

Comportamiento metabólico en el periparto de vacas Hartón del Valle, bajo condiciones de trópico bajo

Metabolic behaviour in the peripartum period of dairy cows Hartón del Valle creole breed, under tropical conditions

Erika Andrea Hernández, Rómulo Campos Gaona, y Leonidas Giraldo Patiño

Departamento de Ciencia Animal, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Apartado Aéreo 237. Palmira, Valle del Cauca, Colombia.

Autor para correspondencia: rcamposg@unal.edu.co, eahernandez@palmira.unal.edu.co, lgiraldopa@palmira.unal.edu.co

Recibido: 11-06-2010 Aceptado: 18-03-2011

Resumen

El periodo de periparto o periodo de transición presenta variaciones fisiológicas significativas que inciden en posteriores sucesos productivos (pico de lactancia, reactivación ovárica). El ganado Hartón posee una excelente eficiencia reproductiva (estrecho intervalo entre partos), factor que podría originarse en procesos metabólicos relacionados con un mejor ajuste homeostático. El principal objetivo del presente trabajo fue evaluar la homeostasis en una raza bovina criolla durante el periodo postparto. Para el estudio se emplearon 10 vacas multíparas, muestreadas antes del parto (días 30 y 15 preparto) y diariamente en los tres primeros días del parto; posteriormente a partir del día 5, con intervalos de cinco días y hasta el día 60 postparto. En total para cada animal se analizaron 14 muestras, cada una de ellas correspondió a un periodo analítico. Mediante venipunción coccígea en tubos al vacío con y sin anticoagulante se colectó la muestra de sangre completa. Por centrifugación se obtuvo plasma y suero, los cuales fueron almacenados a -20°C, hasta su análisis. Las determinaciones de hormonas se realizaron mediante radioinmunoanálisis (RIA) de fase sólida. A través de pruebas enzimáticas colorimétricas en equipos automatizados, se determinaron los valores de los metabolitos para cada uno de los periodos definidos. Los valores medios fueron: BHB (β -Hidroxibutirato) 0.39 mmol/L, NEFA (Ácidos Grasos No Esterificados) 0.76 mmol/L, triglicéridos 0.42 mmol/L, colesterol 2.43 mmol/L, insulina 4.77 μ U/ml, triyodotironina (T3)

2.69 nmol/L, tetrayodotironina (T4) 57.37 nmol/L, progesterona 5.54 nmol/L, cortisol 32.42 nmol/L. Los valores obtenidos para los diferentes metabolitos se encuentran dentro de los rangos reportados por la literatura para bovinos en condiciones tropicales.

Palabras clave: Adaptación, bovinos criollos, perfil metabólico, periodo de transición, periparto.

Abstract

The peripartum period or transition period, presents significant physiological changes that affect production in subsequent production events (peak lactation, ovarian resumption). Creole bovine cattle "Hartón del Valle" has an excellent reproductive performance (short interpartum period); this factor could have been originated from metabolic processes related to an improved homeostatic adjustment. The main aim of this study was to assess the homeostasis in a native cattle breed in the postpartum period. For this study, 10 multiparous cows were used and sampled before birth (days 30 and 15 prepartum) and daily in the first three days of birth, and afterwards from day 5, at intervals of five days and up to-day 60 postpartum. In total, for each animal 14 samples were analyzed which correspond to one analysis period. Using the coccygeal venipuncture technic, in vacuum tubes with and without anticoagulant the complete sample was collected. By centrifugation, plasma and serum were obtained and stored at -20°C until the metabolic analysis was done. Using a radioimmunoassay (RIA) of solid phase, hormone analysis were done. Through enzymatic colorimeter test in automated equipment the values of the metabolites for each of the defined period were determined. The mean values were: BHB (β -Hidroxi butirates) 0.39 mmol/L, NEFA (Non Esterified Fatid Acids) 0.76 mmol/L, triglycerides 0.42 mmol/L, cholesterol 2.43 mmol/L, triiodothyronine (T3) 2.69 nmol/L, tetraiodothyronine (T4) 57.37 nmol/L, insulin 4.77 μ UI/ml, progesterone 5.54 nmol/L, cortisol 32.42 nmol/L. The values obtained for the different metabolites were within the biological ranges reported in the literature for cattle of tropical ecosystems.

Key-words: Adaptation, creole cattle, metabolic profile, transition period.

Introducción

La raza Hartón del Valle, es uno de los ocho grupos raciales de bovinos criollos colombianos, reconocidos por la FAO (FAO, 2007). El ecosistema de concentración y desarrollo de esta raza ha sido el valle geográfico del río Cauca. Su adaptación y resistencia se manifiesta en la tolerancia a enfermedades parasitarias, longevidad, baja mortalidad, alta fertilidad y un adecuado peso al nacer. Su temperamento es de un

bovino dócil, tranquilo, permitiendo un manejo fácil (Casas, 1998).

