

## Efecto de la suplementación energético-proteica sobre el desempeño productivo en vacas Romosinuano durante el pre y posparto

### Effect of energy-protein supplementation on productive performance of Romosinuano cows during pre and postpartum

Lorena-Inés Mestra Vargas<sup>1,4</sup>, Rómulo Campos Gaona<sup>2</sup>, Natalia Herrera Perez<sup>1</sup>, Juan Carlos Fernández Niño<sup>1</sup>, Katherine García Alegría<sup>3</sup>

#### RESUMEN

Se evaluó el efecto de densidades energéticas y proteicas de dietas sobre la homeostasis, perfil metabólico y desempeño productivo durante el pre y posparto de vacas Romosinuano. Treinta vacas en pastoreo fueron asignadas a tres grupos de suplementación nutricional: TC: 0.0 T1: 2.35 y T2: 2.8 kg/animal/día de suplemento energético-proteico. El experimento se desarrolló desde 30 días antes del parto hasta 60 días posparto. Se evaluó el peso corporal (Pcorp), condición corporal (CC) y concentraciones séricas de glucosa, colesterol,  $\beta$ -hidroxibutirato, ácidos grasos no esterificados (NEFAs), proteína total, urea, aspartato aminotransferasa (AST) y alanina aminotransferasa (ALT). La suplementación al preparto no afectó el Pcorp ( $p=0.4557$ ) y CC ( $p=0.1893$ ). En el posparto hubo efecto significativo de la suplementación sobre PC ( $p=0.0343$ ) y CC ( $p=0.029$ ) en T1 y T2 y de glucosa al preparto en T2 ( $p=0.0019$ ). Para colesterol hubo efecto significativo en el preparto en T2 ( $p=0.0036$ ), así como al día 5 y 60 del posparto en

<sup>1</sup> Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA; Centro de Investigación Turipaná, Córdoba, Colombia

<sup>2</sup> Departamento de Ciencia Animal, Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Valle del Cauca, Colombia

<sup>3</sup> Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Buga, Valle del Cauca, Colombia

<sup>4</sup> Email: [lmestra@agrosavia.co](mailto:lmestra@agrosavia.co)

Recibido: 12 de abril de 2021

Aceptado para publicación: 15 de noviembre de 2021

Publicado: 22 de diciembre de 2021

©Los autores. Este artículo es publicado por la Rev Inv Vet Perú de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original

T1 y en T2 ( $p=0.001$ ). En  $\beta$ -hidroxibutirato hubo efecto significativo a los días 5 y 12 posparto en TC ( $p=0.0365$ ). Para NEFAs no hubo diferencias entre tratamientos en las dos fases. Para proteína total se encontró efecto significativo en el posparto en T2 ( $p=0.0163$ ), en tanto que para urea fue en el preparto en TC ( $p=0.0334$ ). Para AST hubo efecto significativo al día 5 del posparto en T2 ( $p=0.0202$ ) y para ALT al día 60 posparto en T2 ( $p=0.0018$ ). El suministro de hasta 2.8 kg/animal/día de suplemento energético-proteico optimiza el estado metabólico de vacas Romosinuano durante el pre y postparto, y el desempeño productivo, Pcorp y CC al posparto.

**Palabras clave:** Romosinuano, nutrición, perfil metabólico, preparto, postparto

## ABSTRACT

The effect of energy and protein densities of diets on homeostasis, metabolic profile and productive performance during pre and postpartum periods of Romosinuano cows was evaluated. Thirty grazing cows were assigned to three nutritional supplementation groups: TC: 0.0, T1: 2.35 and T2: 2.8 kg/animal/day of energy-protein supplement. The experiment ran from 30 days before calving to 60 days postpartum. Body weight (BW), body condition (BCS) and serum concentrations of glucose, cholesterol, total protein,  $\beta$ -hydroxybutyrate, non-esterified fatty acids (NEFAs), urea, aspartate aminotransferase (AST) and alanine aminotransferase (ALT) were evaluated. The prepartum supplementation did not affect BW ( $p=0.4557$ ) nor BCS ( $p=0.1893$ ). In the postpartum period, there was a significant effect of supplementation on BW ( $p=0.0343$ ) and BCS ( $p=0.029$ ) in T1 and T2 and on glucose at prepartum in T2 ( $p=0.0019$ ). For cholesterol, there was a significant effect on prepartum in T2 ( $p=0.0036$ ), as well as on days 5 and 60 postpartum in T1 and T2 ( $p=0.001$ ). In  $\beta$ -hydroxybutyrate there was a significant effect on postpartum days 5 and 12 in TC ( $p=0.0365$ ). For NEFAs there were no differences between treatments in the two phases. For total protein, a significant effect was found in the postpartum in T2 ( $p=0.0163$ ) while for urea it was in the prepartum in TC ( $p=0.0334$ ). For AST there was a significant effect on postpartum day 5 in T2 ( $p=0.0202$ ) and for ALT at postpartum day 60 in T2 ( $p=0.0018$ ). The supply of up to 2.8 kg/animal/day of energy-protein supplement optimizes the metabolic state of Romosinuano cows during the pre and postpartum period, and the productive performance, BW and BCS postpartum.

**Key words:** Romosinuano, nutrition, metabolic profile, prepartum, postpartum

## INTRODUCCIÓN

La raza Romosinuano (*Bos taurus*) es una de las siete razas de bovinos criollos colombianos que se caracteriza por su aptitud cárnica, longevidad, temperamento dócil, y su potencial adaptativo a las zonas de vida del bosque seco tropical (bs-T) y húmedo tropical (bh-T) predominantes en el Caribe co-

lombiano (Ossa *et al.*, 2013), lo cual sugiere que su comportamiento productivo y reproductivo sea considerado como aceptable, debido a las contingencias que conllevan los ambientes tropicales (Martínez-Rocha *et al.*, 2020).

La región Caribe colombiana contribuye con el 30% de la producción bovina a nivel nacional (ICA, 2020) y los sistemas pro-

ductivos de cría con base en el uso de las razas criollas, como el Romosinuano, representan una importante participación, destacándose por su potencial productivo de carne con adecuada calidad organoléptica y sensorial; sin embargo estos sistemas se desarrollan bajo diversas condiciones agroecológicas de infraestructura donde el manejo de la alimentación, reproducción, y sanidad deben ser atendidos para optimizar la producción animal (Parra-Cortés *et al.*, 2019).

