

INDICADORES BIOQUÍMICOS DEL BALANCE ENERGÉTICO EN EL PERIPARTO DE VACAS BRAHMAN EN PASTOREO EN EL TRÓPICO COLOMBIANO

Biochemical Indicators of Energy Balance Around Calving in Pasture-Based Brahman Cows in the Tropic of Colombia

Néstor Alonso Villa¹, Juan Mateo Osorio¹, Diana Escobar¹ y Alejandro Ceballos¹

¹Departamento de Sistemas de Producción, Universidad de Caldas. A.A. 275, Manizales, Colombia. E-mail: navilla@ucaldas.edu.co

RESUMEN

Para evaluar los cambios relacionados con el metabolismo energético en el periparto en vacas Brahman se tomaron quincenalmente 10 mL de sangre de 16 vacas en pastoreo seleccionadas al azar, iniciando 4 semanas antes del parto hasta 8 semanas después del parto. Se determinó la concentración de glucosa, fructosamina, colesterol total y lipoproteínas de alta, baja y muy baja densidad, ácidos grasos libres y β -hidroxibutirato (β -OHB), también se determinó el peso y condición corporal de la vaca, y el peso de la cría. El peso de las vacas disminuyó desde el parto hasta 8 semanas posparto. La condición corporal no presentó diferencias entre ambos estados productivos y se observó que estaba correlacionada con el peso de la vaca. La ganancia de peso total promedio de los terneros durante el estudio fue 55 ± 9 kg desde el nacimiento, observando la mayor ganancia entre 2 y 4 semanas de vida. Las concentraciones de glucosa, fructosamina y colesterol fueron similares, antes y después del parto, los ácidos grasos libres y butirato se mantuvieron elevados en ambos períodos. Bajo las condiciones de este estudio, las vacas Brahman presentaron cambios en el metabolismo energético similares a los reportados para vacas de razas lecheras, en las que se presenta un balance energético negativo desde antes del parto hasta dos meses después.

Palabras clave: Brahman, metabolismo, perfil metabólico, periparto.

ABSTRACT

To evaluate the energy balance in Brahman cows around calving, 16 grazing cows were randomly selected. Blood samples

(10 mL) were fortnightly collected from each cow starting 4 weeks before calving until 8 weeks postpartum. Glucose, fructosamine, total cholesterol, lipoproteins, free fatty acids, and β -hydroxybutyrate were determined. Body weight and body condition of cows were evaluated; the weight of the calves was also recorded. The body weight of the cows decreased from calving until the eight weeks postpartum. The body condition did not have a significant variation between periods, but was related to body weight. The average of weight gain of calves was 55 ± 9 kg from birth until the end of the study and the greatest weight gain occurred between 2 and 4 weeks postpartum. Glucose, fructosamine and cholesterol concentrations did not have any significant change between pre and postpartum periods, free fatty acids, and butyrates presented an elevated mean during both periods. Brahman cows had metabolic challenges similar to those ones reported for dairy cattle where a negative energy balance is seen few days before calving up to two months postpartum.

Key words: Brahman cattle, metabolism, metabolic profile, peripartum.

INTRODUCCIÓN

Se ha descrito que la vaca Brahman tiene un comportamiento metabólico al inicio de la lactancia similar al que presentan las vacas productoras de leche pertenecientes a razas *Bos taurus*, en las que se observa una adaptación homeostática del organismo para mantener la producción de leche [10].

Durante el periparto, la vaca productora de leche sufre una serie de cambios metabólicos que comienzan hacia el final del período seco y continúan hasta el inicio de la lactancia, los cuales permiten dividir este tiempo en dos fases: la primera corresponde a la última semana preparto y se caracteriza por

una disminución en el consumo de materia seca (CMS), que puede alcanzar hasta 30% el día del parto, y la segunda, que se puede extender hasta 7 semanas posparto, caracterizada por la movilización de grasa para mantener la producción de leche; siendo más evidente estos cambios en la primera semana después del parto [6,7].