En el periparto, actualmente denominado periodo de transición, surgen diversas situaciones que conducen a severas alteraciones metabólicas, una de ellas conocida como Balance Energético Negativo (BEN), el cual ha sido definido como el déficit de energía entre el consumo de energía por parte del animal y la energía requerida para el mantenimiento y la preñez (vaca gestante) y el mantenimiento y la lactación

(vaca lactante) (McNamara *et al.*, 2003). Este desbalance a su vez puede favorecer la presentación de enfermedades metabólicas (Enjalbert *et al.*, 2001). Los trastornos metabólicos que afectan al rumiante en el periodo de transición son múltiples y se hallan condicionados por desequilibrios homeostáticos (Drackley, 1999). La depresión del consumo, los cambios endocrinos y la creciente producción láctea modifican la redistribución de nutrientes y llevan al animal a modificaciones metabólicas mediadas por el sistema endocrino, situación que cuando no es adecuada o rápidamente corregida produce severos desbalances fisiológicos, los cuales pueden ser analizados a través de indicadores en fluidos y tejidos biológicos capaces de ofrecer una panorámica de la función orgánica del individuo o del conjunto poblacional del hato objeto de estudio (Grummer, 2002).

Diversos trabajos han mostrado que existe un enorme potencial adaptativo en los bovinos criollos Hartón para la producción de leche. Los estudios realizados revelan cifras variables que tienden a expresar las características de los hatos en donde se explota el grupo racial, las diferentes condiciones de manejo (ordeño con y sin apoyo del ternero), el número de mediciones y el método de evaluación. Casas (1998) señala la existencia de vacas con producción hasta de 3400 kg, en lactancias de 280 días, con composición química de altos sólidos totales: 5% de grasa, 3.6% de proteína y 4.7% de lactosa, para una media de 13.5% de sólidos, en un hato conformado por 1300 vacas. El trabajo de Díaz *et al.* (2007), demostró la variabilidad genética para proteínas de la leche, siendo

este factor de selección de importancia económica y de alto poder competitivo ante las crecientes exigencias del mercado nacional e internacional. Por otra parte, se considera en forma teórica que el ganado Hartón puede presentar cierta resistencia natural a la mastitis (Rodas, 2005).

Los principales metabolitos asociados a la evaluación del BEN son: ácidos grasos no esterificados (NEFA) y β -Hidroxibutirato (BHB) puesto que sus concentraciones circulantes miden el grado de eficiencia en la adaptación metabólica al balance energético negativo. La concentración sérica de NEFA refleja la magnitud de la movilización de las reservas de grasa corporal y el BHB la intensidad de la oxidación de los triglicéridos en el hígado y el aporte de sustratos energéticos producidos en la beta-oxidación de las grasas. Los cuerpos cetónicos (BHB, acetoacetato y acetona) son intermediarios metabólicos de oxidación de los ácidos grasos. El BHB es importante en rumiantes como indicador de cetosis subclínica, patología derivada de la movilización de grasa en respuesta al BEN (Enjalbert *et al.*, 2001), siendo esta patología uno de los principales riesgos del periodo de transición. Otros metabolitos de importancia en la evaluación homeostática del postparto son el colesterol por su papel en la síntesis de hormonas esteroideas básicas para el reinicio de la actividad ovárica y, los triglicéridos, metabolitos asociados con lípidos de membrana, reservas grasa en el adiposito (McNamara *et al.*, 2003).

Los principales cambios fisiológicos durante el parto y el postparto temprano son controlados por el sistema endocrino, en especial por cortisol e insulina; de igual manera, las hormonas tiroideas actúan

en especial sobre procesos de adaptación regulando parcialmente el consumo de oxígeno y la calorígenes. El estudio de la función endocrina y su papel en el periodo de transición es un importante componente del análisis de la homeostasis del periparto (Campos *et al.*, 2005; Hammon *et al.*, 2009).

El objetivo principal del presente trabajo se basó en la determinación de la regulación de la homeostasis energética y endocrina en el periodo de transición en bovinos Hartón del Valle, en condiciones naturales para producción de leche.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en una explotación comercial ubicada en el Departamento del Valle del Cauca, geográficamente se encuentra en la región central del departamento, en las riveras del río Cauca (4°27' N, 76°20' O), zona climática de bosque seco montano bajo según la clasificación de Holdridge, a una altura media sobre el nivel del mar de 950 m, temperatura promedio de 24°C, humedad relativa del 75% y una precipitación anual de 1650 mm distribuida en forma bimodal. La explotación fue seleccionada por mantener uno de los núcleos genéticos de la raza Hartón del Valle, especializados en producción de leche en un manejo de pastoreo rotacional.

La base de alimentación de los animales fue pasto estrella *Cynodon plectostachyus*, suplementado con concentrado en base de maíz y torta de soya (NTD 78%) y acceso permanente a sal mineralizada y agua.

Se seleccionaron 10 vacas multíparas de la raza, las cuales según registro y diagnóstico de gestación se encontraban en el periodo final de la gestación. Se muestrearon desde

un mes antes del parto hasta dos meses postparto. En la fase preparto se obtuvieron dos muestras (30 días y 15 días preparto). En la fase parto-postparto, las muestras se colectaron de la siguiente manera, al parto, día uno, dos y tres postparto (una muestra por día), luego, día cinco, ocho, diez, quince y a partir de los 15 días una muestra cada nueve días hasta los 60 días, en total se colectaron 14 muestras por animal, para efectos de análisis estadístico cada muestreo se constituyó en un periodo. En total se colectaron 140 muestras de los 10 animales experimentales, en las que se analizaron 9 metabolitos (cinco hormonas y cuatro metabolitos bioquímicos) para un total de 1260 análisis.

Cada dos semanas se colectó muestra de leche para análisis de su composición química. En general no se encontró variación entre las muestras, los promedios hallados fueron: grasa (4.51%), sólidos no grasos (8.44%), densidad (1.0375), lactosa (4.69), proteína (3.05%), minerales (0.7%), sólidos totales (12.95%) y, bajo recuento de células somáticas (SCS 120000).

