemas de producción, enfrentan marcadas fluctuaciones limitando la oferta y calidad nutricional (Reis, Ruggieri, Oliveira, Azenha y Cassagrande, 2012; Hoffmann et al., 2014). La principal restricción que presentan los forrajes en época seca es la drástica reducción de la disponibilidad de proteína cruda (PC), que limita el consumo de nutrientes necesarios para cubrir las exigencias diarias. En contraste con la época de lluvia, cuando ocurre una mayor oferta de pasto con mayor disponibilidad de proteína cruda y alta degradabilidad ruminal, pero con desequilibrios en el balance nutricional, que se caracteriza por un exceso relativo de energía (joule) en relación con la PC disponible durante esta época (Detmann, Paulino y Valadares-Filho, 2010; Detmann, Valente, Batista y Huhtanen, 2014).

Los forrajes producidos en praderas naturales son la principal y más económica de las fuentes de alimentos disponibles para rumiantes. Sin embargo, debido a la estacionalidad de las lluvias que ocurre en el Caribe Húmedo colombiano durante el año, caracterizada por un marcado periodo de sequía con duración aproximada de cinco meses, se limita la calidad nutricional de los forrajes y su disponibilidad. Según lo indicado por Mejía, Cuadrado y Riveros (2013) se disminuyen entre un 30 y 60%, con consecuencias sobre la producción animal puesto que se generan estados de subnutrición y pérdidas de peso que oscilan en promedio de 20 a 30 kg, y equivalen entre 100 a 150 kg por animal por año (Botero-Carrera, 2016) impactando negativamente la eficiencia del modelo de producción.

Ante las limitaciones de la oferta de nutrientes que durante la época crítica presentan los forrajes de los sistemas de producción de carne bovina del caribe colombiano, se resalta la necesidad de implementar estrategias tecnológicas para el manejo alimenticio de los animales. De este modo la suplementación en pastoreo es una alternativa que permite auxiliar las deficiencias dietéticas del forraje, estimular el consumo voluntario, los nutrientes digestibles y la conversión de alimentos en producto final. A este propósito, Ortiz, Posada y Noguera (2017) indican que la utilización de subproductos agroindustriales fibrosos para la alimentación de rumiantes contribuye a mejorar los índices productivos de animales debido a su potencial nutricional y disponibilidad de precios competitivos respecto a otros ingredientes de la agroindustria. La semilla de algodón (*Gossypium sp.*) y el salvado de arroz (*Oryza sativa*) son recursos alimenticios que representan un importante aporte de nutrientes en la materia seca de proteína y energía para la alimentación del ganado (Oviedo, Pastrana, Maza, Salgado y Vergara, 2011; Heuzé, et al., 2015) que, al poseer características bromatológicas diferentes, presentan variabilidad en el comportamiento degradativo en rumen pudiendo influenciar en el desempeño de los animales.

Por otra parte, la composición corporal de los novillos, mediante evaluaciones por la ultrasonografía en tiempo real (UTR) para las características de la canal *in vivo* del área del ojo del lomo (AOL) y deposición de grasa del anca o P8 (EPG8), actualmente se ha convertido en una tendencia de interés para determinar la competitividad en los sistemas especializados de producción de carne del trópico colombiano y el manejo desde los hatos ganaderos (Murillo, Calle y Rosales, 2010; Ríos, Torauco y Barahona, 2011). Mediante esta técnica se permite identificar *in vivo* el potencial de bovinos del rebaño como un todo, para los atributos de desarrollo muscular, precocidad, y acabado, así como la predicción de las características de producción de canal (peso) y calidad de la carne (marmóreo).

En el departamento de Córdoba, Colombia, existen pocas investigaciones sobre el desempeño productivo de novillos F1 suplementados en pastoreo, por tal razón, el objetivo del presente

estudio fue evaluar la respuesta productiva de novillos F1 de diferentes biotipos raciales, recibiendo suplementación con subproductos de algodón y arroz en condiciones de pastoreo, como una alternativa para mejorar la intensificación del sistema de producción de carne en el caribe húmedo colombiano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio

El estudio se realizó en el Centro de Investigación Turipaná de Agrosavia, localizado en el departamento de Córdoba, Colombia (8° 50' 15.2" de latitud N y 75° 47' 33.9" de longitud O), con altitud de 13 msnm topografía plana, temperatura anual de 28 °C, humedad relativa promedio de 82 % y pluviosidad promedio de 1200 mm. El estudio fue conducido durante 135 días (agosto-diciembre de 2015). Todos los procedimientos experimentales fueron sometidos al concepto del comité de Bioética de Agrosavia.

Animales y condiciones de manejo experimental

Para el estudio fueron utilizados 48 novillos F1 en promedio de 17 meses de edad y $274 \pm 13,74$ kg, respectivamente. Para el manejo sanitario de los novillos, se realizaron desparasitaciones y vacunaciones contra enfermedades de control oficial Fiebre aftosa y Carbón sintomático, en los ciclos establecidos por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Los animales fueron manejados en pastoreo rotacional intensivo (PRI) en 12 ha de praderas de estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*). Para la asignación de los tratamientos, se utilizó un diseño completo al azar (DCA) con seis tratamientos, representados por tres biotipos raciales, Angus x Brahman (AxB), Simmental x Brahman (SXB) y Romosinuano x Brahman (RXB) con dos tipos de manejo alimenticio; con suplementación (CSA) y sin suplementación (SSA). Para el experimento se emplearon un total de 48 animales (16 por grupo racial), los cuales fueron asignados aleatoriamente a razón de ocho repeticiones por tratamiento.

El área total utilizada correspondió a 12 ha, y para cada biotipo racial por tratamiento (CSA y SSA) fue asignada un área independiente de 2 ha, la cual fue subdividida en ocho potreros de 0,25 ha, con tres días de ocupación y 21 días de descanso, con carga de cuatro animales por ha, cada tercer día los animales fueron rotados entre los potreros para la asignación del forraje.

Nutrición y Alimentación

El suplemento ofrecido a los animales correspondió en promedio a 1,300 kg/MS/animal/día de la mezcla constituida por salvado de arroz (*Oryza sativa*) en un 56,5% y semilla de algodón (*Gossypium sp*) en un 43,5% además del suministro de sal mineralizada (100 g/animal/día). Los animales fueron alimentados bajo condiciones de pastoreo, en comederos grupales móviles, diariamente a las 10:00 a.m. durante 135 días (agosto-diciembre) con 15 días de adaptación al consumo y 120 días de suministro de la ración en la pradera. La cantidad de alimento se ajustó diariamente permitiendo un 10% de rechazo.