Los cambios fisiológicos que ocurren en las vacas durante el pre y posparto incurren en alteraciones metabólicas condicionadas por desequilibrios homeostáticos, dados entre otros factores por desbalances entre los requerimientos y el consumo de nutrientes, que afectan la actividad reproductiva posparto (Moore y DeVries, 2020). En este aspecto, la incapacidad del animal en mantener la homeostasis y el desbalance nutricional puede evaluarse mediante el comportamiento de los indicadores metabólicos, tanto energéticos y proteicos y de función hepática (Puppel y Kuczyńska, 2016; Klein *et al.*, 2021). De forma paralela, la medición de la condición corporal (CC) es un importante método de evaluación subjetiva que permite cuantificar las reservas corporales de energía endógena (Pfeifer *et al.*, 2021).

Los desequilibrios homeostáticos que ocurren durante el último tercio de la gestación y en el posparto temprano, caracterizados principalmente por el balance energético negativo (BEN), una condición que representa cambios importantes en la concentración de metabolitos y en la disminución de la condición corporal (CC) (Clariget *et al.*, 2020), estarían relacionados principalmente a condiciones de restricción alimentaria, que según Claramunt *et al.* (2020) pueden contrarrestarse mediante el adecuado manejo de la disponibilidad de forraje en la pradera y, complementariamente, con la oferta de alimentos energéticos y proteicos, que además de enriquecer la calidad nutricional de las dietas basadas en forrajes tropicales, contribu-

yen a aumentar el consumo y la digestibilidad de los alimentos y el desempeño productivo en periodos críticos como la gestación y posparto en vacas (Mestra *et al.*, 2013; Sotelo *et al.*, 2018). Sin embargo, estudios relacionados con los efectos de la suplementación en vacas de aptitud cárnica, durante el pre y posparto en condiciones del trópico, presentan resultados controversiales sobre la reducción del BEN, y el desempeño productivo y reproductivo de los animales (Lopes *et al.*, 2016).

Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar la influencia del manejo alimenticio mediante la suplementación energético-proteica desde el parto hasta el posparto sobre el desempeño productivo en términos de ganancia de peso, condición corporal, y el comportamiento del perfil metabólico de vacas Romosinuano en condiciones de pastoreo en el valle medio del río Sinú.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización del Estudio

El estudio se realizó en el Centro de Investigación Turipaná - AGROSAVIA, localizado en el departamento de Córdoba, en el Nor-occidente Colombia, subregión del valle medio del Sinú. La zona presenta una topografía plana, con altitud de 20 msnm, temperatura de 28 °C, humedad relativa de 87% y precipitación pluvial anual de 1120 mm. Todos los procedimientos experimentales de este estudio fueron aprobados por el Comité de Bioética de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA.

### Animales, Alimentación y Tratamientos

Se utilizaron 30 vacas multíparas Romosinuano del Banco de Germoplasma Bovino del Centro de Investigación Turipaná, de 3-5 años, con  $250 \pm 23$  días de gestación y peso de  $458 \pm 13$  kg.

Cuadro 1. Composición química<sup>1</sup> de los alimentos (porcentaje de materia seca, %MS) y nutrientes del suplemento ofrecido a vacas Romosinuano, según tratamiento experimental

	MS (%)	PC (%)	EE (%)	FDN (%)	FDA (%)	CNZ (%)	EM (Mcal/kg/MS)
Angleton	26.3	8.78	1.80	61.5	32.8	13.8	2.03
Salvado de arroz	90.0	13.6	16.0	20.6	9.2	8.6	2.86
Torta de algodón	90.3	47.0	3.62	33.7	11.7	6.4	2.04
Melaza	73.0	3.0	1.0	-	-	10.1	3.28
	Suplemento energético proteico <sup>2</sup>						
		TC	T1	T2			
Ingredientes (kg de MS)							
Salvado de arroz		-	1.25	1.5			
Torta de algodón		-	1.1	1.1			
Melaza		-	-	0.2			
Nutrientes <sup>3</sup>							
MS (kg/día)		-	2.35	2.8			
PC (kg/día)		-	0.687	0.727			
EM (Mcal/ración)		-	5.92	7.18			

<sup>1</sup> MS: materia seca; PC: proteína cruda, EE: extracto etéreo; FDN: fibra en detergente neutro; FDA: fibra en detergente ácido; Cnz: cenizas; EM: energía metabolizable (Mcal/kg/MS)

<sup>2</sup> Composición del suplemento energético-proteico, como ofrecido (kg/MS/d) durante el pre y posparto

<sup>3</sup> Nutrientes totales diarios proporcionados en la ración por el suplemento alimenticio en animales del T1 y T2

Para el manejo alimenticio y suplementación, el tamaño muestral o número de animales representativos a usar en el ensayo se determinó mediante la siguiente ecuación descrita por Melo *et al.* (2020):  $r = (2Z^2(1-\alpha/2)\sigma^2) / d^2$ , donde  $r$ : corresponde al número mínimo de replicas,  $Z^2$  es el valor de una distribución normal estándar al nivel de confianza dado,  $1-\alpha/2$  es el valor conocido como nivel de confianza,  $\sigma^2$  es la desviación estándar de la variable de interés y  $d^2$  es el nivel de precisión deseado en la comparación.

Los animales fueron asignados aleatoriamente a uno de los tres tratamientos nutricionales de la siguiente manera: TC, grupo control, pastoreo sin suplementación; T1,

pastoreo+ suplementación energético-proteica (2.35 kg/animal/día); T2, pastoreo + suplementación energético-proteica (2.8 kg/animal/día) (Cuadro 1). Las cantidades de suplemento suministrado en las dietas del T1 y T2 se formularon con diferencias del 5.8% en la oferta de proteína cruda (kg) y del 21% de energía metabolizable (Mcal), a fin de evaluar el efecto de los nutrientes disponibles en cada dieta sobre las variables productivas de animales durante el pre y posparto. Cada grupo estuvo conformado por 10 vacas y el periodo experimental comprendió desde el día 30 del parto hasta el día 60 posparto de vacas, junto con sus crías en amamantamiento *ad libitum*.

El suplemento consistió en una mezcla de subproductos agroindustriales como salvado de arroz (*Oryza sativa*), torta de algodón (*Gossypium* sp) y melaza de caña (*Sacharum officinarum*), balanceado que suplía los requerimientos nutricionales de acuerdo con el NRC (2000). Los animales estuvieron en pastoreo rotacional intensivo de pasto Angleton (*Dichanthium aristatum*) en un potrero de 18.75 ha. Cada tratamiento tuvo un área de 6.25 ha con 5 subdivisiones de 5 días de ocupación y 20 de descanso. El suplemento se ofreció diariamente a los animales del T1 y T2 durante el horario de 07:00 a 08:30 h en comederos móviles grupales con espacio suficiente para evitar competencia o dominancia entre animales, y el consumo de suplemento se registró a las 10:00 h. La disponibilidad del forraje (kg/MS/ha) se evaluó en los potreros asignados, mediante la metodología de disponibilidad por frecuencia propuesta por Franco *et al.* (2006). Además, el consumo de la materia seca (MS) del forraje fue estimado por el método agronómico (Hammeleers, 2002).

