

EVALUACIÓN PRODUCTIVA Y ECONÓMICA DE LA SUPLEMENTACIÓN DE HEMBRAS VACUNAS MESTIZAS HOLSTEIN-BRAHMAN EN CRECIMIENTO ALIMENTADAS CON CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*) EN CONDICIONES DE ESTABILACIÓN

Productive and economic evaluation of supplementation of Holstein-Brahman crossbred growing cows fed with sugar cane (*Saccharum officinarum*) in confinement conditions

Luis Alberto Depablos-Alvarez^{1*}, Alexander Rafael del Valle Rodríguez-Cedeño¹, Daniel Oscar Vargas-Guzmán¹ y Robert Emilio Mora-Luna²

¹Instituto de Producción Animal. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela (UCV). *E-mail: luisdepablos2@gmail.com.

²Coordinación de Investigación Agropecuaria. Decanato de Investigación, Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET)

RESUMEN

Para evaluar crecimiento y beneficio económico de 26 hembras vacunas con $236,8 \pm 9,74$ kilogramos (kg) de peso vivo (PV) alimentadas con caña de azúcar (CA) se asignaron, tanto mautas (n=15; $166,8 \pm 12,6$ kg PV) como novillas (n=11; $306,7 \pm 14,8$ kg PV), a dos suplementos comerciales (S; $2 \text{ kg} \cdot \text{animal}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$) durante 70 días (d): S1 (porcentajes de proteína cruda y almidón de 15,5 y 37,0) y S2 (15,8 y 29,1 %). Los animales fueron estabulados individualmente. Semanalmente se determinó PV, consumo de CA (CCA) y se calculó ganancia diaria de peso (GDP). Las variables PV, GDP y CCA se analizaron con ANAVAR bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2×2 (dos suplementos y dos grupos etarios) con medidas repetidas. La evaluación económica se realizó por presupuesto parcial y margen bruto (MB). El PV mostró interacción Suplemento x Tiempo (P=0,02) con mayor PV en S1 a partir del d 7 ($242,3$ vs $236,8$ kg), y a pesar de experimentar pérdida de peso los días 28 y 56, culminó con mayor PV que S2 ($281,9$ vs $271,1$ kg) por su mayor GDP ($0,56$ vs $0,38$ kg/d). El CCA en fresco y en materia seca fue igual entre tratamientos con promedios de $19,25$ y $4,67 \text{ kg} \cdot \text{animal}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, respectivamente. La evaluación económica evidenció que no es posible la sustitución de S1 por S2, aún cuando este último fue más asequible, situación debida al menor desempeño animal y consecuente tasa de retorno sobre los costos negativos (en promedio -100 %). Para ambos suplementos, el MB por alimentación es negativo a un precio de venta de hembras para cría mostrando inviabilidad económica, situación superada sí el precio de venta es de hembras mestizas con vocación lechera.

Palabras clave: Novillas; presupuesto parcial; suplementos.

ABSTRACT

To evaluate growth and economic benefit of 26 female cattle with 236.8 ± 9.74 kilograms (kg) of body weight (BW) fed with sugar cane (SC) were assigned both yearling (n=15; 166.8 ± 12.6 kg BW) and heifers (n=11; 306.7 ± 14.8 kg BW) to two commercial supplements (S; $2 \text{ kg} \cdot \text{animal}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$) for 70 days (d): S1 (percentages of crude protein and starch of 15.5 and 37.0) and S2 (15.8 and 29.1%). The animals were housed individually. Weekly BW and SC intake (SCI) were determined and average daily gain (ADG) was calculated. Body weight, ADG and SCI were analyzed with ANOVA under a completely randomized design corresponding to a 2×2 factorial arrangement (two supplements and two age groups) with repeated measures. The economic evaluation was performed by partial budget and gross margin (GM). Body weight showed Supplement x Time interaction (P=0.02) with higher BW in S1 from d 7, and despite experiencing weight loss on 28 and 56 days, finished with BW greater than S2 (281.9 vs 271.1 kg) due to its higher ADG (0.56 vs 0.38 kg/d). Fresh matter and dry matter SCI were equals between treatments with averages of 19.25 and $4.67 \text{ kg} \cdot \text{animal}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, respectively. The economic evaluation showed that it is not possible to replace S1 by S2, even if the latter was more affordable, a situation due to the lower animal performance and negative rate of return on costs (-100 % on average). For both supplements, GM per feeding is negative at a sale price of females for breeding showing economic infeasibility, situation surpassed if the sale price is of crossbred dairy females

Key words: Heifers; partial budget; supplements.

INTRODUCCIÓN

La deficiencia de nutrientes en los forrajes tropicales, así como su disponibilidad, ocasiona retardo en el crecimiento de los vacunos (*Bos indicus* y *B. taurus*) condicionando el inicio de la actividad reproductiva, elevando con ello los costos de producción, restringiendo el tamaño del rebaño, la disponibilidad de reemplazos y comprometiendo el progreso genético. Esto sugiere la necesidad de adoptar manejos que permitan ofrecer un adecuado nivel nutricional al rebaño para hacer sostenible el sistema. Entre éstos se encuentra la caña de azúcar (CA) (*Saccharum officinarum*), que puede utilizarse como complemento de la dieta de los bovinos durante la sequía debido a sus altos volúmenes de producción, bajo costo, manejo sencillo y fácil adopción por el productor.

Se estima que por sus elevados rendimientos, una hectárea (ha) de este cultivo usada como banco de energía, puede alimentar 40 vacas por un período aproximado de 100 días (d) asumiendo que la CA constituye la mitad de la dieta consumida; además que ayuda a reducir el sobrepastoreo de la pastura [7, 13].