La muestra sanguínea se colectó mediante venipunción coccígea en tubos al vacío (sistema vacutainer) con y sin anticoagulante. Las muestras se transportaron refrigeradas hasta el Laboratorio de Endocrinología y Metabolismo Animal de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. En el laboratorio, dichas muestras se centrifugaron durante 15 minutos a 3500 rpm para obtener suero y plasma sanguíneo, fueron identificadas, fraccionadas y congeladas a -20°C hasta el momento de su análisis.

Se realizaron los análisis de las hormonas cortisol, insulina, progesterona, triyodotironina (T3) y tetrayodotironina

(T4), mediante radioinmunoanálisis de fase sólida (RIA) a través de kits comerciales DPC (Los Angeles, Ca); la lectura (cpm) se efectuó en equipo monopocho Nucleonics (Berkeley, Ca) y los valores de cada hormona se obtuvieron mediante el software RIACALC, de la Universidad de Guelph.

El análisis de los metabolitos energéticos colesterol, ácidos grasos no esterificados (NEFA), β -hidroxibutirato (BHB), y triglicéridos (TGD), se realizó mediante pruebas enzimáticas calorimétricas para reflectometría óptica. Se utilizaron kits comerciales Randox (Antrim, UK); para equipo de óptica automatizada Technicon RA-50 (Bayer, Munich, AL) y Refloton (Rayto, Shenzhen, CH).

La información se almacenó en una base de datos en Excel® (Microsoft) y se analizó a través del paquete estadístico SPSS versión 16.0 (Chicago). Se empleó análisis descriptivo y análisis de varianza bajo un modelo lineal univariado para número diferente de muestras, con el fin de analizar el efecto del periodo de transición; como prueba de diferencia de medias se realizó la prueba de Duncan, así mismo, se realizaron correlaciones múltiples de Pearson entre los metabolitos asociados a las rutas metabólicas.

Resultados y discusión

Indicadores metabólicos

En el ajuste final de los datos se descartó la información correspondiente al periodo 14, por presentar número bajo de muestras. Para los restantes periodos se analizó la variación entre éstos para probar la hipótesis de que el metabolismo energético sufre cambios significativos en el periodo de transición. Los cambios observados para los

metabolitos relacionados con las rutas bioquímicas del metabolismo energético (Tabla 1), son regulados homeostáticamente por diversas hormonas, algunas de las cuales fueron determinadas y muestran una estrecha relación entre ellas, como en el caso de T3 y T4, como se presenta en la Tabla 2.

La preñez y el inicio de la lactancia van acompañados de cambios endocrinos los cuales son significativos y específicos para cada hormona, en algunos casos diferentes a los que se producen en otros periodos fisiológicos. Simultáneamente con los cambios en el perfil endocrino también ocurren modificaciones metabólicas que facilitan el desvío de los nutrientes hacia la síntesis de leche y el amamantamiento del ternero. Durante este periodo crítico, el consumo de alimento es el más bajo del ciclo de gestación-lactancia (Seifi et al., 2007), situación que induce un balance energético negativo (BEN) (Busato et al., 2002).

El periodo de transición parece no ser tan severo en animales de producciones lecheras medias o bajas, al contrario de lo que sucede en animales de alta producción (Aeberhard *et al.*, 2001). En bovinos lecheros de alta producción, los cambios en el periodo de transición, ocasionan severos desajustes homeostáticos que conllevan a BEN, el cual incide sobre el ciclo reproductivo y la eficiencia en la producción (Drackley, 1999). Los bovinos criollos colombianos, han exhibido excelentes tasas reproductivas, posiblemente debido a la adaptación al medio y a las moderadas producciones lecheras. Se considera que para sistemas de explotación bovina de baja intensidad, la eficiencia reproductiva presenta una mejor alternativa que las altas producciones (Campos *et al.*, 2009).

Tabla 1. Valores medios y desviación estándar de los indicadores del metabolismo energético en vacas Hartón del Valle, en condiciones del Valle del Cauca.