Procedimientos experimentales y evaluaciones

Durante el periodo experimental, se evaluó la disponibilidad de forraje en base seca (kg/ha) al pre-pastoreo de los potreros asignados a los animales mediante la metodología de disponibilidad por frecuencia, propuesta por Franco, Calero y Duran (2006). El consumo de forraje en pastoreo se calculó por el método agronómico (Hammeleers, 2002) como la diferencia entre el forraje disponible al pre-pastoreo (kg/MS) y el forraje residual pos-pastoreo. La eficiencia en el uso de la pastura fue calculada así:

$$\text{Eficiencia de pastoreo} = (\text{consumo estimado de MS (kg/ha)} / \text{oferta de MS (kg/ha)}) \times 100.$$

Para la evaluación de la calidad nutritiva de los alimentos, las muestras de forraje se llevaron a secado en estufa de ventilación forzada a 60°C (BINDER® FD115) método NTC4888 (ICONTEC, 2000), posteriormente las muestras fueron molidas a 1 mm para los análisis de composición química. Las muestras de pastos y suplemento fueron sometidas a análisis de macro componentes, de acuerdo con los métodos de referencia AOAC (2011) en el laboratorio de Nutrición Animal del C.I. Turipaná-Agrosavia, para determinar la composición de materia seca a 105 °C (método 2001.12); cenizas (método 942.05); proteína cruda (método 984.13); grasa (método 2002.06); fibra en detergente neutro FDN (método 2002.04); fibra en detergente ácido (FDA) (método 973.18), y los análisis de extracto etéreo se realizaron en digestor de ácidos grasos (Foss Soxtec TM 2050). Los resultados obtenidos de los análisis químicos del forraje y de subproductos de la agroindustria, se ajustaron en la categoría del sistema de carbohidratos y proteínas de Cornell CNCPS (Fox et al., 2004) para realizar la formulación y determinar el balance nutricional, el consumo y digestibilidad de nutrientes, del suplemento y del forraje y predecir la ganancia de peso diario de los animales.

Las variables evaluadas para determinar el desempeño animal correspondieron a la ganancia diaria de peso (GDP) condición corporal, y composición corporal. La ganancia de peso (GDP)

individual de los biotipos de animales asignados a cada tratamiento AxB CSA, SxB CSA y RSxB CSA., AxB SSA, SxB SSA y RSxB SSA,) se registró cada 28 días utilizando báscula electrónica (TRU-TEST EW6®). Con base en el peso vivo, se determinó la ganancia diaria de peso acumulada (GDP) en el periodo calculado mediante la diferencia entre el peso vivo inicial (PVI) y el peso vivo final (PVF) dividido por el número de días de la evaluación, utilizando la siguiente fórmula:

$$GDP = (\text{Peso vivo final} - \text{Peso vivo inicial}) / \text{No de días de evaluación}$$

La evaluación de condición corporal se realizó en una escala de 0-9 puntos, descrita por Farney et al., (2016) en la cual 0= representa animales muy delgados y 9= animales obesos.

La evaluación de la composición corporal de novillos, se realizó con ultrasonografía en tiempo real (UTR), mediante dos imágenes ecográficas realizadas individualmente a cada animal, la primera tomada en las regiones anatómicas entre la 12ª y 13ª costilla, transversal a la columna vertebral en el músculo *Longissimus lumborum*, donde se determinó el área del ojo de lomo (AOL) medida en cm² y la segunda imagen fue tomada a nivel del anca entre las tuberosidades ileal e isquiática entre los músculos glúteo medio y bíceps femoral donde se determinó la deposición de grasa del anca o P8 (EPG8) medida en mm. Las mediciones se realizaron con intervalos de 60 días utilizando un escáner (Pie Medical Aquila Vet® 200 SLC) y la sonda lineal de 18 cm de 3,5 MHz (Modelo ASP-18).

Diseño experimental y análisis estadístico

El efecto de los tratamientos sobre variables evaluadas fue analizado mediante un análisis de varianza para un DCA mediante procedimiento General Linear Model y el modelo estadístico utilizado fue:

$$y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

Donde: y es la variable dependiente, μ es la media general, T_i es el efecto de los tratamientos dietéticos (i = AxB CSA, SxB CSA, RxB CSA, AxB SSA, SxB SSA, RxB SSA) y e_{ij} es el término de error que se considera sigue una distribución.

En los casos donde resultó significativo el efecto de los tratamientos, la diferencia entre medias se determinó por mínimos cuadrados, realizando la separación de grupos mediante la prueba de Tukey-Kramer al nivel de significancia del 5%. Todos los análisis fueron efectuados con el programa estadístico INFOSTAT-P (Di Rienzo et al., 2016).

RESULTADOS

Disponibilidad de forraje y consumo por tratamiento

La mayor oferta de forraje ($p=0,0271$) evaluada a la entrada y salida de los animales en los potreros durante el pastoreo, se presentó en las praderas que correspondieron a los tratamientos AxB CSA, SxB CSA y RxB CSA en promedio de $1.929 \pm 0,322$ kg/MS/ha, con un consumo de materia seca diaria, levemente superior en $1,02$ kg/MS/día. En las praderas de animales de los tratamientos AxB SSA, SxB SSA y RxB SSA, correspondió a $1.410 \pm 0,100$ kg/MS/ha, representando una diferencia del 26,9% a favor de animales CSA, (Cuadro 1).

Cuadro 1. Disponibilidad de materia seca del forraje (kg/día) y el consumo de novillos en pastoreo por tratamientos.

Tratamientos	¹ Forraje disponible (kgMS)	Consumo (MS Kg/há)		² Consumo (MS kg/animal/día)	Eficiencia de pastoreo (%)
		Entrada	Salida		
Angus x Brahman (CSA)	1.658 ^a	751,3 ^a	907	9,04 ^a	54,7 ^a
Simmental x Brahman (CSA)	2.285 ^a	1.265,9 ^a	1.019,8	11,0 ^a	44,6 ^a
Romosinuano x Brahman (CSA)	1.843 ^a	973,0 ^a	870,8	9,0 ^a	47,21 ^a
Angus x Brahman (SSA)	1.452 ^b	657,7 ^b	795,0	8,0 ^a	54,75 ^b
Simmental x Brahman (SSA)	1.483 ^b	573,4 ^b	910,4	10,0 ^a	61,36 ^b
Romosinuano x Brahman (SSA)	1.269 ^b	510,7 ^b	785,3	8,0 ^a	60,65 ^b
P- valor	0,0271	0,0012	0,3358	0,3371	0,001

¹Oferta de forraje (kg/MS/ha) evaluado a la entrada y salida de potreros durante el pastoreo de animales.

²Promedio del consumo de forraje, (kg/MS/animal/día) por tratamientos durante la rotación en los potreros asignados. Letras diferentes en una misma columna indican diferencias estadísticas ($P < 0,05$).