Estimaciones entre los años 2005 y 2008 de la superficie promedio de cultivo de CA en Venezuela era aproximadamente 128.569 ± 7.945 ha con tendencia a la disminución anual de 4.694,5 ha ($R^2= 0,58$) y rendimiento promedio de $74,3 \pm 3,6$ ton/ha, la cual es destinada principalmente para la producción de azúcar [14]. Sin embargo, la CA puede ser utilizada para la alimentación de rumiantes en forma integral, utilizando variedades comerciales de las zonas productoras o aquellas cañas que simplemente nunca llegan al ingenio azucarero producto de fallas en las políticas del precio del azúcar [33]. En este sentido, un panorama poco alentador del sector (disminución de oferta y rendimientos) señalan Sigala y Sigala [30] en la localidad de Río Turbio (Venezuela) durante las zafras del periodo 1988 y 2001, destacando como causas posibles la incertidumbre en el sector, su descapitalización y altos niveles de inflación que aún cuando se presentan aumentos de precio al ser estos ajustados por inflación se denota una disminución de los ingresos reales al punto que éstos al final del periodo de estudio son un cuarto de los iniciales, mermando con esto la capacidad adquisitiva de los cañicultores. Por esta razón, además de su alta producción por (ha) en la época seca y mantener su calidad química en este periodo [7], un uso alternativo al cultivo de CA puede ser en la alimentación de vacunos.

La CA es un excelente complemento alimenticio de bovinos durante la sequía, ya que con la madurez de la planta se concentra más energía por unidad de peso. Sin embargo, se señalan algunas limitaciones como: alta relación lignina:fibra detergente neutra (FDN) [4], alto contenido de potasio, y pobre en nitrógeno, fósforo y azufre, que cursan con una baja digestibilidad y por consiguiente, bajo consumo de materia seca (MS) si no se suplementa con nitrógeno no proteico, proteína sobrepasante, minerales y precursores gluconeogénicos [7, 12, 28].

Valdez y col. [34] observaron que el suministro de CA y urea generaba una proporción de ácidos acético, propiónico y butírico de 62,5; 25 y 14,5%, respectivamente, y cuando a esta dieta se le adicionó pulitura de arroz (*Oryza sativa*) como fuente de proteína sobrepasante y precursores gluconeogénicos, disminuyó la proporción promedio de ácido acético (60,5%), aumentó la de propiónico (27,5%), y ligeramente la de butírico (15%), a diferencia cuando la dieta del bovino se basa en pasto fresco que genera una mayor proporción de ácido acético (64-69,8%), menor de propiónico (16,6-21,2%) y butírico (11,4-12,8%) [5, 6]. En este sentido, Padilla y Chacón [26] señalan que el uso de CA (25-30 % del consumo de MS) más suplemento (harina de arroz, harina de plumas, urea, minerales y melaza) en vacas mestizas F₁ Holstein x Brahman de una finca del municipio Andrés Bello Blanco (estado Barinas, Venezuela) durante la sequía promovió la producción sostenida de leche animal·d⁻¹ y por unidad de superficie a través del año evitando la reducción de 40-50% que se sufría en esta época. En el período enero – abril (sequía – transición de lluvias), la producción de leche fue aproximadamente 20% más baja, que la encontrada en lluvias (mayo – agosto) y final de lluvias – transición a sequía (septiembre – diciembre), con valores de 7,7; 9,3 y 9,4 L·vaca·d⁻¹, respectivamente.

Adicionalmente, cualquier programa de suplementación debe ser fundamentado en la premisa de la obtención de retornos económicos al productor para que la misma sea plenamente justificada. En este sentido, Wadsworth [37] señala que la investigación aplicada, además de explicar el funcionamiento de sistemas agropecuarios desde el punto de vista biológico, debe razonar que estos procesos y sus interacciones tienen que funcionar en el mundo real donde el dinero es un factor importante, por lo que cualquier aplicación tecnológica debe considerar el costo, valor de producción y beneficio adicional.

En este orden de ideas, Ordóñez [25] señala que se pueden evaluar económicamente alternativas tecnológicas en producción agropecuaria mediante presupuesto parcial y análisis económico. Este último evalúa alternativas tecnológicas de más largo plazo o que utilizan recursos físicos cuyo costo de oportunidad es considerado además de los costos de operación. Por su parte, el presupuesto parcial es una herramienta para hacer análisis de asignación de recursos a corto plazo y se denomina parcial porque no incluye ingresos o costos comunes a varias alternativas tecnológicas.

Con base a lo expuesto, este trabajo tiene por objetivo la evaluación productiva (cambios de peso vivo, altura a la cruz y consumo de alimento) y económica (presupuesto parcial y margen bruto) de la utilización de dos suplementos concentrados comerciales para mautas y novillas mestizas alimentadas con CA.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en el laboratorio Sección Bovinos, Instituto de Producción Animal, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela en Maracay, municipio Girardot, estado Aragua. Situado a 460 msnm, 10° 17' LN y 67° 37' LO, con fotoperiodo poco variable y promedios de temperatura 27,8°C, humedad relativa 72 %, precipitación anual 970 mm, con períodos de sequía (diciembre-mayo) y de lluvia (junio-noviembre) bien definidos, lo que es característico de una zona de vida de bosque seco tropical [32].

Manejo y alimentación de los animales

Durante 70 d en época de lluvia, 26 hembras vacunas mestizas Holstein-Brahman balanceadas por peso vivo (PV) inicial (236,8 ± 9,74 kg) fueron asignadas cuatro tratamientos en arreglo factorial. Los factores de estudio consistieron en grupo etario (GE: 15 mautas y 11 novillas de PV 166,8 ± 12,6 y 306,7 ± 14,8 kg, respectivamente) y tipo de suplemento comercial (S1 y S2; TABLA I), con PV inicial promedio de 238,7 ± 13,9 y 234,8 ± 13,6 kg para los animales asignados a S1 y S2, respectivamente. Los animales fueron mantenidos estabulados en corrales individuales (2 x 12 m) donde se les suministró *ad*

libitum agua y CA (variedad CR 87339) cosechada diariamente por medio de una repicadora (Cremasco®, modelo Custom 930 C-II, Brasil), cuyo resultado son partículas menores a 10 mm. Adicionalmente, se ofrecieron 2 kg·animal·d⁻¹ de los suplementos comerciales (TABLA I), formulados con materias primas convencionales tales como: harina de maíz amarillo (*Zea mays*), harina de soya (*Glycine max*), harina de pescado, afrecho de trigo (*Triticum aestivum*), subproductos agroindustriales, carbonato de calcio, vitaminas y minerales. La CA y los suplementos fueron suministrados diariamente a las 10:00 h.