Días*	T3 nmol/L	T4 nmol/L	Cortisol nmol/L	Progesterona nmol/L	Insulina IU/L
-30	1.01 ± 0.55	94.6 ^d ± 33.1	32.0 ± 16.8	27.6 ^c ± 10.1	11.6 ^{a,b,c} ± 14.6
-15	0.69 ± 0.49	58.3 ^{a,b,c} ± 26.8	29.0 ± 33.9	14.8 ^b ± 19.2	1.95 ^{a,b} ± 2.74
1	0.54 ± 0.36	50.1 ^{a,b,c} ± 11.5	40.5 ± 35.3	1.33 ^a ± 1.83	2.99 ^{a,b} ± 3.25
+2	0.49 ± 0.33	42.4 ^{a,b,c} ± 14.6	43.3 ± 12.7	0.86 ^a ± 0.87	7.26 ^{a,b,c} ± 4.49
+3	0.42 ± 0.34	31.8 ^a ± 18.0	31.7 ± 9.82	0.81 ^a ± 0.79	13.2 ^c ± 15.0
+5	0.44 ± 0.31	41.8 ^{a,b,c} ± 15.8	36.3 ± 28.9	0.24 ^a ± 0.26	4.63 ^{a,b,c} ± 2.47
+8	0.44 ± 0.31	34.8 ^{a,b} ± 5.78	28.9 ± 23.8	0.60 ^a ± 0.49	1.61 ^{a,b} ± 1.76
+10	0.68 ± 0.42	36.5 ^{a,b} ± 4.03	43.0 ± 47.6	0.39 ^a ± 0.47	2.84 ^{a,b} ± 1.73
+15	1.02 ± 0.68	57.2 ^{a,b,c} ± 34.5	28.1 ± 33.6	0.19 ^a ± 0.13	3.61 ^{a,b} ± 2.24
+ 24	0.66 ± 0.46	74.1 ^{c,d} ± 34.9	27.5 ± 27.9	0.25 ^a ± 0.41	3.22 ^{a,b} ± 2.76
+33	0.95 ± 0.54	70.9 ^{b,c,d} ± 41.5	21.9 ± 23.7	0.37 ^a ± 0.49	1.71 ^{a,b} ± 2.33
+41	0.78 ± 0.42	62.7 ^{a,b,c,d} ± 27.0	18.7 ± 24.3	0.33 ^a ± 0.36	0.78 ^a ± 1.27
+51	0.77 ± 0.56	59.0 ^{a,b,c} ± 40.1	39.8 ± 33.7	0.05 ^a ± 0.05	0.77 ^a ± 1.04

Columnas con letra diferente difieren estadísticamente (P<0.05). *En la columna días, valores negativos corresponden al periodo preparto, valores positivos al postparto.

Tabla 2. Valores medios y desviación estándar de las hormonas indicadoras de la regulación metabólica y endocrina en vacas Hartón del Valle, en condiciones del Valle del Cauca.

Días*	BHB mmol/L	Colesterol mmol/L	NEFA mmol/L	Triglicéridos mmol/L
-30	0.32 ^a ± 0.12	2.28 ^a ± 0.68	0.53 ^a ± 0.23	0.47 ^b ± 0.13
-15	0.34 ^{a,b} ± 0.20	2.24 ^a ± 0.64	0.83 ^{a,b,c} ± 0.29	0.49 ^b ± 0.26
1	0.33 ^a ± 0.09	1.84 ^a ± 0.60	0.73 ^{a,b,c} ± 0.26	0.33 ^{a,b} ± 0.09
+2	0.40 ^a ± 0.05	1.88 ^a ± 0.43	0.93 ^{b,c} ± 0.29	0.40 ^{a,b} ± 0.06
+3	0.30 ^a ± 0.02	1.84 ^a ± 0.36	0.94 ^c ± 0.46	0.39 ^{a,b} ± 0.16
+5	0.30 ^a ± 0.01	1.71 ^a ± 0.43	0.91 ^{b,c} ± 0.02	0.39 ^{a,b} ± 0.13
+8	0.45 ^{a,b,c} ± 0.13	2.10 ^a ± 0.53	0.70 ^{a,b,c} ± 0.23	0.29 ^a ± 0.01
+10	0.55 ^c ± 0.11	2.33 ^a ± 0.57	0.87 ^{a,b,c} ± 0.23	0.43 ^{a,b} ± 0.15
+15	0.51 ^{b,c} ± 0.01	2.62 ^{a,b} ± 0.97	0.65 ^{a,b,c} ± 0.25	0.34 ^{a,b} ± 0.08
+ 24	0.43 ^{a,b,c} ± 0.15	2.64 ^{a,b} ± 0.51	0.94 ^c ± 0.39	0.42 ^{a,b} ± 0.10
+33	0.40 ^{a,b,c} ± 0.14	3.24 ^{b,c} ± 0.93	0.74 ^{a,b,c} ± 0.12	0.37 ^{a,b} ± 0.09
+41	0.43 ^{a,b,c} ± 0.05	3.47 ^{b,c} ± 1.13	0.57 ^{a,b} ± 0.20	0.33 ^{a,b} ± 0.06
+51	0.45 ^{a,b,c} ± 0.05	3.73 ^c ± 1.17	0.61 ^{a,b,c} ± 0.17	0.35 ^{a,b} ± 0.05

Columnas con letra diferente difieren estadísticamente (P<0.05). *En la columna días, valores negativos corresponden al periodo preparto, valores positivos al postparto.

El β -hidroxibutirato (BHB) se produce normalmente en la fermentación ruminal, pero en rumiantes es importante como indicador de cetosis subclínica, patología derivada de la movilización de grasa en respuesta al BEN (Enjalbert *et al.*, 2001). El valor medio encontrado en el presente trabajo para β -hidroxibutirato fue de 0.39 ± 0.14 , el cual presenta similitud con los valores encontrados por Knegsel *et al.* (2007) y Campos *et al.* (2004), los cuales fueron 0.41 ± 0.03 y 0.49 ± 0.20 , respectivamente. Los valores ligeramente inferiores encontrados en el presente trabajo, pueden corresponder a las menores producciones lácteas de los bovinos experimentales y a un menor BEN. En la Tabla 1, se presentan los valores séricos de BHB, se observa que en la segunda y tercera semana postparto (periodos 5 y 6), se presenta una leve caída en los valores, sin que esta tenga significancia estadística, esta situación ha sido evidenciada por otros autores (Aeberhard *et al.*, 2001; Busato *et al.*, 2002). Los mayores valores se encontraron en las semanas 6 y 7 semanas (periodos 8 y 9) postparto esto puede ser debido a la alta demanda de energía que está asociada con el pico de producción de la lactancia (Seifi *et al.*, 2007) y la necesidad de movilización de tejido adiposo para responder a un BEN creciente, producto de la demanda energética para sostener la producción Enjalbert *et al.* (2001), al final del periodo analizado la concentración disminuyó, lo cual coincide con otras observaciones (Aeberhard *et al.*, 2001; Busato *et al.*, 2002) y refleja la reducción en la demanda energética y el aumento del consumo de alimento.