La eficiencia pastoril (%) fue mayor ($p=0,001$) en animales SSA con $58,92 \pm 3,63$, y en los animales CSA fue de $48,85 \pm 5,23$, inferior en 17,09% a favor de los tratamientos AxB SSA, SxB SSA y RxB SSA. Presentando una correlación entre la disponibilidad y el consumo estimado de forraje (kg/MS/ha) en función de la intensidad de pastoreo y días de ocupación de la pradera ($R^2 = 0,74$) lo cual representa una alta confiabilidad para predecir el consumo de los novillos

de ambos tratamientos bajo condiciones de pastoreo rotacional intensivo (PRi). Asimismo, los resultados de la eficiencia pastoril de animales de los tratamientos AxB SSA, SxB SSA y RxB SSA en promedio correspondió a 58,92%.

Composición nutricional del forraje y suplemento

Con relación a la composición química del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) y del suplemento ofrecido durante el periodo de la evaluación (Cuadro 2) se evidencia que, el pasto estrella presentó durante el periodo de evaluación valores de proteína cruda en promedio de 11,2 % MS.

Cuadro 2. Composición química del forraje, subproductos y del suplemento en % de la materia seca

¹ Composición química (%)	² Pasto Estrella	³ Salvado de arroz (<i>Oryza sativa</i>)	³ Semilla de algodón (<i>Gossypium sp.</i>)	⁴ Suplemento
Materia seca-MS (%)	22,0	89,30	92,2	90,0
Cenizas-CNZ (%)	11,88	9,5	4,32	5,6
Materia orgánica-MO (%)	88,12	90,5	95,68	93,26
Proteína cruda-PC (%)	11,20	14,00	23,68	21,62
Extracto etéreo-EE (%)	2,64	12,25	20,45	16,34
Fibra detergente neutro FDN (%)	59,14	19,01	35,00	27,0
Fibra detergente ácido FDA (%)	30,12	13,27	27,87	19,0
CHOT (%)	71,88	64,35	51,55	56,44
CNF(%MS)	12,74	45,34	16,55	29,44

¹ MS- materia seca; CNZ- Cenizas MO- Materia Orgánica; EE-Extracto etéreo; FDN-Fibra detergente neutro; FDA- Fibra detergente ácido FDN-fibra en detergente neutro CHOT: carbohidratos totales=100-(%PB+%EE+%CZ), CNF: carbohidratos no fibrosos (%CHOT - %FDN). ²Forraje: muestras obtenidas durante el periodo experimental g/kg MS ³Subproductos de la agroindustria utilizados para la elaboración del suplemento. ⁴Composición del suplemento: salvado de arroz 56,5%, semilla de algodón 43,5% y sal mineralizada (100 g/animal/día).

Consumo de nutrientes y desempeño productivo animal

Al comparar el consumo de nutrientes del forraje y suplemento entre biotipos sometidos a diferentes tratamientos (Cuadro 3), se observa que los animales de los tratamientos AxB CSA, SxB CSA y RxB CSA recibieron una mayor oferta de nutrientes diarios (kg/día) superando a los animales de los tratamientos AxB SSA, SxB SSA y RSxB SSA en el consumo de materia seca (MS) en 2,300 kg/MS, proteína metabolizable (PM) en 269 g/kg MS, energía metabolizable (EM) en 5,64 Mcal/kg MS y de nutrientes digestibles totales (NDT) en 1,406 kg frente a los

biotipos SSA. Esto influenció ($p < 0,001$) el desempeño productivo donde la ganancia de peso promedio diario (GDP) y peso final (PF) de animales (Cuadro 4) en promedio correspondió a 780 g/animal/día y 386 kg, respectivamente. Las GDP y PF entre los biotipos de los tratamientos AxB SSA, SxB SSA y RxB SSA, correspondieron en promedio a 560 g/animal/día y PF de 340,4 kg, el cual fue inferior en un 9,09 % del peso final del grupo de animales CSA.

Cuadro 3. Valores del consumo de los nutrientes diarios en novillos F1 con dos tipos de manejo alimenticio (con suplementación- CSA y sin suplementación- SSA).

¹ Nutrientes	CSA ² (n=24)	SSA (n=24)
Materia seca del forraje (kg)	10,0	9,0
Materia seca del suplemento (kg)	1,300	-
Consumo de MS (% PV)	3,0	2,6
Proteína cruda (kg)	1,526	1,016
EM (Mcal/kg/MS)	24,07	18,43
ENg (Mcal/kg/MS)	0,53	0,47
PM (g)	974	705
NDT (kg)	6,440	5,038

¹Valores de EM: Energía Metabolizable (Mcal.kg.MS) ENg: Energía Neta de ganancia (Mcal/kg/MS) PM: proteína metabolizable (g/día) y NDT: Nutrientes Digestibles Totales (kg/día) de dietas por tratamientos evaluados mediante CNCPS V 6.5.5.1

² Composición del suplemento: salvado de arroz 56,5%, semilla de algodón 43,5% y sal mineralizada (100 g/animal/día).

No hubo diferencias ($p=0,1226$) en el puntaje de la condición corporal final (CCF) para novillos de los tratamientos AxB SSA, SxB SSA y RxB SSA y en AxB CSA, SxB CSA y RxB CSA (Cuadro 4). La CCF evaluada en los animales SSA y CSA correspondió en promedio a 5,2 y 6,5, respectivamente. Sin embargo, los animales AxB, SxB y RxB CSA, presentaron una mayor CCF, superior numéricamente en promedio de 1,3 puntos de la escala, y el mejor desempeño para los atributos físicos de engrasamiento en la base de la cola, y musculosidad de los animales, las cuales son atributos de interés para los sistemas ganaderos intensivistas en la producción de carne.

Cuadro 4. Desempeño productivo (medias \pm EE) de novillos F1 en grupos de tratamientos CSA¹ (con suplementación) y SSA (sin suplementación).

² Tratamientos	Peso Inicial (kg)	Peso Final (kg)	³ GDP (g/día)	⁴ CC Final
AxB (SSA)	281,62 \pm 18,4 ^a	354,75 \pm 9,15 ^a	560 \pm 0,04 ^a	5,7 \pm 0,48 ^a
AxB (CSA)	278,80 \pm 21,5 ^a	382,43 \pm 9,17 ^b	730 \pm 0,04 ^b	6,5 \pm 0,38 ^a
SxB (SSA)	255,00 \pm 33,0 ^a	319,50 \pm 9,97 ^a	520 \pm 0,043 ^a	5,1 \pm 0,36 ^a
SxB (CSA)	268,14 \pm 28,7 ^a	390,63 \pm 9,97 ^b	942 \pm 0,045 ^c	6,8 \pm 0,68 ^a
RxB (SSA)	268,40 \pm 30,7 ^a	347,0 \pm 16,0 ^a	608 \pm 0,05 ^a	5,0 \pm 0,58 ^a
RxB (CSA)	295,0 \pm 15,8 ^a	379,0 \pm 5,22 ^a	650 \pm 0,05 ^{bc}	6,2 \pm 0,68 ^a
Valor de P		0,004	0,001	0,1226

¹ Composición del suplemento: salvado de arroz 56,5%, semilla de algodón 43,5% y sal mineralizada (100 g/animal/día). ² Biotipo racial: AxB: Angus x Brahmán SxB: Simental x Brahman. RxB: Romosinuano x Brahman. ³ GDP: Ganancia de peso (g/día) ⁴ CCF: condición corporal final (evaluada en escala de 0-9). Medias sin letra común en una misma columna, indican diferencia estadística (P<0,05).