Muestras de S1, S2 y CA fueron tomadas a inicio y mediados del ensayo para su análisis bromatológico según la Association of Official Analytical Chemists (AOAC) [2], MS a 65 y 105°C con estufa de ventilación forzada (THELCO®, Modelo 6M, EUA), proteína cruda (PC) por método Kjeldahl (N x 6,25), ceniza por ignición, extracto etéreo (EE) por reflujo con éter de petróleo; adicionalmente fibra en detergente ácido [35], FDN en CA [36] y suplementos [19], y solo en estos últimos se determinó almidón a través de hidrólisis ácida [2]. Los carbohidratos no fibrosos fueron calculados según Weiss [38] como: 100 % - (% FDN + % PC + % EE + % Ceniza). Los resultados del análisis químico, así como los precios de los suplementos y CA se muestran en la TABLA I.

TABLA I
ANÁLISIS BROMATOLÓGICO Y PRECIO DE LOS SUPLEMENTOS Y FORRAJE UTILIZADOS EN EL ENSAYO

| Variables (%) | S1 | S2 | Caña de azúcar |
|----------------------------------|------|------|----------------|
| Materia seca parcial | - | - | 27,0 |
| Materia seca total | 88,4 | 88,3 | 89,8 |
| Proteína cruda | 15,5 | 15,8 | 1,10 |
| Extracto etéreo | 5,60 | 3,10 | 1,10 |
| Cenizas | 9,40 | 14,4 | 5,20 |
| Carbohidratos no fibrosos | 40,6 | 32,5 | 44,9 |
| Fibra en detergente neutro | 28,9 | 34,2 | 47,7 |
| Fibra en detergente ácido | 8,50 | 12,8 | 30,1 |
| Almidón | 37,0 | 29,1 | - |
| Precio (Bs/kg tal como ofrecido) | 55,0 | 52,5 | 7,23 |

- No determinado

Previo al inicio del experimento, los animales fueron desparasitados con ivermectina a razón de la dosis recomendada en el producto (0,2 mg/kg de PV). El control de ectoparásitos se realizó de acuerdo al grado de incidencia con amitraz o cipermetrina. Los animales fueron vacunados (Aftosa, Rabia y Brucelosis) y muestras de sangre fueron tomadas para pruebas diagnósticas (Brucelosis) de acuerdo a las exigencias del Instituto Nacional de Salud Agrícola Integral (INSAI) para la emisión de avaluos sanitarios [18].

VARIABLES ESTUDIADAS

El consumo individual de suplemento (CS) y de caña de azúcar (CCA) fueron determinados semanalmente por diferencia entre lo ofrecido y rechazado de un día a otro, respectivamente, sobre base húmeda (tal como ofrecido) por medio de una balanza de reloj con precisión de 50 g y capacidad 120 kg (August Sauter®, modelo D-7470, Alemania). Se calculó el consumo de MS de CA (CMSCA) y consumo de MS total (CMST = CMSCA + CMS de suplemento).

Individualmente y cada semana se hizo el pesaje de los animales con una romana Toledo Scale® (Modelo Honest Weight 2191, EUA), con precisión de 1 kg y capacidad 750 kg. Con el PV medido se estimó semanalmente la ganancia diaria de peso (GDP). Se midió la altura a la cruz (AC) de cada animal al inicio y final de experimento, con el uso de un bastón graduado (precisión de 0,5 cm) que permite determinar la distancia perpendicular desde el punto más elevado de la línea media de la cruz al suelo, y se calculó su incremento durante el experimento. Se generó una medida compuesta que relaciona el PV entre la AC PV/AC kg/cm [9, 39] denominada en otras latitudes índice de compacidad [27], la cual permite estudiar el estado corporal de los animales en crecimiento sometidos a diferente manejo, a sabiendas que a medida que esta relación se incrementa la cantidad de kilogramos por unidad de altura es mayor, lo que supone un animal con mejor condición física dentro de su grupo. La literatura no reporta valores óptimos y que los mismos cambian considerablemente de acuerdo al grupo etario de los animales en estudio.

Análisis estadístico

Las variables PV, GDP, CCA, CMSCA y CMST se analizaron bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2 x 2 (dos suplementos y dos grupos etarios) con medidas repetidas en el tiempo con procedimiento de modelos mixtos [8]. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de Bonferroni [16]. La AC y su incremento así como la relación PV/AC se analizaron con ANAVAR bajo el mismo diseño anteriormente descrito, en caso de diferencias se utilizó la prueba de medias de Tukey [31].

Evaluación económica

La evaluación económica se realizó por medio presupuesto parcial [29] y margen bruto [3]. De todas las variables medidas se tomó para la evaluación económica la GDP del animal por poseer cualidades para tal fin [11].

Los análisis económicos se realizaron considerando dos escenarios. El primero de ellos correspondió al precio de hembras cebuínas o mestizas cebuínas a ser utilizadas como vientres de rebaños de cría. El segundo escenario es el precio para hembras mestizas 50% Cebú 50% Holstein (no F1) con vocación lechera.