El BHB, es un buen indicador de movilización y oxidación de tejido adiposo y esta en relación con el tipo de dieta y el

BEN, ambas situaciones dependientes del sistema de producción, sin embargo, el uso de BHB como indicador único del balance energético ha sido cuestionado debido a que la síntesis normal de cuerpos cetónicos varía según el tipo de alimento ingerido por el animal pudiendo influir sobre la precisión de los valores encontrados (Van Saun, 2000).

El BHB ha sido empleado rutinariamente en la evaluación de la cetosis subclínica postparto, una de las principales alteraciones metabólicas de los bovinos, originada en el severo balance energético negativo y la alta movilización de tejido adiposo (Roos *et al.*, 2007), en el presente estudio, los valores encontrados son bajos en relación a los informados por la literatura internacional, principalmente debido al tipo racial, cuyas producciones de leche son relativamente bajas y con alto contenido graso, por tanto sus requerimientos energéticos para síntesis de dichos volúmenes de leche, no ocasionan severas movilizaciones de tejido de reserva, razón por la cual, el presente trabajo muestra que el grupo racial en el postparto no presenta un BEN severo que pueda ocasionar cetosis.

Para el colesterol el valor promedio hallado fue de 2.44 ± 0.91 mmol/L inferior a otros valores informados para el mismo grupo racial en condiciones de trópico bajo. Campos *et al.* (2004), encontraron un valor de 3.33 ± 0.76 , sin embargo, los valores aquí relatados corresponde a mediciones puntuales para un conjunto de animales representativo del hato (novillas, vacas secas, vacas en producción) y no a un monitoreo metabólico durante el periodo de transición, lo que implica un grupo de animales en una sola fase fisiológica y productiva.

La disminución de la concentración de colesterol sérico durante la última fase de la gestación es probablemente debida a la necesidad cada vez mayor de síntesis celular en los tejidos fetales, así como por la glándula mamaria y en la síntesis de hormonas esteroidales por la placenta y las estructuras ováricas, las cuales son necesarias tanto para la síntesis de progesterona al final de la gestación, como de estrógenos durante el parto y periparto (Seifi *et al.*, 2007). Una adecuada síntesis de esteroides sexuales mejorará la reactivación ovárica y la eficiencia reproductiva (Campos *et al.*, 2009).

Para el postparto, en el presente trabajo se encontraron valores oscilatorios para el colesterol durante los periodos analizados, así, para la semana 4 del postparto (periodo 6), la concentración presenta el valor más bajo, pero, en los periodos siguientes los valores se incrementan como se presenta en otros estudios (Seifi *et al.*, 2007). A pesar de la variación, la totalidad de valores analizados se encontraron dentro de los valores aceptados como referencia (Kaneko, 1997; Kneegsel *et al.*, 2007).

El aumento de las concentraciones de colesterol luego de la fase crítica del periodo de transición (periodos 10 y 11) puede ser debido a una baja demanda de energía durante dicho periodo, lo que permite una mayor síntesis directa del metabolito. Rukkwamsuk *et al.* (2005), mostraron que el hígado graso se caracteriza por altos niveles de ácidos grasos libres y las concentraciones de colesterol. Igualmente, el incremento en los niveles séricos de colesterol durante el postparto está asociado a la acumulación de tejido adiposo evaluado éste como variación

en la condición corporal (Aeberhard *et al.*, 2001; Busato *et al.*, 2002).

Los triglicéridos plasmáticos son una fuente importante de ácidos grasos de cadena larga usados parcialmente en la síntesis de la grasa de la leche (Aeberhard *et al.*, 2001). La captación de triglicéridos por la glándula mamaria para la formación de grasa de la leche durante la lactancia, a través de la síntesis de novo, se detiene durante el periodo seco. Por otra parte, durante este periodo, la glándula mamaria también deja de captar la mayor parte del acetato, derivado del rumen, necesario para la síntesis de grasa láctea (Seifi *et al.*, 2007). Durante la lactancia los niveles de triglicéridos varían de acuerdo con el BEN. Esto se observó durante el estudio (Tabla 1), posiblemente debido a la densidad energética de la ración la cual provocó un ligero BEN, común a todos los bovinos lecheros. Los valores de triglicéridos encontrados son superiores a los valores de referencia (Kaneko, 1997; Kneegsel *et al.*, 2007). Se encontró correlación moderada y significativa entre triglicéridos y NEFA ($r = 0.367$; $P < 0.01$). Esto puede ser debido a un alto flujo de NEFA en el hígado, lo cual refleja excesos en la demanda energética o disminución en la capacidad de oxidación hepática que conlleva a un aumento de la síntesis de triglicéridos y acumulación de los mismos tanto en hígado como en circulación durante el periodo periparto (Gonzalez y Koenekamp, 2006).

La principal función homeostática del metabolismo de los lípidos en la lactancia es la movilización de depósitos de grasa corporal para satisfacer las necesidades energéticas durante el

balance energético negativo en especial en lactancia temprana (Overton y Waldron, 2004).