Al comparar los rendimientos productivos en función de la estimativa de la producción de carne del sistema, proyectados a un año y por unidad de superficie (kg/ha/año) para los animales de este estudio, se observa que los tratamientos AxB CSA, SxB CSA y RxB CSA; presentaron una ganancia total de peso en promedio de 103,6, 104,5, y 85,0 kg, respectivamente durante todo el período de evaluación, equivalentes a ganancias de 730, 942 y 650 (g/animal/día) y una proyección de la producción de carne/ha/año, de 1.065, 1.375 y 954 kg. En los tratamientos AxB SSA, SxB SSA y RxB SSA, hubo ganancias de peso de 64,5, 73,13 y 79 kg equivalentes a ganancias diarias de 558, 520 y 608 (g/animal/día), respectivamente, y una producción estimada de carne/ha/año en el sistema de 817,6, 759,2 y 887,0 kg.

Lo anterior destaca, que el mejor desempeño productivo para la producción de carne/ha/año, bajo el manejo de 4 animales/ha, estaría representado por los biotipos AxB SxB y RxB del tratamiento CSA en 1.131,33 kg/ha/año respectivamente, superando en un 27,5% la producción de carne/ha/año de los tratamientos SSA que se estimarían en 821,26 kg/ha/año.

Composición corporal de novillos

En la literatura no se reportan trabajos que relacionen el efecto de la suplementación energético-proteica, sobre las variables de composición corporal evaluadas mediante mediciones por ultrasonografía para los novillos de los diferentes grupos raciales empleados en el presente estudio, ya sea en condiciones de pastoreo o en confinamiento. En el Cuadro 5

se describen los valores medios de la evaluación de composición corporal del área del ojo (AOL) y espesor de grasa del anca (EGP8) entre novillos de los diferentes tratamientos.

Cuadro 5. Composición corporal *in vivo*, medidas de área del ojo del lomo (AOL-cm²) y deposición de grasa en el anca (EGP8-mm) de novillos (medias ± EE) en tratamientos CSA¹ (con suplementación) y SSA (sin suplementación).

² Biotipos	³ AOL (cm ²)	⁴ EGP 8 (mm)
AxB (² SSA)	40,92±2,24 ^a	2,91±0,36 ^a
AxB (³ CSA)	43,73±2,54 ^b	3,29±0,32 ^a
SxB (SSA)	34,98±1,27 ^a	2,50±0,16 ^a
SxB (CSA)	40,33±1,47 ^a	2,65±0,24 ^a
RxB (SSA)	40,01±2,94 ^a	3,15±0,27 ^a
RxB (CSA)	45,51±2,34 ^b	3,97±0,25 ^b
Valor de P	0,0175**	0,0229*

¹Composición del suplemento: salvado de arroz 56,5%, semilla de algodón 43,5% y sal mineralizada (100 g/animal/día). ² Biotipo racial: AXB: Angus x Brahmán SxB: Simmental x Brahman. RxB: Romosinuano x Brahman. ³ AOL: área del ojo del lomo (cm²) ⁴ EGP8: grasa del anca (mm). Medias sin letra común en una misma columna indican diferencia estadística.

El promedio del AOL fue superior (p=0,0175) para los tratamientos AxB CSA y RxB CSA, que correspondieron a 43,73 y 45,51 cm², respectivamente y de 40,92, 34,98 y 40,01cm² para los tratamientos AxB SSA, SxB SSA y RxB SSA. Al comparar esta característica entre animales del mismo biotipo racial, pero con diferente alimentación, se observaron diferencias numéricas del AOL de 5,3 cm² superiores para los biotipos SxB CSA comparado con SxB SSA, de 2,8 cm² para los biotipos AxB CSA comparado con AxB SSA, y de 5,5 cm² y para el tratamiento RxB CSA comparado con RxB SSA.

En tanto que, para los resultados de espesor de grasa (EGP8), el tratamiento RxB CSA presentó diferencia (p=0,0229) superior al compararlo con los tratamientos AxB, SxB y RxB, SSA (1,06, 1,47 y 0,82 mm).

DISCUSIÓN

La eficiencia pastoril de los animales de los tratamientos AxB SSA, SxB SSA y RxB SSA en promedio correspondió a 58,92%, lo cual fue similar a la reportada por Rodríguez, Patiño y Gil (2011) quienes observaron eficiencias del 62,8% con una producción media de materia seca de 3.830 kg/ha con 3,1 animales/ha y ganancias de peso de 511 g/animal/día, en pasturas de

Dichanthium aristatum, *Cynodom nlemfuensis* y *Brachiaria mutica*. La menor eficiencia pastoril del grupo de animales AXB CSA, SXB CSA y RXB CSA posiblemente se debe al efecto de la suplementación sobre el consumo del forraje. Estos resultados fueron similares a los de Elizalde (2003), quien observó valores de sustitución de consumo de forraje de alta calidad por suplemento entre 0,5 a 1 kg de forraje sustituido por kg de suplemento consumido. Adicionalmente, en estudios de Canesin, Berchielli, Andrade y Reis (2007) y Moretti et al. (2011), quienes al suplementar bovinos F1 en pastoreo al 1 y 0,3% del peso vivo respectivamente, observaron una reducción en el consumo de forraje en relación con el consumo del suplemento diario.

Al respecto, Reis, Ruggieri, Casagrande y Páscoa (2009) indican que cuando se realiza suplementación de animales en pastoreo, ocurren tres posibles efectos sobre el consumo, identificados como efectos: aditivo, combinado o sustitutivo, así mismo variables inherentes a los animales y en las plantas influirán sobre estos efectos. En el presente estudio se observó que los animales CSA tuvieron menor eficiencia del pastoreo lo cual estaría relacionado a un efecto sustitutivo positivo, en razón a que hubo reducción en el consumo de una parte la MS del forraje en la misma proporción en la que aumentó el consumo de MS del suplemento (Cuadro 1).