Las tasas de cambio oficial de Bolívar/Dólar de los Estados Unidos de América [15] y no oficial (basada en el cambio fronterizo a Pesos Colombianos) para el momento de estudio fueron de 6,3 y 782 Bs/Dólar, respectivamente. La no conversión a Dólares de los Estados Unidos de América de los indicadores económicos obedece a la amplitud de las tasas cambiarias y la dificultad de su aplicación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables productivas

El PV mostró interacción Suplemento x Tiempo ($P = 0,02$; FIG. 1) con mayor PV en S1 a partir del d 7, y a pesar de experimentar pérdida de peso los d 28 y 56, culminó con mayor PV que S2 (281,9 vs 271,1 kg), esto debido a la mayor GDP promedio (TABLA II) durante el ensayo por parte de S1 (0,56 vs 0,38 kg/d; $P < 0,01$); si bien los suplementos contenían similar contenido de proteína cruda (15,5 y 15,8% para S1 y S2, respectivamente, TABLA I), la mejora en GDP pudo ser debido a que S1 presentó mayor contenido de almidón respecto a S2 (37 vs 29,1%). Preston [28] señala la necesidad de precursores gluconeogénicos en dietas a base de CA, explicando que algunos de ellos son provenientes del almidón que escapa de la fermentación ruminal pasando intacto al duodeno o indirectamente vía ácido propiónico el cual es producido en grandes proporciones si las dietas contenían alta cantidad de almidones. En el caso de los componentes de la CA, el almidón es nulo y por tanto la producción de ácido propiónico es moderada en relación al total de ácidos grasos volátiles, por lo que el aporte de almidones para mejorar ese balance depende de los suplementos.

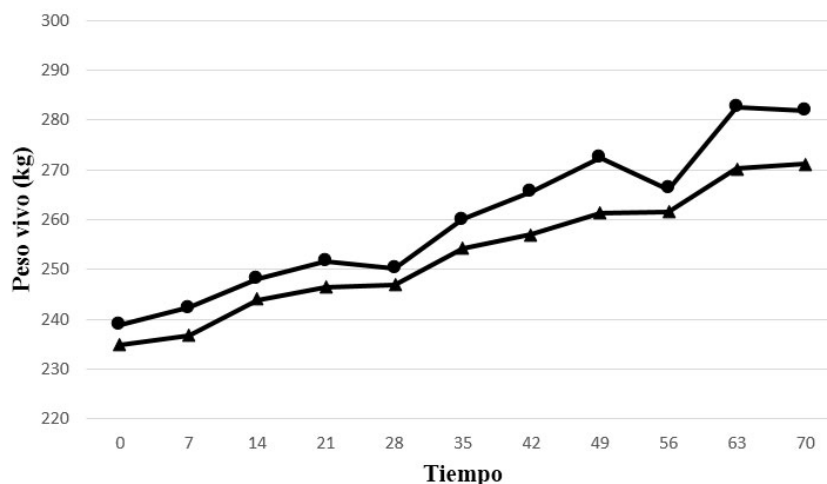


FIGURA 1. EFECTO DE LA INTERACCIÓN SUPLEMENTO X TIEMPO ($P = 0,02$) SOBRE EL PESO VIVO DE HEMBRAS MESTIZAS ALIMENTADAS CON CAÑA DE AZÚCAR (S1 = ●; S2 = ▲).

La alimentación con CA exclusivamente como fuente de forraje y 2 kg de S1 generaron una GDP promedio de 0,56 kg·animal·d⁻¹, superior a los 0,35 kg·animal·d⁻¹, recomendados por González-Stagnaro y col. [17], para disminuir la edad al primer servicio en animales de reemplazo, e igualmente superior a los 0,45 kg·animal·d⁻¹ sugerido por los mismo autores, para que las hembras de reemplazo tengan un rápido inicio de la actividad ovárica con una óptima fertilidad. Los animales suplementados con S2 superaron solo los 0,35 kg·animal·d⁻¹ sugeridos por los autores antes mencionados.

La GDP fue igual entre ambos grupos etarios de animales (P=0,78; TABLA II) con valores de 0,48 y 0,47 kg·animal·d⁻¹, para mautas y novillas, respectivamente, lo que sugiere en este experimento, que para mantener una GDP adecuada (>0,45 kg·animal·d⁻¹) en mautas alimentadas exclusivamente con CA se debió suministrar una cantidad de suplemento (15% PC) equivalente al de una novilla (1,76 kg MS/d) lo que representa en función del PV inicial del experimento el 1 y 0,6% del PV para mautas y novillas, respectivamente.

TABLA II
VALORES PROMEDIOS DE LAS VARIABLES ANALIZADAS PARA ALGUNOS ÍNDICES DE CRECIMIENTO Y CONSUMO

| | SUP | | GE | | EE | Valor de P | | |
|-----------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|------|------------|-------|--------|
| | S1 | S2 | Mauta (n=15) | Novilla (n=11) | | SUP | GE | SUPxGE |
| Edad inicial (d) | 585 | 554 | 398 | 742 | 20,8 | - | - | - |
| Peso vivo (kg) | | | | | | 0,85 | <0,01 | 0,86 |
| Inicial | 238,7 | 234,8 | 166,8 | 306,7 | 9,74 | | | |
| Final | 281,9 | 271,1 | 202,7 | 350,4 | 9,74 | | | |
| GDP (kg/d) | 0,56 ^a | 0,38 ^b | 0,48 | 0,47 | 0,02 | <0,01 | 0,78 | 0,91 |
| AC (cm) | | | | | | | | |
| Inicial | 113,5 | 112,0 | 104,9 ^b | 120,6 ^a | 1,49 | 0,88 | <0,01 | 0,66 |
| Final | 118,1 | 117,5 | 109,9 ^b | 125,8 ^a | 1,37 | 0,82 | <0,01 | 0,97 |
| Incremento | 4,63 | 5,50 | 4,94 | 5,20 | 0,39 | 0,17 | 0,77 | 0,12 |
| PV/AC (kg/cm) | | | | | | | | |
| Inicial | 2,06 | 2,05 | 1,56 ^b | 2,54 ^a | 0,06 | 0,62 | <0,01 | 0,94 |
| Final | 2,34 | 2,26 | 1,83 ^b | 2,78 ^a | 0,06 | 0,88 | <0,01 | 0,68 |
| CCA (kg·d ⁻¹) | 19,5 | 19,0 | 14,4 ^b | 24,1 ^a | 0,72 | 0,97 | <0,01 | 0,22 |
| CMSCA (kg·d ⁻¹) | 4,73 | 4,61 | 3,49 ^b | 5,85 ^a | 0,17 | 0,97 | <0,01 | 0,22 |
| CMSCA (% PV) | 1,88 | 1,86 | 1,92 | 1,82 | 0,05 | 0,60 | 0,34 | 0,13 |
| CMST (kg·d ⁻¹) | 6,50 | 6,38 | 5,26 ^b | 7,62 ^a | 0,17 | 0,97 | <0,01 | 0,22 |
| CMST (% PV) | 2,66 | 2,68 | 2,96 ^a | 2,38 ^b | 0,07 | 0,74 | <0,01 | 0,40 |