Durante las primeras semanas postparto, el BEN activa mecanismos homeostáticos cuyo reflejo es la movilización de NEFA aumentando sus niveles séricos circulantes como factor que compensa el déficit energético al inicio de la lactancia (Leroy *et al.*, 2005).

La concentración sérica de NEFA depende del grado de movilización de tejido adiposo en respuesta al BEN. Los NEFA son utilizados como fuente de energía por el hígado y otros tejidos (Van Saun, 2000). Grummer (2002) señala a los NEFA como un buen indicador del metabolismo energético, ya que su concentración esta directamente relacionada con la movilización de lípidos.

Una Excesiva concentración de NEFA y un alto contenido de deposito de grasa en el hígado puede dar lugar a desequilibrios metabólicos que están relacionados con enfermedades clínicas tales como cetosis y el síndrome de hígado graso (Hammon *et al.*, 2009; Rukkwamsuk *et al.*, 2005).

Investigadores como Ohgi *et al.* (2005) concuerdan en que el aumento de la concentración plasmática del NEFA alrededor del parto es el principal responsable del alto nivel de grasa hepática después del parto. A mayor BEN, mayor movilización de reservas grasas y mayores riesgos de desórdenes metabólicos (Beerda *et al.*, 2004).

En el presente trabajo se encontró una alta concentración plasmática de NEFA antes del parto, periodo 2, lo cual concuerda con lo hallado por Winkelman *et al.* (2008), sin embargo el valor más alto se presentó en la segunda semana postparto,

periodo 5, (valores presentados en la Tabla 1) lo cual expresa una mayor movilización de tejido adiposo para hacer frente a la alta demanda de energía para la lactogénesis (Aeberhard *et al.*, 2001), en las semanas siguientes los valores encontrados muestran un comportamiento diferente a los presentados por Seifi *et al.*, (2007), los cuales disminuyen progresivamente después del parto. En los análisis de correlación solo se encontró asociación con significancia estadística entre NEFA y triglicéridos ($r = 0.367$, $P < 0.01$).

Indicadores endocrinos

El cortisol aún cuando no es el indicador ideal para la evaluación de estrés, es considerado un buen indicador de éste. Una de las acciones fisiológicas del cortisol es su potente efecto gluconeogénico, este parece ser su principal papel en el periparto (Beerda *et al.*, 2004). En la Tabla 2 se muestran los valores séricos de cortisol, en la primera semana postparto (periodo 4) se presentó el mayor valor de cortisol plasmático, mientras que la semana 9 (periodo 12) presentó el menor valor, lo cual concuerda con lo encontrado por Campos *et al.* (2005). Los mecanismos fisiológicos del parto, incluyen como elemento desencadenante del mismo los altos valores de cortisol al parto, sin embargo, se ha encontrado que los mayores valores séricos no concuerdan exactamente con el momento del parto, sino de una hasta tres semanas postparto. Así, un estudio alrededor del parto demostró que los valores de cortisol el día del parto no fueron los más elevados y que muchas vacas mantuvieron niveles altos incluso en la tercera semana postparto (Nikolic *et al.*, 2003).

La concentración media de cortisol hallada fue de 32.42 nmol/L, para el conjunto de periodos analizados (14, en un intervalo de tiempo de 90 días). No se presentó diferencia significativa entre periodos. La concentración baja del cortisol en comparación con otros grupos raciales permite suponer un grado de adaptación a las condiciones climáticas y al estrés del parto para la raza estudiada. Este hallazgo evidencia, que aunque el parto en sí, es un factor crítico para los animales, los bovinos criollos responden en forma similar con relativos bajos valores alrededor del parto, al igual que otros grupos raciales (Campos *et al.*, 2005) y que progresivamente su valor sérico desciende en la medida que el tiempo postparto aumenta, esto puede ser debido a que éste grupo racial no exhibe estrés marcado ni en el parto ni en fases posteriores, por la facilidad del parto, producto de la conformación pélvica y del relativo bajo peso de los terneros al nacer, así como de la baja producción láctea. A su vez, el hecho de no evidenciar altos valores de cortisol, puede ser una característica de adaptación, importante de dilucidar.

Las hormonas tiroidianas hacen parte de mecanismos homeostáticos responsables por la regulación térmica y el consumo de oxígeno por los diferentes tejidos (Campos *et al.*, 2005). La determinación de tiroxina y de triiodotironina hace parte de los estudios sobre regulación endocrina (Roche *et al.*, 2005). En el presente trabajo se encontró una relación estadística significativa entre T3 y T4 ($r = 0.65$, $P < 0.01$), lo cual concuerda con lo hallado por otros autores (Aeberhard *et al.*, 2001; Nikolic *et al.*, 2003) este hallazgo permite sugerir que la determinación de solo una de ellas podría ser usada para

valorar el funcionamiento tiroideo. La T3 y T4 alcanzaron el menor valor en la segunda semana postparto, similar a lo observado por Reist *et al.* (2003), Campos *et al.* (2005), quienes atribuyen el menor valor a un posible efecto del BEN. En las semanas siguientes durante el postparto las dos hormonas, presentan diferencias estadísticamente significativas, siendo los mayores valores observados en la semana 6 (periodo 9), para T3 y en la semana 7 (periodo 10), para T4 (Tabla 2). El valor medio encontrado para T3 y T4 fue de 2.69 nmol/L considerado como bajo, para T4 fue de 57.37 nmol/L, ubicado dentro del rango fisiológico.