La disminución del CMS al final del período seco afecta el ingreso de nutrientes y el balance energético posparto, asociándose con un incremento de la infiltración grasa hepática [2,8]. Lo anterior se traduce en un balance energético negativo (BEN) en los primeros 20 días posparto, que en algunos casos puede mantenerse dependiendo de la severidad del desequilibrio energético y el consumo de materia seca. El BEN obedece a una combinación de factores como las variaciones en el ingreso, biotransformación y egreso de los nutrientes y se puede prevenir diseñando estrategias nutricionales basadas en el conocimiento de la cantidad y calidad de los alimentos ofrecidos para mantener el crecimiento fetal durante el último tercio de la gestación y la síntesis de leche al inicio de la lactancia [1], fenómeno caracterizado bioquímicamente por una elevación de la concentración sanguínea de ácidos grasos libres (AGL), β -hidroxibutirato (β -OHB) y por la disminución en las concentraciones de glucosa y colesterol [5,9].

En Colombia se han realizado algunos estudios con respecto a los valores relacionados con los indicadores metabólicos en hembras Brahman en pastoreo y clínicamente sanas, encontrándose que las concentraciones de los diferentes metabolitos son similares a las descritas para razas lecheras; se ha observado que los valores elevados de β -OHB y una alta actividad de aspartato amino transferasa (AST; EC 2.6.1.1) son los que se repiten con mayor frecuencia [16]. Pese a lo anterior, no se ha descrito cuál es el cambio en diferentes indicadores del balance energético durante el periparto de la vaca Brahman mantenida en pastoreo.

En consideración a lo anterior y ante la escasez de antecedentes en la literatura sobre este tema en ganado *Bos indicus*, el objetivo de este trabajo fue describir los eventuales cambios en los metabolitos sanguíneos relacionados con el balance energético en vacas Brahman mantenidas en pastoreo desde un mes antes del parto hasta dos meses posparto, mediante la determinación de la concentración sérica de glucosa, fructosamina, colesterol, lipoproteínas (HDL, LDL y VLDL), triacilglicérols (TAG), ácidos grasos libres y butiratos (β -OHB).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación. Se seleccionaron tres explotaciones ubicadas en el Magdalena Medio Colombiano (5°27' LN-74°40' LO), dedicadas a la cría de ganado Brahman registrado. Esta zona ha sido clasificada como bosque húmedo tropical, con una altitud promedio de 176 msnm, una temperatura aproximada de 27°C y una humedad relativa superior a 80%, climatológicamente está dentro de una zona de convergencia intertropical donde se pre-

sentan dos épocas de verano (enero-abril y julio-septiembre) y dos de lluvia (mayo-junio y octubre-diciembre), donde la pluviosidad anual puede alcanzar 3000 mm (Centro Nacional de Investigaciones de Café, CENICAFE, datos sin publicar).

El sistema productivo es ganadería de cría en pastoreo extensivo mejorado para producción de carne, con predominio de las gramíneas *Brachiaria* (*Brachiaria* spp), India (*Panicum maximum*), Puntero (*Hyparrhenia rufa*), Angleton (*Dichanthium aristatum*) y Estrella (*Cynodon* spp). Los animales se mantuvieron en pastoreo durante todo el estudio, además se administró un complemento mineral y agua a voluntad.

Animales. Se seleccionaron al azar 16 vacas adultas de seis años en promedio, clínicamente sanas y con una edad gestacional de ocho meses según el registro reproductivo. Los partos de las vacas ocurrieron entre diciembre y enero, meses que corresponden a la época seca (verano) en el Magdalena Medio Colombiano. Las vacas se pesaron antes de iniciar el estudio y luego quincenalmente hasta la octava semana después del parto entre marzo y abril del año siguiente (época seca); se determinó la condición corporal (CC) de la vaca empleando la escala de 1 a 9 puntos [3]. Igualmente y con la misma frecuencia se pesó la cría desde el momento de su nacimiento hasta terminar el estudio.

Muestras y análisis. Desde la cuarta semana antes del parto y hasta la octava semana posparto se obtuvieron de cada animal y cada dos semanas 10 mL de sangre sin anticoagulante, mediante venopunción coccígea empleando el sistema de tubos al vacío (Vacutainer®, Becton-Dickinson, Franklin Lakes, NJ, EUA). Las muestras fueron remitidas en las siguientes 12 horas al laboratorio de Patología Clínica Veterinaria de la Universidad de Caldas, donde fueron centrifugadas a 1000 g por 15 minutos (Centrífuga Power Spin VX C818, Único, New Jersey, EUA), el suero obtenido se conservó a -20°C (Congelador Whirlpool, Modelo ARC 4110 IX, EUA) en tubos de reacción debidamente rotulados hasta su posterior análisis. Los métodos analíticos así como las unidades empleadas se presentan en la TABLA I.