Sin embargo, en el presente estudio, la tasa de sustitución fue baja en razón a que el nivel de suplementación correspondió al 0,5% del peso vivo/animal/día sin afectar negativamente el desempeño productivo animal, que por el contrario presentó un aumento lineal en la ganancia de peso diario observado durante el periodo de evaluación. En estudios de Silva et al. (2010), se indica que el efecto sustitutivo ocurre cuando los animales tienen a disposición forraje *ad libitum* y cantidad limitada de concentrado, ocasionando aumento de la ganancia de peso y de la elevación en la capacidad de soporte de los pastos.

En diversos estudios se han evidenciado los efectos positivos de la suplementación en rumiantes para suplir los requerimientos de energía, proteína y para optimizar el consumo, digestibilidad y desempeño de bovinos en pastoreo. No obstante, la respuesta animal a esquemas de suplementación dependerán substancialmente de la estacionalidad y características químicas y estructurales de la pastura base (Drewnoski y Poore, 2012) y de manera rutinaria, el contenido de proteína cruda (PC) del forraje se considera como la base para la respuesta animal a la suplementación (De Paula et al., 2019).

En el presente estudio, el valor de proteína cruda (%PC) del forraje fue superior al compararlo con los aportes de proteína de las gramíneas tropicales de la región caribe de Colombia (promedio del 5-8% de PC), y superior al valor mínimo de 7% , como limitante para una

adecuada actividad de los microorganismos del rumen e inferior al 12% que, según Figueiredo et al. (2008), es el aporte necesario para la producción máxima de bovinos de tipo carne. Por otra parte, el suplemento utilizado contenía 21,62 % de proteína cruda (% MS). Así mismo se observó que el promedio del % FDN de la pastura correspondió al 60%, lo que pudo contribuir a mejorar la digestibilidad y consumo voluntario diario del forraje por los animales.

Las ganancias de peso de animales SSA fueron similares a las GDP reportadas por Mejía et al. (2019), de 0,574 y 0,612 kg/día en un modelo de producción de carne para bovinos F1 en pastoreo, no suplementados y con cargas entre 3 y 5 animales/ha. Las ganancias de peso observadas en este grupo de animales, probablemente obedeció a que la disponibilidad de NDT de la dieta, correspondía al 50,9% no aportando los nutrientes necesarios para permitir mayores ganancias de peso en los animales.

Las respuesta productiva de novillos F1 suplementados con subproductos de la agroindustria en el Caribe Húmedo colombiano, han sido reportadas por Montoya, *et al.* (2003). Los autores evaluaron, en 22 novillos Brahman en pastoreo rotacional de Angletón (*Dichanthium aristatum*), la suplementación con semilla de algodón (1 kg) y 300 g de salvado de arroz, además de ensilaje de maíz durante época seca. Obtuvieron ganancias de peso en promedio de 0,872 kg/animal/día, incrementando en 153 g/día la ganancia de peso diaria de los animales. Por otra parte, Torregroza, Cuadrado y Pérez (2006) evaluaron, en novillos F1 en pastoreo rotacional de Angleton (*Dichanthium aristatum*), la suplementación en época seca con 10 kg de ensilaje de maíz balanceado con 0,2% de urea-sulfato de amonio y 1,5 kg de la mezcla de semilla de algodón y reportaron ganancias máximas de 0,660 kg/animal/día. Manrique, Montes, Patiño, Cuello y Regino (2013), quienes evaluaron la suplementación con torta de algodón y salvado de arroz al 0,5% en bovinos F1, reportaron ganancias de diarias de peso de 0,272 kg/animal/día. En ambos caso, los resultados son inferiores al compararse con la ganancia de peso (g/d) de los animales CSA del presente estudio.

Por lo anterior, los mejores desempeños productivos observados en los animales de los tratamientos AxB CSA y SxB CSA, se atribuyen en gran medida a la calidad nutricional del pasto estrella, el cual representó el 80% del consumo diario de la MS, que en asocio con la cantidad de suplemento ofrecido por animal (1,300 kg/día), influenciaron positivamente la digestibilidad de la materia orgánica de los alimentos utilizados en los animales experimentales.

Lo anterior, evidenciado por el mayor consumo de NDT y PC (kg/día) y así mismo, coadyuvó a un manejo y utilización más eficiente del recurso de pastura disponible. Al respecto, Detmann, Paulino y Cecon (2005), Costa et al. (2005), Baroni et al. (2012), Uddin, Khandaker, Khan, y Khan (2015) indican que los principales efectos de la suplementación de animales en pastoreo,

es el optimizar el consumo del forraje, al mejorar el aporte de nutrientes críticos: energéticos o proteicos, e influenciar de manera eficiente sobre los parámetros ruminales de: pH, concentración de nitrógeno amoniacal, síntesis microbiana, degradabilidad y la tasa de pasaje, generando un efecto dinamizador de la capacidad ruminal para degradar la fibra, para optimizar la digestibilidad de la materia seca, y nutrientes totales requeridos para el desempeño animal y la eficiencia en la conversión del producto final.

Las respuestas productivas para los biotipos del presente estudio son confirmadas por Ramírez-Barboza, Valverde-Abarca y Rojas-Bourrillón (2017), cuando indican que para mejorar líneas genéticas es necesario compensar por medio de una alimentación balanceada las demandas de nutrimentos que los animales presentan para lograr producir con índices competitivos en el sistema de producción. Por lo anterior, la suplementación con componentes energéticos y proteicos permite atender las exigencias de nutrientes limitantes, predisponiendo una mayor presencia de nutrimentos que favorecen la expresión del potencial productivo de los animales y la calidad del producto final (Andrade y Prado, 2011; De Paula et al., 2019).

Con relación a la composición corporal de los animales, los resultados de las mediciones del AOL de este estudio fueron inferiores a las reportadas por Velásquez y Álvarez (2004), quienes obtuvieron, en novillos Brahman de 24 meses en el Valle del Sinú, valores del AOL de 58,61 y 65,75 cm². Por su parte, Murillo et al. (2010), en 40 bovinos cebú mayores de un año, reportan valores del AOL de 54,26 cm² y Martínez et al. (2016) reportaron, para animales puros de la raza Brahman, valores del AOL de 50,2 cm². Sin embargo, los resultados reportados por Velásquez y Álvarez (2004) y Murillo et al. (2010) correspondieron a animales mayores de 24 meses de edad, que es superior a la edad de los animales del presente estudio que durante esta evaluación tenían 21,5 meses de edad. En el trabajo de Martínez et al. (2016), las mediciones fueron realizadas en animales entre 15 y 18 meses de edad en ganaderías dedicadas a la cría de animales puros. Los resultados del presente estudio fueron inferiores a lo encontrado en Brasil en un estudio realizado en 46 animales de la raza Nellore donde se encontró en promedio AOL de 49,7 cm a los 22 meses de edad (Santana, Rossi, Almeida y Cuco, 2012).