### Calidad Nutricional del Forraje y Suplemento

Se colectaron muestras representativas del forraje simulando el pastoreo (*hand plucking*) de cada potrero cada 30 días para evaluar la calidad nutricional. Las muestras fueron secadas en estufa de ventilación forzada (Binder FD 240) a 60 °C por 48 h, molidas a 1 mm y enviadas al laboratorio de Química Analítica del Centro de Investigación Turipaná. Los análisis químicos en estas muestras, así como en las de los componentes del concentrado se hicieron según los métodos de referencia de la AOAC (2005).

### Consumo y Digestibilidad de Nutrientes

Los resultados del análisis químico del forraje y de los suplementos se registraron en el software *Cornell Net Carbohydrate*

*and Protein System* (CNCPS v. 6.5.5.1 de la Universidad de Cornell, EEUU (Fox *et al.*, 2004), para predecir el consumo, digestibilidad y metabolismo de los nutrientes.

### Parámetros Productivos

La evaluación del peso corporal (Pcorp) y condición corporal (CC) de los animales se realizó el día 30 del parto y 60 del parto. El Pcorp se registró utilizando báscula con capacidad de 2000 kg, y la CC fue evaluada por una misma persona mediante una escala de calificación de 1 a 9 (Richards *et al.*, 1986).

### Perfil Metabólico

Se determinaron las concentraciones de los componentes del metabolismo energético (glucosa [GLU], colesterol [COL], betahidroxibutirato [BHB], ácidos grasos no esterificados [NEFAs]), proteico (proteína total [PT], urea) y enzimático (aspartato aminotransferasa [AST] y alanina aminotransferasa [ALT]). A los animales en ayuno se les tomaron muestras de sangre (10 ml) de la vena coccígea utilizando tubos al vacío sin anticoagulante (Vacutainer®) los días 30 preparto y 5, 12, 27, 42 y 60 posparto. Las muestras fueron colectadas entre las 08:00 y 11:00 h. El suero fue separado mediante centrifugación a 15000 g durante 15 min (LC-04R Scientific®) y se almacenaron por duplicado en tubos eppendorf (2 ml) a -20 °C. El análisis se hizo mediante reactivos comerciales y espectrofotometría, a través de analizador químico automático Rayto® (Shenzhen, China). Mediante técnicas enzimáticas colorimétricas se determinaron las concentraciones séricas de: proteína (TP245), glucosa (Gluc-PAP GL2623), betahidroxibutirato (Ranbut RB1007), NEFAs (FA115), colesterol (CH203), urea (UR446), AST (AS2359) y ALT (AL2360). Todos los reactivos analíticos fueron del laboratorio Randox® (Antrim, UK).

## Análisis Estadístico

Los datos se analizaron mediante un análisis de varianza (PROC GLM) de medidas repetidas para determinar las variaciones en los indicadores productivos y metabólicos de los animales a través del tiempo y el efecto de los tratamientos sobre las variables de interés. Se realizaron pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk) y homocedasticidad (Levene). Los datos se analizaron por tratamiento (TC T1 y T2) y durante los periodos de preparto y posparto. Se compararon las medias de los indicadores metabólicos séricos durante los dos periodos mediante el test de Tukey y Kramer en el programa Infostat® con un nivel de significancia de 5%.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Consumo y Digestibilidad de Nutrientes

Durante el periodo experimental, el pasto Angleton (*Dichanthium aristatum*) presentó una disponibilidad de 61.5% de FDN, que se indica dentro de los valores aceptables para gramíneas tropicales, así como 2.03 Mcal/kg/MS de EM, y 8.78% de PC (Cuadro 1), lo cual representó un aporte de 87.8 g de PC/kg MS, levemente superior al rango mínimo 6-8% de MS para mantener el crecimiento microbiano y promover la digestión de fibras carbohidratos del forraje (Detmann *et al.*, 2014).

El aporte diario de nutrientes del suplemento para animales del T1 y T2 se presentan en el Cuadro 1. La masa de forraje disponible para cada tratamiento se muestra en el Cuadro 2, la cual permitió consumir una ración de pasto de 11.1, 10.5 y 10.3 kg/animal/día para TC, T1 y T2 (Cuadro 2).

### Parámetros Productivos

No hubo diferencias significativas entre tratamientos para peso ( $p=0.4557$ ) y condición corporal ( $p=0.1893$ ). Sin embargo, en el día 60 posparto las vacas de T1 y T2 presentaron 30.6 kg más de Pcorp en promedio que las vacas de TC ( $p=0.0343$ ) y un punto más en CC ( $p=0.0292$ ) (Cuadro 3).

El menor Pcorp y CC de animales del TC en el posparto concuerda con lo indicado por Carizi *et al.* (2019), quienes señalan una pérdida progresiva de peso y CC luego del parto, lo cual se debería principalmente por el consumo restringido de NDT, dado que la alimentación estuvo basada únicamente en el forraje de la pradera, con aportes deficitarios de nutrientes para cubrir los requerimientos de energía (consumo de 6249 g/día de NDT - 56.3% del consumo de MS/d) (Cuadro 2), inferior a lo recomendado durante el posparto por el NRC (2000) del 60-65%, lo que limitó el desempeño de los animales en la ganancia de peso.

Respecto a la disminución de la CC en animales del TC, Diskin y Kenny (2016) indican que el amamantamiento es una condición que afecta negativamente la CC de las vacas cuando no tienen un adecuado manejo nutricional. Asimismo, los resultados del presente estudio concuerdan con Sotelo *et al.* (2018), quienes encontraron disminución de la CC al posparto en vacas de carne con ternero al pie y alimentadas solo con pasto. Las vacas de T1 y T2 se beneficiaron con una mayor disponibilidad de nutrientes diarios (Cuadro 2), generando un mayor efecto anabólico en el metabolismo de los animales, logrando un aumento en el Pcorp y CC de animales del T1 y T2 al final del estudio (día 60 postparto), tal y como lo reportan Oliveira *et al.* (2010) en vacas Canchim suplementadas durante el pre y posparto en condiciones de pastoreo.