Análisis estadístico. El diseño correspondió a un estudio observacional longitudinal prospectivo, donde los resultados fueron analizados usando el PROC MIXED de SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC, Estados Unidos de América), especificando la opción "repeated" para incluir la evaluación de la matriz de varianzas-covarianzas entre medidas correlacionadas en un mismo individuo, siguiendo el modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_{\text{parto}(i)} + \beta_j + \alpha\beta_{\text{parto}(i), j} + A_i + \varepsilon_{ij}$$

donde Y_{ij} : concentración para el metabolito en la i -ésima vaca al tiempo j , μ : media general, $\alpha_{\text{parto}(i)}$: efecto del tiempo con respecto al parto en la i -ésima vaca, β_j : efecto de la j -ésima observación (semana), $\alpha\beta_{\text{parto}(i), j}$: interacción, A_i : efecto aleatorio de la i -ésima vaca, y ε_{ij} : error. Los resultados se presentan como medias de cuadrados mínimos y desviación estándar. Las compa-

TABLA I
UNIDADES ESTÁNDAR INTERNACIONALES (UEI) Y MÉTODOS ANALÍTICOS EMPLEADOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS INDICADORES DEL BALANCE ENERGÉTICO EN HEMBRAS BRAHMAN

Variable	UEI	Método analítico
Glucosa	mmol/L	GOD-PAP
Fructosamina	µmol/L	Reducción de NBT
Ácidos grasos libres (AGL)	mmol/L	Colorimétrico
β-hidroxibutirato (β-OHB)	mmol/L	Cinético enzimático
Colesterol	mmol/L	CHOD-PAP
Triacilgliceroles (TAG)	mmol/L	Glicerol fosfato oxidasa-peroxidasa
Lipoproteínas:		
Alta densidad (HDL)	mmol/L	Fosfotungstato magnesio - CHOD-PAP
Baja densidad (LDL)	mmol/L	Ecuación de Friedewald
Muy baja densidad (VLDL)	mmol/L	Ecuación de Friedewald

raciones se ajustaron usando el método de Tukey-Kramer [19]. Las correlaciones entre las concentraciones de los metabolitos analizados se calcularon usando el PROC CORR de SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC, EUA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cambio de peso y condición corporal. En el parto se obtuvo un promedio de peso mayor al postparto y se observó que el promedio antes del parto fue $533,6 \pm 67,6$ kg frente a $488,4 \pm 58,7$ kg inmediatamente después del parto ($P < 0,05$); el peso de las vacas disminuyó desde el momento del parto hasta la octava semana postparto, alcanzando en ese momento, su valor promedio más bajo ($483,3 \pm 55,9$ kg).

Las vacas continuaron perdiendo peso hasta la octava semana postparto, en menor cuantía que lo mostrado hasta la cuarta semana postparto (FIG. 1). Los cambios de peso que se encontraron en las vacas a lo largo del estudio fueron significativos ($P < 0,05$).

La CC promedio en el parto fue $7,5 \pm 0,6$ y después del parto se encontró un promedio de $7,4 \pm 0,6$ ($P > 0,05$). El peso de las vacas estuvo relacionado con la CC ($r = 0,56$; $P < 0,05$), mientras que no hubo relación entre el cambio de peso y la CC ($r = 0,08$; $P > 0,05$).

El aumento de peso promedio de los terneros en cada quincena fue $12,3 \pm 6,7$ kg, observándose una tendencia a una mayor ganancia de peso entre la segunda y la cuarta semana después del nacimiento ($P = 0,05$), cuando se obtuvo un incremento de $15,6 \pm 6,1$ kg/animal. La ganancia de peso de los terneros no estuvo correlacionada con el cambio de peso de las madres ($r = 0,20$; $P > 0,05$); tampoco se observó una correlación con la CC de las madres ($r = 0,17$; $P > 0,05$).

En otras razas, al igual que lo encontrado en este estudio, se ha observado que la vaca pierde más CC desde el momento del parto y alcanza el valor mínimo (escala de 1 a 5) en la sexta

semana postparto [2]. Lo anterior permite señalar que el patrón de variación en el peso y la condición corporal en la vaca Brahman es similar al de vacas de raza lechera europea [10].