Letras distintas en una misma fila indican diferencias estadísticamente significativas.

SUP: suplemento. GE: grupo etario. EE: error estándar. P: Probabilidad. GDP: ganancia diaria de peso. PV: peso vivo. AC: altura a la cruz. CCA: consumo de caña de azúcar. CMSCA: consumo de materia seca de caña de azúcar. CMST: consumo de materia seca total.

La GDP en el grupo de novillas permitió alcanzar un peso al final del ensayo de 350,4 kg a los 26 meses de edad, y González-Stagnaro y col. [17] sugieren que el peso de monta para novillas mestizas debe estar entre 320 y 340 kg, a la edad de 24 a 28 meses, dependiendo del manejo tecnológico de la finca.

La GDP observada en este experimento es inferior al promedio observado por Miranda y col. [20] (0,63 kg·animal·d⁻¹) en novillas alimentadas con CA como única fuente de forraje y suplementos de 11,7 a 12,8 % PC (harina de algodón, cama de pollo y urea en diferentes proporciones), con una relación forraje:concentrado de 82:18 a 88:12, siendo mayor la respuesta cuando se utilizó probióticos en el concentrado.

La AC final (TABLA II) no fue afectada por el tipo de suplementación suministrada (P=0,82) así como no lo fue su incremento durante el experimento (P=0,17) con promedios generales de 117,8 ± 1,37 cm y 5,06 ± 0,39 cm, respectivamente. La AC fue mayor en las novillas desde el inicio del experimento (120,6 vs 104,9 cm; P<0,01) y se mantuvo la diferencia hasta el final del experimento (125,8 vs 109,9 cm; P<0,01) ya que su incremento fue igual entre ambos grupos, el mismo comportamiento en AC por efecto de la edad fue observado por Mora y col. [22] en vacas Brahman de 3 y 4 años.

Los resultados coinciden con Miranda y col. [20] quienes no observaron diferencias en la AC y su incremento en novillas lecheras alimentadas con CA como fuente única de fibra y suplementadas con concentrados de 12% PC, con diferentes fuentes de nitrógeno no proteico y de probiótico. El incremento en AC observado en la presente investigación (5,06 cm) en 70 d de experimento es superior al observado por Mora y col. [24] de 3,23 cm en 129 d experimento, en machos Brahman a pastoreo suplementados parenteralmente con minerales y consumiendo adicionalmente un kg de suplemento de 23% PC. De igual forma, el incremento en AC observado en el presente experimento es superior al observado por Mora y col. [23] en mautas Brahman (4,13 cm) suplementadas con minerales inyectados durante 120 d.

La relación PV/AC final (TABLA II) no presentó diferencias debidas al suplemento (P=0,88) con promedio general de 2,30 ± 0,06 kg/cm, y fue mayor en las novillas (2,78 vs 1,83 kg/cm; P<0,01), valor que es superior al observado por Depablos y col. [10] a finales de su experiencia en animales de 320 kg de PV

con predominancia de *B. taurus* a pastoreo (2,60 ± 0,01 kg/cm). Debido a que las diferencias entre altura son menores en relación a las de peso en animales de distintas edades, los valores de PV/AC son muy disímiles entre grupo etario, sin embargo, similares a las observadas por Depablos y col. [11] de 2,62 y 1,90 kg/cm en mautas y novillas, respectivamente, quienes señalaron que no existen valores referenciales óptimos de la relación PV/AC.

El CS fue total en todos los animales durante la experiencia, razón por la que no fue analizado estadísticamente. El CCA tal como ofrecido (TABLA II) no fue afectado por la suplementación (P=0,97) con promedio general de 19,25 ± 0,72 kg·animal·d⁻¹; con consumo promedio de 24,1 y 14,4 kg·animal·d⁻¹ para novillas y mautas, respectivamente. Del mismo modo no se observó efecto de los suplementos en el CMSCA y CMST (TABLA II) con promedios generales de 4,67 ± 0,17 y 6,44 ± 0,17 kg MS·animal·d⁻¹, respectivamente.

Por otra parte, el CMSCA y el CMST expresado como porcentaje del PV, no fueron afectados por los suplementos con promedio general de 1,87 ± 0,05 y 2,67 ± 0,07 % del PV, respectivamente, y tampoco fue afectado el CMSCA por efecto del grupo etario (P = 0,34), sin embargo el CMST (% del PV) de las mautas fue mayor respecto a las novillas (2,96 vs 2,38 % del PV), esto debido al mayor consumo de suplemento respecto al PV de las mautas, ya que ambos grupos de animales consumieron 1,76 kg MS/d, lo que representa como, se señaló anteriormente, el 1 y 0,6% del PV inicial del experimento, para mautas y novillas, respectivamente.

Los resultados de CMSCA (% del PV) son superiores a los señalados por Montpellier y Preston [21] de 1,55-1,64% del PV en animales consumiendo tallo de CA picado a diferentes tamaños enriquecidos sólo con minerales y urea (por cada kg de caña fresca se adicionó 50 mL de una solución de 220 g urea/L de agua).