La insulina ha sido considerada como la principal hormona reguladora de la glicemia en mamíferos, en rumiantes donde ocurre un flujo constante de precursores gliconeogénicos a partir del rumen, la función de control glicémico parece mostrar diferencias (Holtenius *et al.*, 2003). El interés demostrado en la insulina durante el postparto, no ha sido solamente por su papel en la regulación de la glicemia, de hecho, es la base para una adecuada síntesis de lactosa. Un interés adicional ha sido la posible participación de la insulina en el síndrome de depresión grasa de la leche (Campos *et al.*, 2005).

Las concentraciones de insulina plasmática disminuyen al final del periodo de gestación o al inicio de la lactancia en vacas lecheras y es afectada por el fenómeno conocido como “resistencia a la insulina” (Roche *et al.*, 2005). La resistencia se manifiesta a través de la disminución a la susceptibilidad a la insulina por varias vías metabólicas asociadas con la utilización de glucosa por el organismo, y disminución en

la respuesta de la insulina en relación a su actividad lipolítica y la movilización de NEFA (Knegsel *et al.*, 2007).

El mayor valor se presentó en la segunda semana postparto, periodo 5 (Tabla 2). La insulina, con un valor medio de 4.77 IU/L, no mostró variación entre periodos. Existen varias hipótesis de esta situación. En primer lugar, los bovinos Hartón del Valle no presentan elevadas producciones lecheras (media 8 L/día), en segundo lugar, la condición corporal de los animales al inicio del periodo de transición, el cual correspondió al segundo muestreo antes del parto, fue de 3.25 en la escala 1-5, donde uno corresponde a un animal excesivamente magro y 5 a uno obeso, las demandas energéticas que deba suplir en forma rápida la vaca Hartón no son elevadas, lo cual podría reflejarse en secreciones de insulina sin cambios dramáticos que pudieran evidenciarse en el estudio. El tipo de condición corporal encontrada al parto, permite un mejor ajuste homeostático que condiciones superiores a 3.5 en la misma escala y permite suponer una mejor adaptación y un menor estrés. Se encontró asociación significativa baja entre insulina y NEFA ($r = 0.35$, $P < 0.02$), lo cual indica que si bien, los NEFA constituyen un metabolito asociado a la movilización grasa, éste no está bajo control endocrino directo de la insulina, lo cual concuerda con lo encontrado por Knegsel *et al.*, 2007.

El valor medio de progesterona durante el ensayo fue de 5.54 nmol/L; se evidenció que los mayores valores se presentaron en los muestreos correspondientes al estado fisiológico de final de lactancia, estos valores en los dos muestreos previos al parto tuvieron un valor próximo a 11

nmol/L, el cual desciende bruscamente al parto, pero en los tres primeros días postparto su valor se encuentra alrededor de 5 nmol/L, posteriormente los niveles no son detectables y bajo las condiciones del estudio solo comienza a presentar valores que indiquen actividad ovárica a los 60 días postparto. Este comportamiento explica el buen desempeño reproductivo de la raza, ya que su reactivación ovárica es rápida lo cual facilita el acortamiento del intervalo entre partos.

Conclusiones

Los bovinos Hartón del Valle, presentan bajas concentraciones de cortisol sérico, lo cual es indicativo parcial de adaptación climática y mejor respuesta fisiológica a los cambios durante el periodo de transición, esta situación unida a la baja producción láctea no producen severos desajustes homeostáticos que conlleven a balances energéticos negativos (BEN) críticos.

En condiciones de sistemas sostenibles de producción y buscando inserción en los mercados internacionales, los bovinos lecheros nativos, adaptados y con excelente calidad composicional de leche ofrecen posibilidades interesantes para ser tenidas en cuenta como alternativas sustentables de producción, en especial para pequeños y medianos productores.

Un moderado BEN explicado por la baja producción láctea de los animales favorece la eficiencia reproductiva de la raza.