La CC permite señalar que durante el estudio, las vacas movilizaron sus reservas de grasa para satisfacer los requerimientos energéticos cerca del inicio de la lactancia, lo que continúa hasta el momento de finalizar el estudio (FIG. 1); pese a ello, la movilización de grasa no produjo cambios significativos en los metabolitos sanguíneos relacionados con el balance de energía. Se ha indicado que las vacas Brahman tienen la capacidad de mantener a lo largo de la lactancia sus reservas de grasa para utilizarlas con posterioridad en la producción de leche [17]. Lo anterior sugiere que la vaca puede usar estas reservas en un período de lactancia posterior al considerado en este estudio.

La asociación entre el peso de la vaca y CC sugiere que esta última es una herramienta adecuada para evaluar la reserva de energía en el animal; además, la CC es un indicador más específico que el peso para una evaluación de esta naturaleza. No obstante, en este estudio no hubo cambios significativos en la CC entre el pre y postparto, lo que coincide con un estudio donde se ha descrito que la vaca Brahman tiene una tendencia a mantener sin mayores cambios su CC postparto después del tercer parto [17].

El cambio de peso de los terneros no tuvo correlación con la concentración de los metabolitos sanguíneos de la madre, lo que indica que el ternero en los primeros días no demanda una cantidad de leche tal que haya repercutido negativamente sobre el metabolismo energético de la vaca. No obstante, esta observación requiere la realización de estudios posteriores.

Metabolitos sanguíneos. La concentración promedio para los diferentes metabolitos estudiados, así como el rango observado en ambos periodos se presentan en la TABLA II. La concentración promedio de colesterol fue similar entre ambos periodos ($P > 0,05$). Se observó una correlación negativa

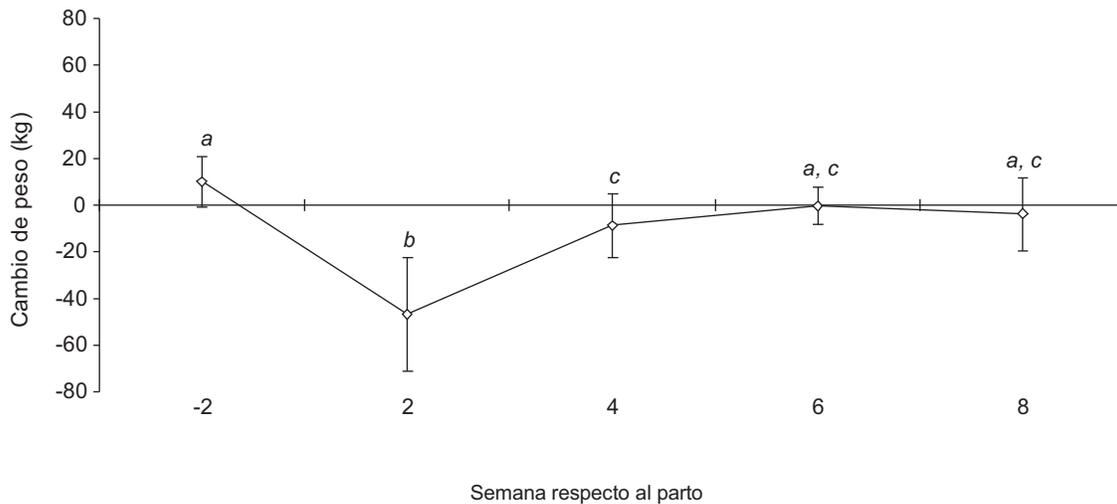


FIGURA 1. CAMBIO DE PESO ENTRE EL PREPARTO Y POSPARTO EN VACAS BRAHMAN MANTENIDAS EN PASTOREO EN TRES GANADERÍAS UBICADAS EN EL MAGDALENA MEDIO COLOMBIANO.

^{a,b,c} Letras diferentes: $P < 0,05$.

TABLA II

PROMEDIO (\bar{X}), DESVIACIÓN ESTÁNDAR (DE), RANGO Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV) PARA LA CONCENTRACIÓN SÉRICA PREPARTO Y POSPARTO DE DIFERENTES VARIABLES ENERGÉTICAS EN VACAS BRAHMAN MANTENIDAS EN PASTOREO EN TRES GANADERÍAS DEL MAGDALENA MEDIO COLOMBIANO