Análisis económico

En ninguno de los escenarios evaluados, el cambio neto en el ingreso o la tasa de retorno sobre los costos (TRC) fue positiva. Indicando que aunque el suplemento comercial S2 fue más económico, el desempeño animal también fue menor en una proporción mayor a la que lo hizo el precio, por lo que no se considera una opción para la sustitución de S1 (TABLA III).

TABLA III
ANÁLISIS ECONÓMICO POR PRESUPUESTO PARCIAL DE LA SUSTITUCIÓN DEL SUPLEMENTO S1 POR S2

| Tratamiento | Precio de venta | Cambio neto en el ingreso | Tasa de retorno sobre costos | Punto de equilibrio (GDP) | GDP adicional en relación a S1 |
|-------------|-----------------|---------------------------|------------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| | Bs/kg en pie | Bs/animal | % | kg/animal·d ⁻¹ | kg/animal·d ⁻¹ |
| S2 | 429 | -72,1 | -68,7 | -0,012 | -0,180 |
| | 794 | -137,9 | -131,3 | -0,006 | |

GDP: ganancia diaria de peso

La GDP adicional obtenida por S2 (-0,18 kg·animal·d⁻¹) fue menor a la calculada (TABLA III) para obtener resultados positivos según el punto de equilibrio, donde S2 en virtud de su menor costo sólo podía disminuir su GDP en -0,012 y -0,006 kg·animal·d⁻¹ para precios de venta en pie de 429 y 794 Bs/kg, respectivamente. A medida que el precio de venta en pie se incrementa el punto de equilibrio (GDP) también lo hace, esto indica que a mejores precios de venta, la utilización de alimentos de menor costo (a razón de 2 kg·animal·d⁻¹), que disminuyen el desempeño animal, no son opción adecuada para la suplementación de hembras vacunas mestizas en crecimiento estabuladas.

Contrario a lo encontrado en este estudio, donde el mejor desempeño animal coincidió con mayor beneficio económico, Araque y col. [1] evaluando bloques multinutricionales sobre la GDP en mautes implantados o no señalaron que, la mayor GDP (592 g·d⁻¹) se presentó en animales que consumieron bloques y fueron implantados, sin embargo, la TRC favoreció a los que solamente consumieron bloque (189%) aunque su incremento diario de peso fue menor (519 g·d⁻¹).

En el caso de vacunos a pastoreo, las respuestas biológica y económica de la suplementación están condicionadas a muchos factores, siendo la dieta base uno de los principales. En este orden de ideas, la cantidad y calidad de pasto, el tipo de suplemento y la relación de precios son factores de vital importancia para que la práctica de suplementar sea redituable. En relación a lo mencionado, en un ensayo conducido durante transición lluvia-sequía y sequía en sabanas de banco y bajo del estado Cojedes, Depablos [9] señaló una TRC negativa (-92 y -44%) para la suplementación con minerales (*ad libitum*) y minerales más proteína (700 g·animal·d⁻¹) en novillas de carne a

pastoreo, respectivamente, ya que tanto la respuesta productiva o reproductiva no fueron suficientemente grandes como para superar los costos que implicaba su utilización, concluyendo que la suplementación no arrojó a corto plazo beneficios económicos. Es necesario mencionar que las condiciones experimentales (agroecológicas y de manejo) de la experiencia promovieron un aporte de biomasa vegetal que permitió a los animales igual comportamiento entre tratamientos.

El margen bruto por alimentación (MBA; TABLA IV) muestra pérdidas a un precio de venta de 429 Bs/kg en pie para ambos suplementos. La situación se revierte para ambos suplementos cuando el precio de venta asciende a 794 Bs/kg en pie, sin embargo S1 es superior a S2 en MBA (327%). Considerando que MBA sólo considera costos asociados a la alimentación, otros costos (sanidad, mano de obra, depreciaciones) podrían ocasionar pérdidas en el escenario de mayor precio de venta para el suplemento S2.

Animales que recibieron S1 presentaron mayor costo (6,6%) de alimentación total al compararse con S2, siendo representada esa diferencia en mayor proporción (58%) por el costo de suplemento en relación al de CA (42%). El mayor costo unitario (4,8%) del suplemento S1 originó esta diferencia. En el caso de la caña fue debido a una pequeña diferencia no significativa de consumo a favor de S1 (2,6%) (TABLA IV). El consumo total de MS fue estadísticamente igual, ello indica que las diferencias en desempeño (GDP) obtenidas en este experimento son atribuidas al tipo de suplemento, que en el caso de S1 pudieran presentar un mejor balance de nutrientes para la suplementación de CA, justificando su mayor precio (TABLA II).

TABLA IV
INDICADORES ECONÓMICOS Y MARGEN BRUTO POR ALIMENTACIÓN EN LOS DIFERENTES ESCENARIOS DE PRECIO DE CARNE EN PIE

| | | Tratamientos | |
|---|--------------------------------------|--------------|-------|
| | | S1 | S2 |
| Costo de suministro de suplemento | | 7700 | 7350 |
| Costo de suministro de caña | | 9871 | 9618 |
| Costo total de alimentación ¹ | | 17571 | 16968 |
| | Precio de venta (Bs/kg carne en pie) | | |
| Ingresos brutos ² (Bs) | 429 | 16800 | 11400 |
| | 794 | 31111 | 21111 |
| Margen bruto por alimentación ³ (Bs) | 429 | -771 | -5568 |
| | 794 | 13540 | 4143 |
| Punto de equilibrio (GDP) ⁴ | 429 | 0,586 | 0,566 |
| | 794 | 0,316 | 0,305 |

¹Costo por animal durante el periodo experimental; 70 días

²Peso vivo ganado durante el periodo experimental por precio de la carne en pie

³Ingresos brutos menos costo total de alimentación

⁴Ganancia diaria de peso para cubrir los costos de alimentación

El S1 con GDP de 0,56 kg·animal·d⁻¹ está muy próximo (0,586 kg·animal·d⁻¹; TABLA IV) de cubrir los costos de alimentación en el escenario de venta de 429 Bs/kg en pie. Un pequeño ajuste dietético podría favorecer el alcance de esa GDP sin aumentar considerablemente los costos. En el caso de S2, la GDP obtenida (0,38 kg·animal·d⁻¹) dista mucho de la necesaria para cubrir los costos mencionados (0,566 kg·animal·d⁻¹). Un precio mínimo de venta en pie de 621,5 Bs/kg alcanza el punto de equilibrio para esa baja ganancia.