Cuadro 2. Consumo y digestibilidad de nutrientes de vacas Romosinuano al pastoreo y suplementadas con balanceado durante el pre y posparto (Córdoba, Colombia)

	TC	T1	T2
Forraje disponible (kg/MS/ha)	555.2	524.8	516.15
Consumo de nutrientes <sup>1</sup>			
Materia seca del forraje (kg/d)	11.1	10.5	10.3
Materia seca del suplemento (kg/d)	-	2.35	2.8
Materia seca total (MST)	11.1	12.85	13.1
Proteína cruda (g/d)	900	1608	1631
Extracto etéreo (g/d)	150	372	415
Carbohidratos no fibrosos (g/d)	1820	2160	2450
Composición <sup>2</sup>			
EM (Mcal/d)	23.4	29.5	31.1
ENm (Mcal/d)	13.2	18.3	19.1
PM (g/d)	837	1220	1283
NDT (g/d)	6249	7914	8262
NDT (%)	56.3	61.0	63.0

TC, grupo control, pastoreo sin suplementación; T1, pastoreo+ suplementación energético proteica (2.35 kg/animal/día); T2, pastoreo + suplementación energético proteica (2.8 kg/animal/día)

<sup>1</sup> Consumo de nutrientes analizado mediante software CNCPS con base al análisis de los alimentos

<sup>2</sup> EM: energía metabolizable (Mcal/d); ENm: energía neta de mantenimiento y lactancia (Mcal/d); PM: proteína metabolizable; NDT: nutrientes digestibles totales

Cuadro 3. Peso y condición corporal (CC) de vacas Romosinuano al pastoreo y suplementadas con balanceado durante el pre y posparto (Córdoba, Colombia)

Tratamientos	Preparto <sup>1</sup> (30 días previos)		Posparto <sup>2</sup> (60 días del parto)	
	Peso (kg)	CC	Peso (kg)	CC
TC	467.4 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	440.8 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>
T1	455.6 <sup>b</sup>	6.0 <sup>a</sup>	468.5 <sup>b</sup>	7.0 <sup>b</sup>
T2	451.8 <sup>b</sup>	6.0 <sup>a</sup>	474.4 <sup>b</sup>	7.0 <sup>b</sup>
<i>Valor p</i>	0.4557	0.1893	0.0343	0.0292

TC, grupo control, pastoreo sin suplementación; T1, pastoreo+ suplementación energético proteica (2.35 kg/animal/día); T2, pastoreo + suplementación energético proteica (2.8 kg/animal/día)

<sup>a,b</sup> Medias con letra diferente dentro de la fila difieren estadísticamente ( $p < 0.05$ )

## Perfil Metabólico

Los valores medios  $\pm$  error estándar de las concentraciones séricas de los componentes del metabolismo energético, proteico y enzimático en el pre y posparto se presentan en el Cuadro 4.

### Glucosa (GLU)

El valor de glucosa fue más elevado en el parto en las vacas de T2 (Cuadro 4). Asimismo, este valor fue superior al reportado por García *et al.* (2019) en vacas cebú y Simmental x cebú en pastoreo durante el último tercio de gestación ( $2.42 \pm 0.13$  mmol/l) y por Piao *et al.* (2015) en vacas de aptitud cárnica Hanwoo al final de la gestación ( $2.5 \pm 0.01$  mmol/l).

Los valores se mantuvieron estables y sin diferencia estadística durante el posparto (Cuadro 4), similares a los valores reportados por Samadi *et al.* (2013) de  $3.4 \pm 0.03$  mmol/l en vacas de aptitud cárnica, pero ligeramente superiores a las reportadas por Quintela *et al.* (2011) en vacas Rubia Gallega.

### Colesterol

Al parto, el grupo de animales del T2 presentó los mayores niveles séricos de COL ( $p=0.0036$ ) (Cuadro 4), similares a los valores reportados por Piao *et al.*, (2015) en vacas Hanwoo ( $3.39 \pm 0.93$  mmol/l) y por García *et al.* (2019) ( $3.4 \pm 0.23$  mmol/l) en vacas cruzadas cebú x Simmental al parto.

En el postparto, las mayores concentraciones de COL se encontraron el día 5 en animales del T2 ( $p=0.001$ ), con valores mayores a los reportados por Moura *et al.* (2020) en vacas de carne suplementadas al parto ( $3.32 \pm 0.26$  mmol/l). Asimismo, el COL en animales del T1 se encontró incrementado al día 60 posparto (Cuadro 4), con valores similares a los reportados por Mapfumo *et al.* (2017) ( $4.8 \pm 0.33$  mmol/l) en vacas Boran (*Bos taurus africanus*).

El incremento de las concentraciones de COL durante el posparto es un tema muy discutido, en razón a que algunos autores relacionan esta condición con el mejor equilibrio energético (Silveira *et al.*, 2012), mientras que otros indican que este efecto estaría relacionado con deficiencias en el consumo de energía con pérdidas de la condición corporal, como un mecanismo de movilización de reservas corporales para atender las demandas de nutrientes durante la lactancia (Berman, 2011; Klein *et al.*, 2021). En este estudio, el incremento de COL del T1 al día 60 posparto podría asociarse a una mayor demanda por consumo de energía que la suministrada en la dieta, lo cual se evidenció en el menor consumo de grasa o extracto etéreo de  $-371.6$  g/d al compararse con el consumo de los animales del T2 (Cuadro 4) y no con un BEN, debido a que la CC de los animales del T1 se incrementó durante el posparto (Cuadro 2).

### $\beta$ -hidroxibutirato (BHB)

Las concentraciones séricas de BHB en el parto no difirieron entre tratamientos ( $p=0.2537$ ), presentando un valor promedio de  $0.64 \pm 0.07$  (Cuadro 4), similar al reportado por Cervantes *et al.* (2014) en vacas mestizas ( $0.69 \pm 0.09$  mmol/l). Las concentraciones séricas de BHB en el posparto fueron igualmente similares entre tratamientos ( $p=0.3503$ ), aunque con mayores valores los días 5 y 12 posparto en el TC ( $p=0.0365$ ). Este aumento en el TC obedece a la mayor movilización de tejido adiposo en respuesta al BEN que se evidenció por la restricción en el consumo de energía y NDT diarios, que correspondieron a  $6249$  g/día (Cuadro 2) con un déficit de  $-411$  g/día, para suplir el requerimiento mínimo del 60% de NDT y de energía neta ENm (Mcal/día) que correspondió a  $13.2$  Mcal. Este valor es inferior al consumo recomendado de  $16$  Mcal de ENm diaria para cubrir los requerimientos del mantenimiento y lactancia (NRC, 2000).