Variable	Preparto			Postparto		
	$\bar{X} \pm DE$	Rango	CV (%)	$\bar{X} \pm DE$	Rango	CV (%)
Glucosa (mmol/L)	2,8 ± 0,8	1,8 – 4,9	29	2,7 ± 0,7	1,3 – 4,5	26
Fructosamina (μmol/L)	200 ± 93	32 – 396	47	229 ± 56	100 – 351	24
AGL (mmol/L)	0,9 ± 0,6	0,1 – 2,7	67	0,9 ± 0,6	0,0 – 2,6	67
β-OHB (mmol/L)	1,6 ± 1,1	0,2 – 4,5	69	1,4 ± 1,3	0,1 – 5,2	93
Colesterol (mmol/L)	3,5 ± 0,8	1,7 – 5,1	23	3,6 ± 0,7	2,3 – 5,7	19
TAG (mmol/L)	0,4 ± 0,2	0,0 – 0,9	50	0,3 ± 0,2	0,0 – 0,7	67
HDL (mmol/L)	2,5 ± 0,6	1,4 – 4,0	24	2,7 ± 0,5	1,6 – 4,2	19
LDL (mmol/L)	0,7 ± 0,7	0,0 – 2,3	100	0,6 ± 0,7	0,0 – 2,5	117
VLDL (mmol/L)	0,2 ± 0,1	0,0 – 0,4	50	0,1 ± 0,1	0,0 – 0,3	100

entre la concentración de butiratos y la concentración de colesterol (TABLA III). Este hallazgo está indicando claramente una asociación negativa entre los metabolitos indicadores de un balance de energía adecuado, como el colesterol, y aquellos asociados con un balance energético negativo, como es el caso de los butiratos. Por lo anterior, mientras la vaca esté en un balance adecuado desde el punto de vista energético, la concentración de colesterol estaría dentro de los valores referenciales, así como los butiratos no deberían encontrarse elevados [6, 8, 11, 16].

La concentración de colesterol durante el pre y posparto fue superior a los valores descritos por Kaneko y col. [11] valores que también fueron superiores a los encontrados para vacas Brahman que recibieron grasas suplementarias [12], e inferior a lo descrito para bovinos lecheros bajo condiciones de

pastoreo, que recibieron alimentos concentrados como parte de la alimentación [5]. Lo anterior estaría relacionado con una menor demanda energética con respecto al ganado lechero, y probablemente con un mayor consumo de alimentos fibrosos (i.e. precursores de colesterol) en la ración, contrario a lo descrito para vacas lecheras [13, 15]. Por otra parte, la concentración de colesterol no disminuyó significativamente después del parto, confirmándose así que los cambios en el metabolismo energético en el periparto de vacas Brahman no tendrían la severidad de lo descrito para las vacas de razas productoras de leche, o estos cambios podrían ser menos severos debido a una menor producción de leche.

Igualmente, no se observaron variaciones significativas en la concentración de lipoproteínas entre el preparto y el posparto (TABLA II). La fracción HDL representó 71% del coleste-

TABLA III
MATRIZ DE CORRELACIONES ENTRE EL PESO, CONDICIÓN CORPORAL (CC) Y LA CONCENTRACIÓN SÉRICA DE GLUCOSA, COLESTEROL, ÁCIDOS GRASOS LIBRES (AGL) Y BUTIRATO EN VACAS BRAHMAN DE TRES GANADERÍAS DEL MAGDALENA MEDIO COLOMBIANO

	Peso	CC	Glucosa	Colesterol	AGL
Peso					
CC	0,56*				
Glucosa	0,15	0,14			
Colesterol	-0,02	0,26*	-0,00		
AGL	-0,13	0,12	-0,28*	0,16	
Butirato	0,24*	0,11	-0,02	-0,22*	-0,21

*P<0,05

rol total durante el parto y aumentó a 75% en el posparto, mientras que la fracción LDL representó 20 y 16% con respecto al colesterol total en el parto y posparto, respectivamente. La fracción VLDL presentó una disminución dentro del colesterol total desde el parto hasta el posparto, pasando de 6 a 3% (FIG. 2).