En lo referente a los resultados de espesor de grasa (EGP8), datos similares fueron reportados por Ramírez-Barboza et al. (2017), quienes encontraron, en novillos cebú y europeos de 22,5 meses con suplementación energética, valores de espesor de Grasa (EGP8) promedio de 3,62 y 3,43 mm, similares a los valores reportados en el presente estudio. Estos resultados también fueron similares a los encontrados en ganado Nellore por Santana et al. (2012) quienes reportaron EGP8 de 2,09 mm. Sin embargo, los presentes resultados de EGP8 fueron inferiores a los reportados en la raza Brahman en Colombia para 37 ganaderías dedicadas a la cría de

animales puros a edades entre 15 y 18 meses de edad donde se encontraron valores de 4,46 mm (Martínez et al., 2016).

Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran que los animales al finalizar el estudio se encontraban en fase de crecimiento ya que el AOL y el EPG8 fue inferior cuando se compara con los animales utilizados en el estudio de Murillo et al. (2010) los cuales ya habían alcanzado el peso de sacrificio. Como se evidencia en este estudio los animales de biotipos AxB y RxB que recibieron un mejor manejo alimenticio, mediante la suplementación energético-proteica, obtuvieron un mejor desempeño ($p=0,0175$) para los atributos de desarrollo muscular, AOL (cm^2) y deposición de grasa o acabado en canal por EPG8 (mm), respectivamente. Estos animales deben terminar su periodo de ceba en un menor tiempo con mejores características de canal ya que como se muestra en el estudio de Conroy, Drennan, Kenny y Mc Gee (2010), existe una alta correlación entre las medidas tomadas por ultrasonido con características de la canal como rendimiento y porcentaje de cortes de mayor valor.

Otro aspecto importante encontrado fue que a pesar que el biotipo RxB no obtuvieron la mayor ganancia de peso ni el mayor peso al final del experimento, si fue este biotipo el que en los tratamientos CSA y SSA obtuvo la mayor deposición de grasa (EGP), esto puede suceder porque este biotipo tienen un frame score menor que los demás, lo cual determina el nivel de precocidad de este cruzamiento ya que con bajo peso hace una deposición de grasa llegando a un grado de acabado para ser llevado a sacrificio en un menor tiempo.

Estos resultados evidenciaron que mediante estas evaluaciones se pueden identificar atributos de la canal *in vivo* entre grupos raciales y tratamientos nutricionales, e inferir futuras recomendaciones al productor acerca de selección genética y manejo alimenticio y permitir reducir la edad al sacrificio de animales con impactos sobre los beneficios económicos y el mayor lucro para el proceso productivo de acuerdo con los objetivos finales del mercado.

CONSIDERACIONES FINALES

El uso eficiente de los recursos alimenticios disponibles para la alimentación de los bovinos, implica el conocimiento del aporte de nutrientes en cantidad y calidad, y el balance entre ellos de acuerdo al nivel de producción buscado.

La suplementación en novillos con un suplemento de semilla de algodón (43,5 %) y salvado de arroz (56,5%), en pastoreo rotacional en praderas de *Cynodom nlemfuensis*, demostró ser una estrategia nutricional, coherente para los biotipos raciales utilizados Angus x Brahman, Romosinuano x Brahman y Simenthal x Brahman, por permitir el mejor aprovechamiento del

recurso forrajero y optimizar las respuestas biológicas del consumo de nutrientes y el desempeño productivo animal., tributado en mayores ganancias diarias de peso y mayor producción de carne ha/año, lo que permite generar importantes recomendaciones para mejorar la eficiencia y competitividad del sistema de producción de carne en el Caribe húmedo colombiano.

Las evaluaciones del AOL y deposición de grasa del anca (EGP), demostraron ser una alternativa tecnológica de importancia para valorar el estado nutricional y el potencial de los novillos AxB y RxB en el desarrollo de atributos relacionados con el mayor desarrollo muscular y predecir el acabado de la canal, lo que representa aspectos de interés en los sistemas ganaderos destinados a la producción intensiva de carne.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA y al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, por permitir el soporte logístico y financiero para el desarrollo de esta investigación, la cual se realizó mediante el proyecto de agenda: Modelos Productivos para mejorar la eficiencia de sistemas de producción de carne y leche en Colombia, del Macroproyecto: Desarrollo y Vinculación de Tecnologías para mejorar la producción y calidad de carne y leche en las Regiones Caribe, Valles Interandinos, administrado bajo el Convenio numero 181 de 2013, establecido entre la Corporación colombiana de Investigación Agropecuaria -AGROSAVIA y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

LITERATURA CITADA

- AOAC (Association of Official Analytical Chemist) (2011). Official Methods of Analysis, 18 ed. AOAC International USA.
- Andrade, R., & Prado, A. (2012). Suplementação protéica e energética para bovinos de corte na estação chuvosa. *Cadernos de Pós-Graduação da FAZU*, (2), 1-8. Recuperado de <https://www.fazu.br/ojs/index.php/posfazu/article/viewFile/441/333>
- Arthur, P. F., Archer, J. A., & Herd, R. M. (2004). Feed intake and efficiency in beef cattle: overview of recent Australian research and challenges for the future. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 44(5), 361-369. doi: 10.1071/EA02162
- Baroni, C., Lana, R., Freitas, J. A., Mancio, A., Sverzut, C. B., Queiroz, A. C., & Leão, M. (2012). Níveis de suplemento para novilhos Nelore terminados a pasto na seca: consumo e digestibilidade. *Archivos de zootecnia*, 61(233), 31-41.
- Botero, J., & Martínez, T. (2017). Análisis productivo de dos modelos de suplementación a pastoreo para mitigar el impacto de la época seca en ganado de engorde en Montería, Colombia.(Tesis de Maestría) Universidad de Zamorano, Honduras. Recuperado de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6005/1/CPA-2017-024.pdf>
- Botero-Carrera, R. (2016). Suplementación alimenticia en condiciones de pastoreo. Conferencia electrónica, Abril 2016. Bogotá, Colombia: Fondo Nacional del Ganado (FNG). http://static.fedegan.org.co/notas/PG_24042016.pdf (consultado 10 dic.2019)
- Canesin, R. C., Berchielli, T. T., Andrade, P. D., & Reis, R. A. (2007). Desempenho de bovinos de corte mantidos em pastagem de capim-marandu submetidos a diferentes estratégias de suplementação no período das águas e da seca. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36(2), 411-420. Recuperado de <http://scielo.isciii.es/pdf/azoo/v61n233/art4.pdf>
- Conroy, S. B., Drennan, M. J., Kenny, D. A., & McGee, M. (2010). The relationship of various muscular and skeletal scores and ultrasound measurements in the live animal, and carcass classification scores with carcass composition and value of bulls. *Livestock Science*, 127(1), 11-21.doi: [10.1016/j.livsci.2009.06.007](https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.06.007)
- Costa, M. A. L., Valadares Filho, S. D. C., Paulino, M. F., Valadares, R. F. D., Cecon, P. R., Paulino, P. V. R., & Magalhães, K. A. (2005). Desempenho, digestibilidade e características de

carcaça de novillos zebuínos alimentados com dietas contendo diferentes níveis de concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34(1), 268-279. doi: 10.1590/S1516-35982005000100031