Cuadro 4. Concentraciones séricas de componentes del metabolismo energético, proteico y enzimático en vacas Romosinuano suplementadas con balanceado durante el pre y posparto (Córdoba, Colombia)

		Glucosa (mmol/l)			Colesterol (mmol/l)		
Día <sup>1</sup>	TC	T1	T2	TC	T1	T2	
-30	2.75±0.316 <sup>a</sup>	3.45±0.36 <sup>a</sup>	4.65±0.33 <sup>b</sup>	2.31±0.18 <sup>a</sup>	1.95±0.216 <sup>a</sup>	3.06±0.20 <sup>b</sup>	
5	2.97±0.46 <sup>a</sup>	3.18±0.46 <sup>a</sup>	2.70±0.46 <sup>a</sup>	2.15±0.34 <sup>ab</sup>	2.66±0.34 <sup>ab</sup>	3.72±0.34 <sup>c</sup>	
12	3.02±0.46 <sup>a</sup>	2.50±0.46 <sup>a</sup>	3.43±0.46 <sup>a</sup>	2.41±0.34 <sup>ab</sup>	2.82±0.34 <sup>ab</sup>	2.89±0.34 <sup>ab</sup>	
27	3.58±0.43 <sup>a</sup>	3.14±0.46 <sup>a</sup>	3.49±0.46 <sup>a</sup>	2.67±0.32 <sup>ab</sup>	3.12±0.34 <sup>b</sup>	3.43±0.34 <sup>b</sup>	
42	2.35±0.43 <sup>a</sup>	2.10±0.43 <sup>a</sup>	3.00±0.46 <sup>a</sup>	2.94±0.34 <sup>ab</sup>	3.11±0.32 <sup>b</sup>	2.96±0.34 <sup>ab</sup>	
60	2.44±0.46 <sup>a</sup>	3.01±0.46 <sup>a</sup>	3.25±0.40 <sup>a</sup>	3.97±0.34 <sup>bc</sup>	4.80±0.34 <sup>d</sup>	3.52±0.30 <sup>bc</sup>	

  

		BHB (mmol/l)			NEFAs (mmol/l)		
Día	TC	T1	T2	TC	T1	T2	
-30	0.58±0.07 <sup>a</sup>	0.61±0.08 <sup>a</sup>	0.75±0.07 <sup>a</sup>	0.40±0.05 <sup>ab</sup>	0.45±0.06 <sup>ab</sup>	0.32±0.05 <sup>a</sup>	
5	0.82±0.08 <sup>b</sup>	0.56±0.08 <sup>a</sup>	0.60±0.08 <sup>a</sup>	0.39±0.06 <sup>a</sup>	0.35±0.06 <sup>a</sup>	0.36±0.06 <sup>a</sup>	
12	0.91±0.08 <sup>c</sup>	0.73±0.08 <sup>ab</sup>	0.56±0.08 <sup>a</sup>	0.41±0.06 <sup>ab</sup>	0.26±0.06 <sup>a</sup>	0.44±0.06 <sup>ab</sup>	
27	0.75±0.08 <sup>b</sup>	0.74±0.08 <sup>b</sup>	0.78±0.08 <sup>b</sup>	0.40±0.06 <sup>ab</sup>	0.35±0.06 <sup>a</sup>	0.36±0.06 <sup>a</sup>	
42	0.66±0.08 <sup>ab</sup>	0.81±0.08 <sup>c</sup>	0.65±0.08 <sup>ab</sup>	0.33±0.06 <sup>a</sup>	0.43±0.06 <sup>ab</sup>	0.34±0.06 <sup>a</sup>	
60	0.55±0.08 <sup>a</sup>	0.70±0.08 <sup>ab</sup>	0.63±0.08 <sup>ab</sup>	0.38±0.06 <sup>a</sup>	0.51±0.06 <sup>bc</sup>	0.45±0.06 <sup>ab</sup>	

  

		Proteína total (g/dl)			Urea (mmol/l)		
Día	TC	T1	T2	TC	T1	T2	
-30	7.78±0.23 <sup>a</sup>	7.47±0.27 <sup>a</sup>	7.56±0.25 <sup>a</sup>	4.98±0.34 <sup>b</sup>	3.61±0.39 <sup>a</sup>	3.93±0.36 <sup>a</sup>	
5	8.05±0.31 <sup>b</sup>	8.44±0.31 <sup>b</sup>	8.83±0.31 <sup>bc</sup>	3.68±0.44 <sup>a</sup>	3.99±0.44 <sup>a</sup>	3.94±0.44 <sup>a</sup>	
12	8.09±0.31 <sup>b</sup>	8.21±0.31 <sup>b</sup>	9.03±0.31 <sup>c</sup>	2.98±0.44 <sup>a</sup>	4.20±0.44 <sup>ab</sup>	3.39±0.44 <sup>a</sup>	
27	8.02±0.29 <sup>b</sup>	7.90±0.31 <sup>a</sup>	7.91±0.31 <sup>a</sup>	4.00±0.42 <sup>ab</sup>	3.91±0.44 <sup>a</sup>	3.95±0.44 <sup>a</sup>	
42	8.54±0.3 <sup>b</sup>	8.23±0.29 <sup>b</sup>	7.90±0.31 <sup>a</sup>	4.54±0.44 <sup>c</sup>	3.63±0.42 <sup>a</sup>	3.83±0.44 <sup>a</sup>	
60	7.80±0.31 <sup>a</sup>	7.67±0.31 <sup>a</sup>	7.93±0.37 <sup>a</sup>	4.38±0.44 <sup>b</sup>	3.92±0.44 <sup>a</sup>	3.72±0.39 <sup>a</sup>	

  

		AST (U/L)			ALT (U/L)		
Día	TC	T1	T2	TC	T1	T2	
-30	67.10±4.77 <sup>a</sup>	68.09±5.51 <sup>ab</sup>	63.35±5.10 <sup>ab</sup>	17.47±1.50 <sup>a</sup>	21.63±1.74 <sup>a</sup>	19.85±1.61 <sup>a</sup>	
5	76.31±7.46 <sup>ab</sup>	77.09±7.46 <sup>ab</sup>	99.27±7.46 <sup>c</sup>	20.89±1.81 <sup>a</sup>	24.86±1.81 <sup>ab</sup>	21.97±1.8 <sup>a</sup>	
12	78.12±27.46 <sup>ab</sup>	74.95±7.46 <sup>ab</sup>	64.36±7.46 <sup>ab</sup>	20.43±1.81 <sup>a</sup>	22.64±1.81 <sup>a</sup>	22.01±1.81 <sup>a</sup>	
27	82.83±6.98 <sup>bc</sup>	79.19±7.46 <sup>abc</sup>	78.20±7.46 <sup>ab</sup>	22.98±1.70 <sup>a</sup>	23.59±1.81 <sup>a</sup>	22.01±1.81 <sup>a</sup>	
42	82.32±7.4 <sup>bc</sup>	82.50±6.98 <sup>bc</sup>	79.31±7.4 <sup>abc</sup>	26.56±1.81 <sup>bcd</sup>	24.63±1.7 <sup>bc</sup>	24.65±1.81 <sup>bc</sup>	
60	75.09±7.46 <sup>ab</sup>	75.70±7.46 <sup>abc</sup>	82.45±6.48 <sup>bc</sup>	25.65±1.81 <sup>bc</sup>	22.18±1.81 <sup>a</sup>	27.32±1.60 <sup>d</sup>	