La fracción HDL presentó una proporción similar dentro del colesterol total según lo descrito para la especie [16], además se observó que la fracción HDL fue superior a LDL y VLDL, lo que concuerda con lo señalado para bovinos lecheros [5,14]. Respecto a la fracción LDL, se obtuvieron valores inferiores a los hallados en vacas lecheras durante el pre y posparto [5]. Se ha observado que la concentración de LDL disminuye en las primeras dos semanas posparto [16], lo que coincide con lo observado en este estudio, donde también tuvo una tendencia a disminuir (P=0,16). Este cambio bioquímico puede deberse a una disminución en la secreción de VLDL o a la conversión de VLDL a LDL, o a un incremento en la excreción de LDL [13]. La concentración de VLDL fue inferior a lo hallado en ganado lechero para los mismos estados productivos [5]. Aunque no se observaron diferencias significativas, la disminución absoluta y proporcional de la fracción VLDL durante el posparto en las vacas del estudio, sugiere que el hígado no está en capacidad de exportar la grasa que se encuentra allí depositada durante este período [8, 14, 15] si bien la cantidad de grasa movilizada y almacenada en el hígado es menor que lo reportado para vacas lecheras, lo que estaría indicando un patrón similar en cuanto al metabolismo hepático y lipídico entre ambos tipos de vacas.

Desde el punto de vista del metabolismo energético, los antecedentes de literatura sobre los cambios bioquímicos entre los periodos pre y posparto en ganado Brahman son escasos, lo que hace necesaria su comparación con valores reportados para otras razas bovinas, aún considerando que hay diferencias en el metabolismo con otras razas.

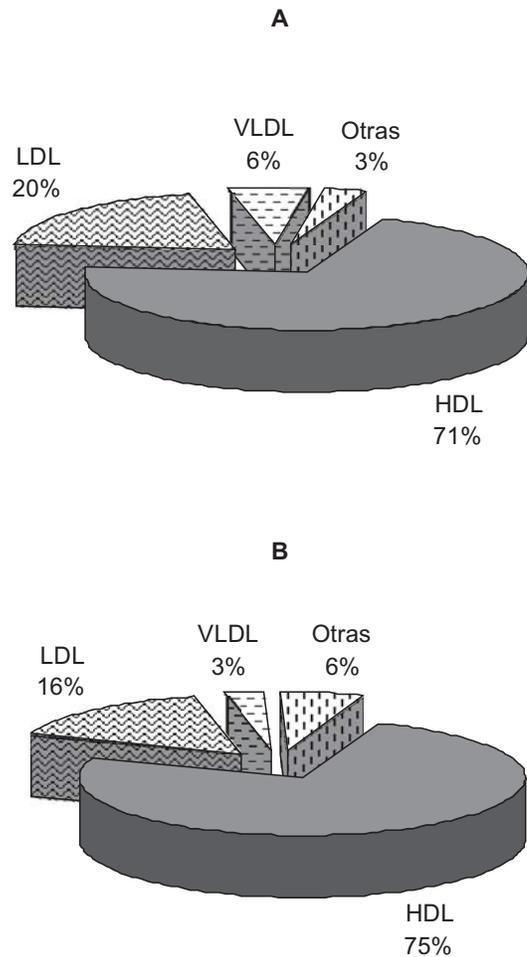


FIGURA 2. DISTRIBUCIÓN RELATIVA DE LAS FRACCIONES DE LIPOPROTEÍNAS EN EL PREPARTO (A) Y POSPARTO (B) EN VACAS BRAHMAN DE TRES GANADERÍAS UBICADAS EN EL MAGDALENA MEDIO COLOMBIANO.

La concentración sérica de glucosa se mantuvo estable en el pre y posparto (TABLA II), valores que se encuentran cercanos al límite inferior señalado por Kaneko y col. [11]. Además, fueron valores inferiores a los señalados para vacas lecheras en el departamento de Caldas [5]. Lo anterior sugiere que las vacas Brahman bajo las condiciones de este estudio, presentan una glicemia inferior a otro tipo de vacas debido a posibles diferencias en el aporte de carbohidratos en la dieta base; además, no es común la suplementación de vacas Brahman a pastoreo, lo que hace que dependan únicamente del aporte de la pastura, que en el trópico tienen un bajo contenido de carbohidratos fermentables. La fructosamina es un indicador de la concentración sanguínea de glucosa en las dos semanas previas a su análisis [11]. En este trabajo, la concentración de fructosamina no presentó variaciones entre el pre y posparto (P>0,05) y no tuvo correlación con la concentración de glucosa. Resultados similares se han descrito previamente para bovinos lecheros [4]. Estos resultados permiten señalar que, la determinación de la concentración de glucosa o fructosamina en vacas Brahman en pastoreo no serían indicadores

confiables del balance de energía, particularmente la fructosaamina en bovinos sigue siendo un metabolito poco sensible para evaluar cambios en el metabolismo energético.