CONCLUSIONES

El suministro de un suplemento comercial de 15% de PC con mayor cantidad de almidón (37%) en hembras vacunas en crecimiento alimentadas con CA como fuente exclusiva de forraje, promovió una mejor respuesta en PV y GDP sin alterar el consumo de MS, AC y relación PV/AC en animales en crecimiento. La evaluación económica mostró que no es posible la sustitución de uno de ellos por otro más asequible debido al menor comportamiento animal asociado a este último. Por otro lado, a medida que el precio de venta de los animales se incrementa, la utilización de suplementos que promueven mayor comportamiento animal puede ser considerada una opción sobre alimentos más económicos, ya que pequeñas diferencias en el comportamiento animal podrían resarcir el costo adicional; adicionalmente, alimentos que ocasionan menor desempeño pueden ocasionar pérdidas si el escenario de venta es de menor precio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ARAQUE, C.; ARRIETA, G.; SANDOVAL, E. Evaluación del efecto de los bloques multinutricionales con y sin implante sobre la ganancia de peso en mautes. **Rev. Fac. Agron. (LUZ)**. 17(4): 335-341. 2000.
- [2] ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). Animal feed. Official Methods of Analysis. 15th Ed. Arlington, VA. EUA. Pp 69-90. 1990.
- [3] BÔAS-SOARES, W.V.; NASCIMENTO-RODRIGUES, R.; DA SILVA, R.E.; ZANETTI, M.A. Avaliação econômica de diferentes suplementações de novillos Nelore em pastagem no período das águas. **Arch. Latinoam. Prod. Anim.** 20(3-4): 71-76. 2012.
- [4] CARVALHO, M.V.; RODRIGUES, P.H.M.; LIMA, M.L.P.; ANJOS, I.A.; LANDELL, M.G.A.; SANTOS, M.V.; SILVA, L.F.P. Composição bromatológica e digestibilidade de cana-de-açúcar colhida em duas épocas do ano. **Bras. J. Vet. Res. Anim. Sci.** 47(4):298-306. 2010.
- [5] CHICCO, C.F.; SHULTZ, T.A.; CARNEVALI, A.A.; OROPEZA, L.; AMMERMAN, C.B. Biuret and urea in supplements for bovines fed green chop elephant grass. **J. Anim. Sci.** 33(1): 133-136. 1971.
- [6] CHICCO, C.F.; SHULTZ, T.A.; RIOS, J.; PLASSE, D.; BURGUERA, M. Self-feeding salt-supplement to grazing steers under tropical conditions. **J. Anim. Sci.** 33(1): 142-146. 1971.
- [7] COMBELLAS, J. La caña de azúcar. En: **Alimentación de la vaca de doble propósito y de sus crías**. 1^a.Ed.. Fundación INLACA. Pp 113-122. 1998.
- [8] DAVIS, C. Normal-Theory Methods: Repeated Measures ANOVA. **Statistical Methods for the Analysis of Repeated Measurements**. Springer-Verlag New York Inc. New York. USA. Pp 103-123. 2002.
- [9] DEPABLOS, L. Estado de la nutrición mineral en sistemas ganaderos y prácticas de suplementación de novillas de carne a pastoreo en los llanos centrales de Venezuela. Postgrado en Producción Animal. Facultades de Agronomía y Ciencias Veterinarias. Universidad Central de Venezuela. Trabajo de Grado. 130 pp. 2008.
- [10] DEPABLOS, L.; ORDÓÑEZ, J.; GODOY, S.; CHICCO, C.F. Suplementación mineral proteica de novillas a pastoreo en los llanos centrales de Venezuela. **Zoot. Trop.** 27(3): 249-262. 2009.
- [11] DEPABLOS, L.; COLINA, Y.; VARGAS, D.; SADDY, J. Utilización de diferentes suplementos en la alimentación de hembras vacunas mestizas en crecimiento estabuladas. **Zoot. Trop.** 29(4): 435-443. 2011.
- [12] DONEFER, E. Un sistema de producción de leche y carne basado en caña de azúcar integral. En: **Sistemas de Producción con Bovinos en el Trópico Americano**. Vaccaro, L. (Ed). Pp 171-186. 1982.
- [13] ESPINOZA, F.; ARGENTI, P.; CARRILLO C.; ARAQUE, C.; TORRES, A.; VALLE, A. Uso estratégico de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en novillas mestizas gestantes. **Zoot. Trop.** 24(2):95-107. 2006.
- [14] FAOSTAT. 2010. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. En línea: <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>. 09/11/2010.
- [15] GACETA OFICIAL DE LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA. N° 40.108. Pp 399.547-399.549. 2013.
- [16] GILL, J.L. Repeated Measurement: Sensitive Tests for Experiments with few animals. **J. Anim. Sci.** 63(3): 943-954. 1986.
- [17] GONZÁLEZ-STAGNARO, C.; MADRID-BURY, N.; GOICOECHEA-LLAQUE, J.; GONZÁLEZ-VILLALOBOS, D.; RODRÍGUEZ-URBINA, M. Primer servicio en novillas de doble propósito. **Rev. Científ. FCV-LUZ**. XVII (1): 39-46. 2007.