<sup>1</sup> Días pre y posparto

<sup>a,b,c</sup> Medias con letra diferente dentro de filas y metabolito difieren estadísticamente (p<0.05)

Media general ± error estándar de la media

Betahidroxibutirato [BHB), ácidos grasos no esterificados [NEFAS]), aspartato aminotransferasa [AST], alanina aminotransferasa [ALT]

En los animales del T1 se encontró un leve incremento en las concentraciones de BHB en el día 42, pero inferior al  $\leq 1.4$  mmol/l reportado por McArt *et al.* (2013) como indicador de incidencia de enfermedades metabólicas en rebaños al posparto. En este sentido, este incremento estaría relacionado con las condiciones propias de demandas de energía durante el periodo de la lactancia (Gross *et al.*, 2011) y no con un BEN, debido a que los animales suplieron sus requerimientos de NDT (g/día) y de ENm (Mcal/kg/MS) y aumentaron la ganancia de peso en 12.9 kg y un punto en la CC (Cuadro 3).

#### *Ácidos grasos no esterificados (NEFAs)*

Los valores de NEFAs fueron similares entre tratamientos en el parto (p=0.2283) y con un promedio de  $0.39 \pm 0.05$  (Cuadro 4). Asimismo, estas concentraciones fueron inferiores a las descritas por Quintela *et al.* (2011) en vacas Rubia Gallega ( $0.454 \pm 0.45$  mmol/l), y por Clariget *et al.* (2020) en vacas Hereford y Aberdeen Angus suplementadas desde el día 52 del parto ( $1.05 \pm 0.05$  mmol/l). Tampoco se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (p=0.9071), con un valor promedio de  $0.38 \pm 0.02$ . No obstante, se observó un leve incremento en T1 al día 60 posparto, que coincidió con el valor de NEFAs reportado por Lopes *et al.* (2016) en vacas Nellore con suplementación proteica (320 g de PC/animal/día).

Los NEFAs corresponden a uno de los metabolitos comúnmente referenciados para evaluar la presentación de BEN en vacas, condición que es muy frecuente durante el parto y en la lactancia de vacas lecheras de alta producción, cuando no pueden suplir sus requerimientos nutricionales para la producción (Waterman y Butler, 2010), situación que se contrasta en vacas de aptitud cárnica, debido a las menores demandas de energía. Durante las fases del pre y posparto del presente estudio, las concentraciones de NEFAs fueron inferiores a 0.40 mmol/l, coincidiendo con valores reportados en otros estudios (Moura *et al.*, 2020; Clariget *et al.*, 2020; De

Lana *et al.*, 2020) en vacas de aptitud cárnica en condiciones de trópico, concluyendo que valores  $\leq 0.40$  mmol/l no sugieren problemas relacionados con déficit energético en los animales.

#### *Proteína total (PT)*

Las concentraciones séricas de PT en el parto no presentaron diferencias significativas entre tratamientos (p=0.6815) (Cuadro 4), con un valor promedio de  $7.60 \pm 0.75$  g/dl. Estos valores fueron similares a los reportados por Piao *et al.* (2015) en vacas durante el último tercio de gestación ( $7.69 \pm 0.79$  g/dl), pero superiores a los indicados por García *et al.* (2019) en vacas de aptitud cárnica ( $6.28 \pm 0.15$  g/dl) durante el último tercio de gestación en condiciones de pastoreo extensivo y sin suplementación alimenticia.

Al día 5 del posparto se observó un incremento significativo en las concentraciones séricas de PT en T2 (p=0.0163) lo cual estaría asociado a la mayor ingesta de proteína de la dieta y por la mayor disponibilidad de proteína metabolizable o verdadera digerida pos-ruminalmente, que correspondió a 1283 g/día de PM (Cuadro 2). Por otro lado, las concentraciones séricas de PT en general durante el posparto fueron superiores a las reportadas por Mapfumo *et al.* (2017) en vacas Boran ( $7.11 \pm 0.11$  mmol/l) y por Moura *et al.* (2020) en vacas Nellore ( $6.74 \pm 0.13$  mmol/l).

#### *Urea*

La concentración sérica de urea en el parto fue mayor en los animales del TC (p=0.0334) (Cuadro 4) y similar al valor reportado por Quintela *et al.* (2011) ( $4.65 \pm 1.73$  mmol/l) en vacas Rubia Gallega en pastoreo y sin suplementación. Asimismo, las concentraciones de urea en animales de los T1 y T2 fueron similares al rango reportado por Mapfumo *et al.* (2017) en vacas Nguni ( $3.9 \pm 0.26$  mmol/l). La concentración de urea fue igualmente mayor en animales del TC al día 42 (p=0.0442). Según Garcia y Bacallao

(2010), el incremento de urea en animales del TC estaría relacionado con un desbalance energético-proteico de la dieta o por raciones deficitarias de energía o proteína, situación que frecuentemente se observa en rebaños alimentados con pastos tropicales.

Las vacas del TC presentaron la menor disponibilidad de PM (837 g/día en promedio (Cuadro 2), siendo levemente inferior al límite mínimo requerido al postparto en vacas de aptitud cárnica (840 g/día; NRC, 2000). Además, estos animales no alcanzaron los requerimientos mínimos de 60% de NDT y 16.0 Mcal/día de ENm, y presentaron una pérdida de peso y de condición corporal durante el postparto (Cuadro 3), lo que reafirma un estado de desbalance energético en el TC al postparto.

#### *Aspartato aminotransferasa (AST)*

No hubo diferencias significativas entre tratamientos en el preparto ( $p=0.677$ ) para las concentraciones enzimáticas de AST (Cuadro 4), siendo los valores similares a los valores de  $67.81 \pm 17.08$  U/l reportados por Quintela *et al.* (2011) y de  $66.3 \pm 3.16$  U/l de Mapfumo *et al.* (2017). No obstante, en el día 5 postparto hubo un incremento de AST en animales del T2 ( $p=0.0202$ ), así como una tendencia a un incremento paulatino hasta el día 60 postparto en todos los tratamientos. Esto, según Wittwer (2000), no tendría importancia fisiológica debido a que no superaron los valores referenciales de  $>120$  U/l. Por otro lado, los valores de AST al postparto fueron inferiores a los valores de  $95.31 \pm 34.16$  U/l reportados por Quintela *et al.* (2011) y de  $74.0 \pm 18.0$  U/l de Piao *et al.* (2015).