La concentración de AGL fue similar, tanto en el parto como en el posparto ($P > 0,05$), valores que fueron superiores a los observados para ganado lechero en Caldas [5]. La concentración de AGL debe ser inferior a 0,40 mmol/L al final del periodo seco, y en el periparto, inferior a 0,80 mmol/L, debiéndose su aumento a un balance energético negativo en el animal al inicio de la lactancia [16].

En los momentos caracterizados por un desequilibrio energético, el hígado oxida los AGL a cuerpos cetónicos y favorece un aumento de la concentración de cuerpos cetónicos [11]. Pese a lo anterior, la concentración de butirato no presentó diferencias según el estado productivo de las vacas, pero su concentración promedio se mantuvo por encima de 0,40 mmol/L (TABLA II), y de los valores encontrados en otros estudios realizados con vacas Brahman en pastoreo ($0,3 \pm 0,2$ mmol/L) [18]. Harrison y col. [9] describieron para vacas lecheras que, la concentración de butirato aumenta en el inicio de la lactancia, guardando relación con el balance energético negativo del animal en este periodo. Los resultados de este estudio sugieren que las vacas Brahman iniciaron la movilización de reservas corporales antes del parto, lo que plantea la necesidad de mejorar las condiciones de alimentación de la vaca Brahman en pastoreo algunas semanas previas al momento del parto.

La alta concentración de AGL y β -OHB reflejan que las vacas Brahman en este estudio estuvieron sometidas a un balance energético negativo en el periparto, semejante a lo que ocurre en vacas lecheras, en las que la concentración de AGL se incrementa antes y en el momento del parto, lo que conlleva a un incremento en la captación de ácidos grasos, esterificación de éstos y almacenamiento de triacilgliceroles en el hígado [8]. No obstante, estos cambios en los metabolitos AGV y β -OHB no se vieron reflejados en una menor condición corporal de los animales, estadísticamente significativa y apreciable a la evaluación visual.

Si bien el objetivo de este estudio no contempló las eventuales diferencias que se puedan presentar por la época del parto, es claro que la concentración sanguínea de los metabolitos evaluados puede variar debido a factores climáticos que determinarían una mayor oferta forrajera, así como una mayor calidad nutricional de la pastura. Observaciones no publicadas del laboratorio de análisis bromatológico de la Universidad de Caldas indican que, los pastos disponibles para las vacas de este estudio se caracterizan por un prolongado periodo de recuperación con un contenido de proteína cruda cercano a 8%, una fibra cruda superior a 35% y un aporte de energía metabolizable aproximado de 1,8 Mcal/kg de materia seca.

Igualmente, no se pretendía generar un modelo metabólico para vacas Brahman; sin embargo, estos resultados permiten señalar que el comportamiento metabólico entre el pre y

posparto en este tipo de vacas sigue un patrón similar al observado en vacas con otra aptitud productiva y la recomendación práctica es la suplementación de la alimentación preparto con el objeto de minimizar el riesgo metabólico. Posiblemente, la prevalencia de afecciones metabólicas en Brahman sea menor a lo observado en razas especializadas en producción de leche, pero las afecciones subclínicas pueden causar alteraciones en el reinicio de la actividad ovárica posparto y posterior fertilidad de la vaca.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones de este estudio se puede concluir que, las vacas Brahman presentaron cambios en su metabolismo energético al inicio de la lactancia, que guardan similitud a los observados en vacas lecheras; no obstante, las diferencias en los requerimientos y en la alimentación juegan un papel no evaluado en este estudio, ya que va más allá del objetivo propuesto.

Si bien se observaron cambios en el peso y la condición corporal de la vaca, estos cambios no se vieron reflejados en los metabolitos sanguíneos relacionados con el metabolismo energético. Los cambios en el peso y condición corporal están probablemente asociados con las características de alimentación y particularidades de la vaca Brahman en pastoreo, como una menor producción de leche y no recibir alimentos suplementarios. No obstante, se requieren estudios posteriores que incluyan una evaluación del efecto de la suplementación preparto.