DANE, Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas, Encuestas de sacrificio de ganado (2020). <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/encuesta-de-sacrificio-de-ganado> (consultado 3 ene.2020)

De Faria Maciel, I. C., Barbosa, F. A., Tomich, T. R., Ribeiro, L. G. P., Alvarenga, R. C., Lopes, L. S., & Lana, A. M. Q. (2019). Could the breed composition improve performance and change the enteric methane emissions from beef cattle in a tropical intensive production system?. *PLoS one*, 14(7), 1-15. doi: [10.1371/journal.pone.0220247](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220247)

De Moraes, André Luís. (2012) Suplementação de bovinos de corte em sistema de pastejo. *Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde*, 16(5), 97-112. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=26030710009>

De Paula, N. F., Paulino, F.M., Couto, M. V. R., Detmann, E., Maciel, S. I. F., Barros, V.L., & Martins, L. S. (2019). Effects of supplementation plan on intake, digestibility, eating behavior, growth performance, and carcass characteristics of grazing beef cattle. *Semina: Ciências Agrárias*, 40 (6 Supl2), 3233-3248. doi: 10.5433/1679-0359.2019v40n6Supl2p3233

Detmann, E., Paulino, F. M., Cecon, P.R. (2005). Níveis de proteína em suplementos para terminação de bovinos em pastejo durante o período de transição seca/águas: consumo voluntário e trânsito de partículas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, (34), 1371-1379. doi: 10.1590/S1516-35982005000400036

Detmann, E., Paullino, F.M., Valadares, F.S.C. (2010). *Otimização do uso de recursos forrageiros básicos* In: Proceedings of the 3rd International Symposium on Beef Cattle Production, Vicoso, Brazil, pp,191-240. Recuperado de <https://www.simcorte.com/arquivosAnais/arquivo16>

Detmann, E., Valente, É. E., Batista, E. D., & Huhtanen, P. (2014). An evaluation of the performance and efficiency of nitrogen utilization in cattle fed tropical grass pastures with supplementation. *Livestock Science*, (162), 141-153. doi: 10.1016/j.livsci.2014.01.029

Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M.. (2016). Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, ARG. <http://www.infostat.com.ar> (consultado 10 abr. 2020).

- Drewnoski, M. E., & Poore, M. H. (2012). Effects of supplementation frequency on ruminal fermentation and digestion by steers fed medium-quality hay and supplemented with a soybean hull and corn gluten feed blend. *Journal of animal science*, *90*(3), 881–891. doi:10.2527/jas.2010-3807
- Fox, D. G., Tedeschi, L. O., Tylutki, T. P., Russell, J. B., Van Amburgh, M. E., Chase, L. E., & Overton, T. R. (2004). The Cornell Net Carbohydrate and Protein System model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. *Animal Feed Science and Technology*, *112*(1-4), 29-78. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2003.10.006
- Elizalde, J. C. (2003). Suplementación en condiciones de pastoreo. *Sitio Argentino de producción Animal*, (1), pp.17-28. Recuperado de http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_pastoril_o_a_campo/56-suplementacion_campo.pdf,
- Farney, J., Blasi, D.A., Johnson, S., Reinhardt, C., Tarpoff, A.J., Waggoner, J., & Weaber, R., (2016) Guide to Body Condition Scoring Beef Cows and Bulls, Kansas State University.
- Figueiredo, D. M. D., Paulino, F.M. , Detmann, E., Moraes, E. H. B. K. D., Valadares Filho, S. D. C., & Souza, M. G. D. (2008). Fontes de proteína em suplementos múltiplos para bovinos em pastejo no período das águas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, *37*(12), 2222-2232. doi:10.1590/S1516-35982008001200021
- Florez, H., Martinez, G., Ballesteros, H., León, L., Castañeda, S., Moreno, E., Arias, L.E., Torres, J.C. Rodríguez, C.A., Peña, F., Uribe, A. (2014). Rendimiento en carne de bovinos criollos y europeos y sus cruces con cebú en las condiciones de la Orinoquia colombiana. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal* (4), 12-15. Recuperado de http://www.uco.es/conbiand/aica/templatemo_110_lin_photo/articulos/2014/Trabajo_041_AICA2014.pdf
- Franco, L. H., Calero, D., y Durán, C. V. (2006). Manejo y utilización de forrajes tropicales multipropósito. Palmira: CIAT-Universidad Nacional de Colombia.p.23
- Hammeleers, A. (2002). Métodos para estimar consumo voluntario de forrajes por rumiantes en pastoreo. Recuperado de <http://www.lpp.uk.com/media/default.asp?step=3&ycode=R6606&ysf=2> (consultado 14 dic. 2019).

- Heuzé, V., Tran, G., Hassoun, P., Brossard, L., Bastianelli, D., & Lebas, F. (2015). Cotton seeds. Feedipedia, a programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO. Recuperado de <https://feedipedia.org/node/742> Last updated on May 12, 2015, 14:25
- Hoffmann, A., de Moraes, E. H. B. K., Mousquer, C. J., Simioni, T. A., Gomes, F. J., Ferreira, V. B., & da Silva, H. M. (2014). Produção de bovinos de corte no sistema de pasto-suplemento no período da seca. *Nativa*, 2(2), 119-130. doi: 10.14583/2318-7670.v02n02a10
- INCONTEC. NTC 6888. Alimentos para animales. determinación del contenido de humedad y materia volátil. Bogota, DC. 2000.
- Manrique, E. P., Montes, V. D., Patiño, P. R., Cuello, H., & Regino, C. (2013). Desempeño productivo y comportamiento ingestivo de terneros recibiendo diferente manejo alimenticio en un sistema doble propósito, departamento de Sucre, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 5(2), 380-395. doi:10.24188/recia.v5.n2.2013.450
- Martínez, R. A., Dassonneville, R., Bejarano, D., Jimenez, A., Even, G., Mészáros, G., & Sölkner, J. (2016). Direct and maternal genetic effects on growth, reproduction, and ultrasound traits in zebu Brahman cattle in Colombia. *Journal of animal science*, 94(7), 2761–2769. <https://doi.org/10.2527/jas.2016-0453>
- Mejía, K.S., Cuadrado, C.H., & Rivero, E.T. (2013) Manejo agronómico de algunos cultivos forrajeros y técnicas para su conservación en la región Caribe Colombiana. 2 ed. Bogotá: CORPOICA, 2013.
- Mejía, K. S., Suarez, P.E., Mestra, V.L., Capella, C.H., Medina H.D., & Mejia, L.J. (2019). Modelo de producción de carne con el uso de *Megathyrus maximus* cv. AGROSAVIA Sabanera y Mombasa en el valle medio del río Sinú. doi: [10.21930/agrosavia](https://doi.org/10.21930/agrosavia)
- Mestra, V.L., Santana, R.M., & Medina, H. D. (2018). Suplementación de bovinos en pastoreo, rendimiento de la canal y calidad de carne. *Asociación Latinoamericana de Producción Animal*, 26(5), p. 81 (Proceedings XXVI Reunión ALPA Guayaquil, Ecuador) Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/326692969_Suplementacion_de_bovinos_en_pastoreo_rendimiento_de_la_canal_y_calidad_de_carne