- [18] INSTITUTO NACIONAL DE SALUD AGRÍCOLA INTEGRAL (INSAI). Exigencias Sanitarias para la Movilización. 2012. Especies Bovinos y Búfalos. Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras. En *Línea*: <http://www.insai.gob.ve/images/stories/pdf/exig.pdf>. 12/04/2012.
- [19] McQUEEN, R.E.; NICHOLSON, J.W.G. Modification of the neutral-detergent fiber procedure for cereals and vegetables by using alpha-amylase. *J. AOAC. Int.* 62(3):676-680. 1979.
- [20] MIRANDA, L.F.; QUEIROZ, A.C.; VALADARES-FILHO, S.C.; CECON, P.R.; PEREIRA, E.S.; PAULINO, M.F.; CAMPOS, J.M.S.; MIRANDA, J.R. Desempenho e desenvolvimento ponderal de novilhas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana-de-açúcar. *Rev. Bras. Zoot.* 28(3): 605-613. 1999.
- [21] MONTPELLIER, F.; PRESTON, T. Digestibility and voluntary intake on-sugar cane diets: effect of chopping the cane stalk in particles of different sizes. *Trop. Anim. Prod.* 2(1):40-43. 1977.
- [22] MORA, R.E.; CHICCO, C.F.; HERRERA, A.M.; GODOY, S.; GARMENDIA, J. Suplementación con fuentes de proteína degradable y no degradable en el rumen en vacas alimentadas con *Urochloa humidicola*. I. Cambios de peso vivo, condición corporal, preñez y química sanguínea en vacas Brahman de primer parto a pastoreo. *Rev. Cientif. FCV-LUZ.* XXIV (6): 563-576. 2014.
- [23] MORA, R.E.; HERRERA, A.M.; GARCÍA, M.J.; CHICCO, C.F.; PÉREZ, R.J. Suplementación parenteral con cobre y zinc en bovinos Brahman en crecimiento en la región sur occidental de Venezuela. *Rev. Cientif. FCV-LUZ.* XX (5): 519-528. 2010.
- [24] MORA, R.; HERRERA, A.; SÁNCHEZ, D.; CHICCO, C.; GODOY, S.; DEPABLOS, L. Suplementación parenteral con cobre y zinc en vacunos machos mestizos Brahman en los Llanos Occidentales de Venezuela. *Rev. Fac. Agr. (UCV).* 36(3): 83-94. 2010.
- [25] ORDÓÑEZ, J. Evaluación económica de alternativas tecnológicas en doble propósito. 2000. X Congreso Venezolano de Zootecnia. Universidad Nacional Experimental de Los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora. Guanare, Portuguesa. En línea: http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/xcongreso/P164_EvalEcAltTecDobPro.pdf. 12/04/2017.
- [26] PADILLA, P.; CHACÓN, E. Nuevas opciones para la producción de leche en Venezuela. Estudio de caso en el Suroeste Andino. **II Simposium sobre Recursos y Tecnologías Alimentarias para la Producción Bovina a Pastoreo en Condiciones Tropicales**. Chacón, E.; Baldizán, A. (Eds.). Pasteurizadora Táchira C.A. San Cristóbal, 02/21-23. Venezuela. Pp 70-91. 2006.
- [27] PASTOR, F.; PICOT, A.; QUINTÍN, F.J.; RUIZ, M.; SEVILLA, E.; VIJIL, E. Características zoométricas de la raza bovina Pirenaica en función de su origen geográfico. *Arch. Zoot.* 49(185-186): 223-227. 2000.
- [28] PRESTON, T. Nutritive value of sugar cane for ruminants. *Trop. Anim. Prod.* 2(2): 125-142. 1977.
- [29] REYES, M. Análisis económico de experimentos agrícolas con presupuestos parciales: re-enseñando el uso de este enfoque. *Rev. La Calera.* 2(2): 40-48. 2002.
- [30] SIGALA, L.H.; SIGALA, L.E. La rentabilidad del negocio azucarero en Venezuela. El caso de los precios y los productores del Río Turbio. *Rev. de Indias.* 65(233): 271-282. 2005.
- [31] STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. Comparaciones múltiples. En: **Bioestadística: Principios y Procedimientos**. 2da Ed. McGraw-Hill. México. Pp 166-187. 1988.
- [32] UNIDAD INTEGRADA DE APOYO Y SERVICIOS CLIMATOLÓGICOS PARA LA INVESTIGACIÓN EN AGRICULTURA Y AMBIENTE (USICLIMA). Cátedra de Climatología Agrícola. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 2011.
- [33] URDANETA, J. La caña de azúcar una opción para el ganadero. En: **Manual de Ganadería de Doble Propósito**. Fundación GIRARZ. Ediciones Astro Data. Venezuela. Pp 231-235. 2005.
- [34] VALDEZ, R.E.; ALVAREZ, F.J.; FERREIRO, H.M.; GUERRA, F.; LOPEZ, J.; PRIEGO, A.; BLACKBURN, T.H.; LENG, R.A.; PRESTON, T.R. Rumen function in cattle given sugar cane. *Trop. Anim. Prod.* 2(3):260-272. 1977.
- [35] VAN SOEST, P.J. Collaborative study of acid-detergent fiber and lignin. *J. Assn. Offic. Anal. Chem.* 56(4): 781-784. 1973.
- [36] VAN SOEST, P.J.; WINE, R.H. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents. *J. Assn. Offic. Anal. Chem.* 50(1): 50-55. 1967.
- [37] WADSWORTH, J. Análisis de sistemas de producción animal. Las bases conceptuales. 1997. Departamento de Agricultura. Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación. Producción y Sanidad Animal (Nº 140/1). Roma. 80 pp. 1997 En *línea*: <http://www.fao.org/docrep/004/W7451S/W7451S00.htm#TOC>. 10/06/2009.
- [38] WEISS, W.P. Energy prediction equations for ruminant feeds. **Proc. 61st Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers**. New York. 10/19-21.USA. Pp 176-185. 1999.
- [39] ZAMBRANO, C. Ordeño estacional en ganadería de carne. Postgrado en Producción Animal. Facultades de Agronomía y Ciencias Veterinarias. Universidad Central de Venezuela. Tesis de Grado. 94 pp. 1992.