AGRADECIMIENTO

Los autores desean agradecer a la Vicerrectoría de investigaciones de la Universidad de Caldas por el apoyo económico para realizar este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BELL, A. W. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. **J. Anim. Sci.** 73: 2804-2819. 1995.
- [2] BOBE, G.; YOUNG, J. W; BEITZL, D. C. Pathology, etiology, prevention, and treatment of fatty liver in dairy cows. **J. Dairy Sci.** 87: 3105-3124. 2004.
- [3] BOYLES, S.; FLAKOLL, T.; RINGWALL, K. What is Body Condition Scoring? **Cow nutrition and body condition.** North Dakota State University, NDSU Extension Service. AS-1026. 1 -2 pp. 1992.
- [4] CEBALLOS, A.; ANDAUR, M. Indicadores bioquímicos sanguíneos de los desequilibrios energéticos en ganado de leche. **Segundo Seminario Internacional en Reproducción y Metabolismo de la Vaca Lechera.** Manizales, 09/09-10 Colombia. 9, 17 – 44 pp. 1999.

- [5] CEBALLOS, A.; GÓMEZ, P.; VÉLEZ, M. L.; VILLA, N. A.; LÓPEZ, L. F.; Variación de los indicadores bioquímicos del balance de energía según el estado productivo en bovinos lecheros de Manizales, Colombia. **Rev. Col. Cien. Pec.** 15: 13-25. 2002.
- [6] DRACKLEY, J. K. Biology of dairy cows during the transition period: the final frontier. **J. Dairy Sci.** 82: 2259-2273. 1999.
- [7] FERGUSON, J. D. Diet, production and reproduction in dairy cows. **Anim. Feed Sci. and Tech.** 59: 173-184. 1996.
- [8] GRUMMER, R. R. Etiology of lipid-related metabolic disorders in periparturient dairy cow. **J. Dairy Sci.** 75: 3882-3896. 1993.
- [9] HARRISON, R. O.; FORD, S. P.; YOUNG, J. W.; CONLEY, A. J.; FREEMAN, A. E. Increased milk production *versus* reproductive and energy status of producing dairy cow. **J. Dairy Sci.** 73: 2749-2758. 1990.
- [10] HUNTER, R. A.; D'OCCHIO, M.J. Partition of nutrients and return to oestrus in lactating *Bos indicus* cows. **Austr. J. Agric. Rev.** 46: 749-762. 1995.
- [11] KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. Carbohydrate Metabolism and its diseases. In: **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**. 5th Ed. Academic Press, Inc. San Diego (California). 45 pp. 1997.
- [12] LAMMOGLIA, M. A.; WILLARD, S. T.; HALLFORD, D. M.; RANDEL, R. D. Effects of dietary fat on follicular development and circulating concentrations of lipids, insulin, progesterone, estradiol-17 β , 13,14-dihydro-15-keto-prostaglandin f_{2a} and growth hormone in estrous cyclic brahman cows. **J Anim Sci.** 75: 1591-1600. 1997.
- [13] RAYSSIGUIER, Y.; MAZUR, A.; GUEUX, E. Plasma lipoprotein and fatty liver in dairy cows. **Res. Vet. Sci.** 45: 389-393. 1988.
- [14] RUKKWAMSUK, T.; WENSING, T.; GEELEN, M. J. H. Effect of overfeeding during the period on regulation of adipose tissue metabolism in dairy cow during the periparturient period. **J Dairy Sci.** 81: 2904-2911. 1998.
- [15] RUKKWAMSUK, T.; KRUIP, T. A. M.; MEIJER, G. A. L.; WENSING, T. Hepatic fatty acid composition in periparturient dairy cows with fatty liver induced by intake of a high energy diet in the dry period. **J. Dairy Sci.** 82: 280-287. 1999.
- [16] VAN SAUN, R. Nutritional Profiles: a new approach for dairy herds. **Bov. Prac.** 31: 43-50. 1997.
- [17] VARGAS, C. A.; OLSON, T. A.; CHASE, C. C.; HAMMONDS, A. C.; ELZO, M.A. Influence of frame size and body condition score on performance of Brahman cattle. **J. Anim. Sci.** 77: 3140-3149. 1999.
- [18] VILLA, N. A.; CEBALLOS, A.; CERÓN, D.; SERNA, C. A. Valores bioquímicos sanguíneos en hembras Brahman bajo condiciones de pastoreo. **Pesq. Agrop. Bras.** 34: 2339-2343. 1999.
- [19] ZAR, J.J. Multiple comparisons. In: **Biostatistical Analysis**. 5th Ed. Prentice-Hall: Englewood Cliffs, NJ. Pp 960. 226 – 248. 2009.