#### *Alanino aminotransferasa (ALT)*

Las concentraciones enzimáticas de ALT fueron similares entre tratamientos en el preparto ( $p=0.2129$ ) (Cuadro 4), siendo los valores del TC similares a los reportados por Quintela *et al.* (2011) en vacas de aptitud cárnica sin suplementación. Por otro lado, los animales del T1 y T2 presentaron valores si-

milares al valor de  $22.85 \pm 3.7$  U/l reportado por Mapfumo *et al.* (2017). Al postparto, las concentraciones de ALT fueron similares entre tratamientos ( $p=0.6448$ ); sin embargo, los animales del T2 al día 60 postparto presentaron valores mayores ( $p=0.0018$ ), los cuales fueron inferiores al valor de  $44.9 \pm 1.64$  U/l reportado por Mapfumo *et al.* (2017) en vacas Nguni.

El incremento de estas enzimas se relaciona a enfermedades de origen viral, o por situaciones de estrés (Mapfumo *et al.*, 2017). Esto indica, que, bajo las condiciones experimentales del estudio, las vacas de TC, T1 y T2 no presentaron problemas sanitarios asociados con la condición fisiológica propias de las etapas de gestación y lactancia.

## CONCLUSIONES

- El presente estudio entrega por primera vez información sobre el perfil metabólico de vacas Romosinuano en etapas de pre y postparto, y su relación con la suplementación en condiciones del Caribe húmedo colombiano.
- Las vacas Romosinuano bajo regímenes de pastoreo y sin suplementación energética-proteica (TC) presentaron déficit en el consumo de NDT ( $-41$  g/día y ENm  $-2.9$  Mcal/día) para atender las exigencias nutricionales y el mantenimiento de la homeostasis, con incrementos de metabolitos asociados con balance energético negativo, BHB, urea, y disminución del peso corporal ( $-26.6$  kg) y de la condición corporal en el postparto.
- El suministro de hasta  $2.8$  kg/d de suplemento energético-proteico con densidades de  $31.06$  Mcal y  $1283$  g de proteína metabolizable diaria optimiza la ingesta de nutrientes del forraje, el desempeño productivo, ganancia de peso, condición corporal y el estatus metabólico durante el pre y postparto en las vacas Romosinuano mantenidas bajo las condiciones del valle medio del río Sinú.

## 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 Macroproyecto «Estrategias para mejorar la competitividad y sostenibilidad de la producción de carne y leche en el Caribe húmedo», administrado mediante el convenio N.º 1828.

## LITERATURA CITADA

1. [AOAC] *Association of Official Agricultural Chemists Official Methods of Analysis*. 2005. Official Methods of Analysis of AOAC International. 18<sup>th</sup> ed. Gaithersburg, USA: AOAC.
2. **Berman A. 2011.** Are adaptations present to support dairy cattle productivity in warm climates? *J Dairy Sci* 94: 2147-2158. doi: 10.3168/jds.2010-3962
3. **Carizi CHV, Garzón PJP, Alvarado MJP, Marini, PR. 2019.** Condición corporal y su relación con producción láctea, reproducción y perfil metabólico en vacas lecheras del trópico boliviano. *Rev Inv Vet Perú* 30: 107-118. doi: 10.15381/rivep.v30il.14459
4. **Cervantes P, Trujillo S, Hernández A, Domínguez B, Andrade JA. 2014.** Protein and endocrine homeostasis in dairy cows in tropical in transition period. *AICA* 4: 83-85.
5. **Clariget JM, Quintans G, Banchemo G, Álvarez-Oxiley A, Bentancur O, López-Mazz CR, Pérez-Clariget R. 2020.** Effects of rice bran and glycerin supplementation on metabolic and productive responses of beef cows. *R Bras Zootec* 49:1-14. doi: 10.37496/rbz4920190082
6. **Claramunt M, Meikle A, Soca P. 2020.** Metabolic hormones, grazing behaviour, offspring physical distance and productive response of beef cow grazing at two herbage allowances. *Animal* 14: 1520-1528. doi: 10.1017/S175173111-9003021
7. **De Lana FMF, Rennó NL, Detmann, E, Fonseca MP, de Campos VF, Moreira SS, Caio MH, et al. 2020.** Performance, metabolic and hormonal responses of grazing Nellore cows to an energy-protein supplementation during the pre-partum phase. *BMC Vet Res* 16:1-13. doi: 10.1186/s12917-020-02309-3
8. **Detmann E, Paulino MF, de Campos VF, Huhtanen P. 2014.** Nutritional aspects applied to grazing cattle in the tropics: a review based on Brazilian results. *Semina: Ciências Agrárias*, 35: 2829-2854. doi: 10.5433/1679-0359.-2014v35n4Suplp2829
9. **Diskin MG, Kenny DA. 2016.** Managing the reproductive performance of beef cows. *Theriogenology* 86: 379-387. doi:10.1016/j.theriogenology.2016.04.052
10. **Fox DG, Tedeschi LO, Tylutki TP, Russell JB, Van Amburgh ME, Chase LE, Pell AN, Overton TR. 2004.** The Cornell Net Carbohydrate and Protein System model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. *Ani Feed Sci Tech* 112: 29-78. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2003.10.006
11. **Franco L, Calero D, Durán C. 2006.** Manejo y utilización de forrajes tropicales multipropósitos. Palmira, Colombia: Univ. Nacional de Colombia. 30 p.
12. **García GL, Orjuela AG, González FD, Rodríguez APR. 2019.** Evaluación del estado metabólico, el peso vivo y la condición corporal durante la gestación en vacas de carne en la Altillanura colombiana. *Orinoquia* 23: 13-24. doi: 10.22579/20112629.565
13. **Gross J, Van Dorland HA, Bruckmaier RM, Schwarz FJ. 2011.** Performance and metabolic profile of dairy cows during a lactational and deliberately induced negative energy balance with subsequent realimentation. *J Dairy Sci* 94: 1820-1830. doi:10.3168/jds.2010-3707