- Montoya, J., Torregroza, L., Palomino, M., González, M., Cuadrado, H., Reza, S., & Gómez, U. (2003). Análisis técnico y económico de un modelo de producción de carne en el Valle del Sinú. *Revista MVZ Córdoba*, 8(1), 265-272. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69380105>
- Moretti, M. H., Reis, R.A., Casagrande, D.R., Ruggieri, A.C., Oliveira, R.V., & Berchielli, T.T. (2011). Suplementação protéica energética no desempenho de novilhas em pastejo durante a fase de terminação. *Ciência e Agrotecnologia*, 35(3), 606-612. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000300024>
- Murillo, J. A. O., Calle, S. B., & Rosales, R. B. (2010). Uso de la ultrasonografía en tiempo real para la estimación de la deposición de grasa y rendimientos de canales bovinas cebuinos provenientes de diferentes fincas de Colombia. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 5(1), 36-44. doi: 3214/321428103003
- Ortiz, D. M., Posada, S. L., & Noguera, R. R. (2017). Desempeño productivo de novillos cebú suplementados con *Gliricidia sepium* y recursos agroindustriales. *Livestock Research for Rural Development*, 29(3), 1-8. Recuperado de <http://www.lrrd.org/lrrd29/3/orti29056.html>
- Oviedo, C., Pastrana, Á., Maza, L., Salgado, R., & Vergara, O. (2011). Suplementación de terneras lactantes doble propósito en la época seca en el valle medio del Sinú, Colombia. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 14(1), 57-62. doi:[10.31910/rudca.v14.n1.2011.757](https://doi.org/10.31910/rudca.v14.n1.2011.757)
- Plasse, D., Fossi, H., Hoogesteijn, R., Verde, O., Rodríguez, R., & Rodríguez, M. C. (2000). Producción de vacas F1 Bos taurus x Brahman apareadas con toros Brahman y de vacas Brahman con toros F1 Bos taurus x Brahman versus Brahman. 2. Producción de las vacas. *Livestock Research for Rural Development*, 12(4). Recuperado de <http://www.lrrd.org/lrrd12/4/plas124a.htm>
- Ramírez-Barboza, J. I., Valverde-Abarca, A., & Rojas-Bourrillón, A. (2017). Efecto de raza y niveles de energía en la finalización de novillos en pastoreo. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 43-57. doi: 10.15517/am.v28i1.21472
- Reis, A.R, Ruggieri, A. C., Casagrande, R.D., & Páscoa, G. A. (2009). Suplementação da dieta de bovinos de corte como estratégia do manejo das pastagens. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(SPE), 147-159. doi: 10.1590/S1516-35982009001300016

- Reis, A.R., Ruggieri, A.C., Oliveira, A.A., Azenha, V.M., Casagrande, D.R. (2012). Suplementação como estratégia de produção de carne de qualidade em pastagens tropicais, *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 13(3), 642-655, doi: 10.1590/S1519-99402012000300005
- Ríos, R.M., Torauco, U., & Barahona, R. R. (2011). Uso del Ultrasonido en Tiempo Real (UTR) en la producción de carne bovina. Recuperado de <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/12954>
- Rodríguez, J., Llano, M., & Fonseca, B. (2018). Estudio Sectorial Sobre la Producción Cárnica Bovina en la Región del Caribe. Contraloría General de la República. Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://www.contraloria.gov.co/documents/20181/996701/2018+ESD+Carne+bovina>.
- Rodríguez, G., Patiño, R., Altahona, L., & Gil, J. (2011). Dinámica de crecimiento de pasturas con manejo rotacional en diferente topografía en un sistema de producción de carne vacuna en Córdoba, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECIA*, 47-61. doi: 10.24188/recia.v3.n1.2011.249
- Santana, A., Estévez, L., Camacho, C., Gutiérrez, J., Gómez, M., García, G., Rozo, M. & Ballesteros, H. (2009). Competir e innovar: la ruta de la industria bovina. Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena cárnica bovina en Colombia. Bogotá, Colombia: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, FEDEGAN, CORPOICA, Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13110>
- Santana, M. H. A., Rossi, P. Jr., P., Almeida, R., & Cucco, D. C. (2012). Feed efficiency and its correlations with carcass traits measured by ultrasound in Nellore bulls. *Livestock Science*, 145(1-3), 252-257. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.02.012>.
- Silva, R. R., Prado, I. N. D., Carvalho, G. G. P. D., Silva, F. F., Santana Júnior, H. A. D., de Souza, D. R., & Paixão, M. L. (2010). Novillos nelore suplementados em pastagens: consumo, desempenho e digestibilidade. *Archivos de zootecnia*, 59(228), pp.549-560. Recuperado de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-05922010000400008&lng=es&tlng=pt.
- Sossa, CP., Velilla, C., Berrío, S., & Barahona R. (2011). Comparación del consumo y digestibilidad de nutrientes y de la producción de carne de novillos en pastoreo en trópico de altura

con o sin suplementación energética. *Rev. Col. Cienc. Pec.* 24 (3): 468-468.doi: 10.15446/rfmvz.v62n1.49386

Torregroza, L., Cuadrado, H., & Pérez, J. (2006). Producción de carne en novillos F1 romo-cebú con pasto angletón (*Dichanthium aristatum*) ensilajes y suplementos en el valle del Sinú. *Revista MVZ Córdoba*, 11(2), 825-829. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=693/69311207>

Uddin, M.d.J., Khandaker, Z.H., Khan, M.d.J. & Khan, M.M.H., (2015). Dynamics of microbial protein synthesis in the rumen - *A review. Uddin. Ann. Vet. Ani. Sci.* 2(5), 117-131.

Velásquez, J. C., & Álvarez, L. A. (2004). Relación de medidas bovinométricas y de composición corporal in vivo con el peso de la canal en novillos Brahman en el valle del Sinú. *Acta Agronómica*, 53(3), 61-68. Recuperado de https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/100/216 Fecha de acceso: 15 abr. 2020