14. **Hammeleers A. 2002.** Métodos para estimar consumo voluntario de forrajes por rumiantes en pastoreo. [Internet]. Disponible en: <https://n9.cl/fls5v>
15. **[ICA] Instituto Colombiano Agropecuario. 2020.** Censo poblacional bovino en Colombia 2020. [Internet]. Disponible en: <https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2018.aspx>
16. **Klein JL, Adams SM, De Moura AF, Alves FDC, Maidana FM, Brondani IL, Cocco JM, et al. 2021.** Productive performance of beef cows subjected to different nutritional levels in the third trimester of gestation. *Animal* 15: 1-6. doi: 10.1016/j.animal.2020.100089
17. **Lopes SA, Paulino MF, Detmann E, Rennó LN, Valente ÉEL, Cabral CHA, Valério DCV, et al. 2016.** Evaluation of grazing beef cows receiving supplements with different protein contents. *Semina: Ciências Agrárias* 37: 3361-3372. doi: 10.5433/1679-0359.2016v37n5p3361
18. **Mapfumo L, Muchenje V, Mupangwa JF, Scholtz MM. 2017.** Changes in biochemical proxy indicators for nutritional stress resilience from Boran and Nguni cows reared in dry arid rangeland. *Trop Anim Health Prod* 49: 1383-1392. doi:10.1007/s11250-017-1338-0
19. **Martínez-Rocha E, Ramírez R, Núñez R, García JG, Parra GM. 2020.** Comportamiento de crecimiento y reproductivo en hembras bovinas Romosinuano. *Rev MVZ Córdoba* 26: 1-9. doi: 10.21-897/rmvz.2033
20. **McArt JA, Nydam DV, Oetzel GR, Overton TR, Ospina PA. 2013.** Elevated non-esterified fatty acids and  $\beta$ -hydroxybutyrate and their association with transition dairy cow performance. *Vet J.* 198:560-570. doi: 10.1016/j.tvjl.2013.08.011
21. **Melo MO, López PL, Melo MS. 2020.** Diseño de experimentos: métodos y aplicaciones. En: Diseños completamente aleatorizados y tamaño de muestras. 2° ed. Bogotá, Colombia: Univ. Nacional de Colombia. p 153-182.
22. **Mestra VL, de Paula LR, da Silva JCP, Veloso CM., de Queiroz, AC, da Fonseca DM. Rennó LN. 2013.** Desempenho de vacas mestiças em função de suplementação energética e proteica em dietas à base de cana-de-açúcar. *RBAS* 3:117-127. doi: 10.21206/rbas.v3i1.198
23. **Moore SM, DeVries TJ. 2020.** Effect of diet-induced negative energy balance on the feeding behavior of dairy cows. *J Dairy Sci* 103: 7288-7301. doi: 10.3168/jds.2019-17705
24. **Moura FH, Costa TC, Trece AS, Melo LP, Manso MR, Paulino MF, Rennó LN, et al. 2020.** Effects of energy-protein supplementation frequency on performance of primiparous grazing beef cows during pre and postpartum. *Asian-Australas J Anim Sci* 33:1430-1443. doi: 10.5713/ajas.19.0784
25. **[NRC] National Research Council. 2000.** Nutrient requirements of beef cattle. 7<sup>th</sup> Rev. Ed: Washington, DC: National Academy Press.
26. **Oliveira F, Toniollo GH, Oliveira AFD, Viu MA, Ferraz HT, Lopes DT, Gambarini ML. 2010.** The effect of offering an energy and protein supplement to grazing Canchim beef cows either postpartum or both pre-and postpartum on lipid blood metabolites and folliculogenesis. *Anim Reprod Sci* 121: 39-45. doi: 10.1016/j.anireprosci.-2010.04.192
27. **Ossa SG, David HA, Santana RM, Reza S, García PJ, Abuabara PY. 2013.** Formación, desarrollo y caracterización fenotípica de los caracteres productivos y reproductivos del hato Romosinuano del banco de germoplasma de Colombia. *Cienc Tec Agrop* 14: 231-243. doi: 10.21930/rcta.vol14\_num2\_-art:503
28. **Parra-Cortés R, Magaña MAM, Vázquez ATP. 2019.** Intensificación sostenible de la ganadería bovina tropical ba-

- sada en recursos locales: alternativa de mitigación ambiental para América Latina. Revisión bibliográfica. *Rev AIDA* 115: 342-359.
29. **Pfeifer LFM, Rodrigues WB, Nogueira E. 2021.** Relationship between body condition score index and fertility in beef cows subjected to timed artificial insemination. *Livestock Sci* 248: 1-5. doi:10.1016/j.livsci.2021.104482
  30. **Piao DC, Wang T, Lee JS, Vega RS, Kang SK, Choi YJ, Lee HG. 2015.** Determination of reference intervals for metabolic profile of Hanwoo cows at early, middle and late gestation periods. *J Ani Sci Biotech* 6: 1-5. doi: 10.1186/s40104-015-0009-0
  31. **Puppel K, Kuczyńska B. 2016.** Metabolic profiles of cow's blood; a review. *J Sci Food Agric* 96: 4321-4328. doi: 10.1002/jsfa.7779
  32. **Quintela LA, Becerra JJ, Rey C, Díaz C, Cainzos J, Rivas F, Herradón PG. 2011.** Perfíles metabólicos en preparto, parto y postparto en vacas de raza Rubia Gallega: estudio preliminar. *Recursos Rurais* 7: 5-14. doi:10.15304/rr.id88
  33. **Richards MW, Spitzer JC, Warner MB. 1986.** Effect of varying levels of postpartum nutrition and body condition at calving on subsequent reproductive performance in beef cattle. *J Anim Sci* 62: 300-306. doi: 10.2527/jas1986.-622300x
  34. **Silveira MD, Restle J, Menezes LD, Brondani IL, Nörnberg JL, Callegaro AM. 2012.** Metabólitos sanguíneos de vacas de corte suplementadas ou não com sais de cálcio de ácidos graxos durante o período pré e/ou pós-parto. *Arq Bras Med Vet Zootec* 64: 1418-1426. doi:10.1590/S0102-09352012000600003
  35. **Samadi F, Phillips NJ, Blache D, Martin GB, D'Occhio MJ. 2013.** Interrelationships of nutrition, metabolic hormones and resumption of ovulation in multiparous suckled beef cows on subtropical pastures. *Anim Reprod Sci* 137:137-144. doi: 10.1016/j.anireprosci.2012.12.012
  36. **Sotelo D, Paulino MF, Rennó LN, Detmann E, Maza OR, Marquez DC, Soares ML, de Almeida MD, Moura FH. 2018.** Performance and metabolic status of grazing beef heifers receiving increasing protein supplementation pre- and postpartum. *Anim Prod Sci* 59: 1244-1252. doi:10.1071/AN17485
  37. **Wagner JJ, Lusby KS, Oltjen JW, Rakestraw J, Wettemann RP, Walters LE. 1988.** Carcass composition in mature Hereford cows: estimation and effect on daily metabolizable. *J Anim Sci* 66:603-612. doi: 10.2527/jas1988.-663603x
  38. **Waterman RC, Butler WR. 2010.** Metabolic signals of beef cow in negative energy balance. In: *Proc IV Grazing Livestock Nutrition Conference*. Colorado, USA.
  39. **Wittwer FM. 2000.** Diagnóstico dos desequilíbrios metabólicos de energia em rebanhos bovinos. En: *González F, Barcellos J, Ospina H, Ribeira L (eds). Perfil metabólico em ruminantes, seu uso em nutrição e doenças nutricionais*. Porto Alegre, Brasil: Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul. p 9-22.