Referencias

- Aeberhard, K.; Bruckmaier, R. M.; and Blum, J. W. 2001. Metabolic, enzymatic and endocrine status I. High-yielding dairy cows - Part 2. *J. Vet. Med. A Physiol. Pathol. Clin. Med.* 48 (2): 111-127.
- Beerda, B.; Kornalijnslijper, J. E.; Van der Werf, J. T. N.; Noordhuizen-Stassen, E. N.; and Hopster, H. 2004. Effects of milk production capacity and metabolic status on HPA function in early postpartum dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87: 2094-2102.
- Busato, A.; Faissler, D.; Küpfer, U.; and Blum, J. 2002. Body condition scores in dairy cows: associations with metabolic and endocrine changes in healthy dairy cows. *J. Vet. Med. A* 49: 455-460.
- Campos, R.; Carreño, E. S.; y González, F. D. 2004. Perfil metabólico en vacas nativas. *Revista de Orinoquia* 8: (2): 32-41.
- Campos, R.; González, F.; Coldebella, A.; e Lacerda, L. 2005. Indicadores do controle endócrino em vacas leiteiras de alta produção e a sua relação com a composição do leite. *Acta Scientiae Veterinariae* 33 (2): 147-153.
- Campos, R.; Hernández, E. A.; y Giraldo, L. 2009. Dinámica endocrina en el postparto de vacas hartón del valle en condiciones de trópico bajo colombiano. X Simposio Iberoamericano sobre Conservación y Utilización de Recursos Zoogenéticos. Pág. 175-178.
- Casas, I. 1998. El bovino criollo Hartón del Valle. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira – Asociación Nacional de Criadores de Ganado Hartón del Valle Asohartón. 52 p.
- Díaz, H.; Álvarez, L. A.; Posso, A.; y Muñoz, J. E. 2007. Detección de variantes alélicas de La β - Lactoglobulina utilizando PCR-RFLP y PCR-SSCP en ganado Hartón del Valle. *Rev. Col. Cienc. Pec.* 20: 4. 587.
- Drackley, J. K. 1999. Biology of dairy cows during the transition period: the final frontier? *J. Dairy Sci.* 82: 2259-2273.
- Enjalbert, F.; Nicot, M. C.; Bayourthe, C.; and Moncoulon, R. 2001. Ketone bodies in milk and blood of dairy cows: relationship between concentrations and utilization for detection of subclinical ketosis. *J. Dairy Sci.* 84: 583-589.
- FAO. 2007. The state of the world's animal genetic resources for food and agriculture. Roma.
- Gonzalez, F.; y Koenekamp, I. 2006. Adaptaciones metabólicas hepáticas en el periodo periparto en vacas de alta producción de leche. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Departamento de Ciencias Animales. 40 p.
- Grummer, R. R. 2002. Monitoramento de Desordens Metabólicas no Periparto. In: IV Curso Internacional de Atualização em Nutrição e Reprodução de Ruminantes. Uberlandia, MG.
- Hammon, H. M.; Stürmer, G.; Schneider, F.; Tuchscherer, A.; Blum, H.; Engelhard, T.; Genzel, A.; Staufenbiel, R.; and Kanitz, W. 2009. Performance and metabolic and endocrine changes with emphasis on glucose metabolism in high-yielding dairy cows with high and low fat content in liver after calving. *J. Dairy Sci.* 92: 1554-1566.
- Holtenius, K.; Agenas, S.; Delavaud, C.; and Chilliard, Y. 2003. Effect of feeding

- intensity during the dry period. 2. Metabolic and hormonal responses. *J. Dairy Sci.* 86: 883-891.
- Kaneko, J. J. 1997. Clinical biochemistry of domestic animals. 5ed. San Diego, CA. Academic Press.
- Knegsel Van, A. T. M.; Brand Van Den, H.; Graat, E. A. M.; Dijkstra, J.; Jorritsma, R.; Decuyper, E.; Tamminga, S.; and Kemp, B. 2007. Dietary energy source in dairy cows in early lactation: metabolites and metabolic hormones. *J. Dairy Sci.* 90: 1477-1485.
- Leroy, J. L.; Vanholder, T.; Mateusen, B.; Christophe, A.; Opsomer, G.; and De Kruif, A. 2005. Non-esterified fatty acids in follicular fluid of dairy cows and their effect on developmental capacity of bovine oocytes *in vitro*. *Reproduction* 130: 485-495.
- McNamara, S.; Murphy, J. J.; Rath, M.; and O'Mara, F. P. 2003. Effects of different transition diets on energy balance, blood metabolites and reproductive performance in dairy cows. *Livestock Production Science* 84: 195-206.
- Nikolic, J. A.; Kulcsar, M.; Káta, L.; Nedic, O.; Jánosi, S.; and Huszenicza, G. 2003. Periparturient endocrine and metabolic changes in healthy cows and in cows affected by mastitis. *Journal Veterinary Medicine Series A.* 50: 22-29.
- Ohgi, T.; Kamimura, S.; Minezaki, Y.; and Takahashi, M. 2005. Relationship between fat accumulation in the liver and energy intake, milk fat yield and blood metabolites in dairy cows. *Anim. Sci. J.* 76 (6): 549-557.
- Overton, T. R.; and Waldron, M. R. 2004. Nutritional management of transition dairy cows: strategies to optimize metabolic health. *J. Dairy Sci.* 87: 105-119.
- Reist, M.; Erdin, D. K.; Von Euw, D.; Tschümperlin, K. M.; Leuenberger, H.; Delavaud, C.; Chilliard, Y.; Hammon, H. M.; Kuenzi, N.; and Blum, J. 2003. Concentrate feeding strategy in lactating dairy cows: metabolic and endocrine changes with emphasis on leptin. *J. Dairy Sci.* 86: 1690-1706.
- Roche, J. R.; Kolver, E. S.; and Kay, J. K. 2005. Influence of precalving feed allowance on periparturient on metabolic and hormonal responses and milk production in grazing dairy cows. *J. Dairy Sci.* 88: 677-689.
- Rodas, A. 2005. Evaluación de la susceptibilidad a mastitis mediante tres marcadores microsatélites situados en la región BoLA, rasgo de la conformación de ubres y fisiológicos, en las razas Hartón del Valle y lucerna. Tesis de Magíster en Biología. Universidad de Antioquia.
- Roos, A. P. W.; Van Den Bijgaart, H. J. C. M.; Hørlyk, J.; and De Jong, G. 2007. Screening for subclinical ketosis in dairy cattle by fourier transform infrared spectrometry. *J. Dairy Sci.* 90: 1761-1766.
- Rukkwamsuk, T.; Rungruang, S.; Choothesa, A.; and Wensing, T. 2005. Effect of propylene glycol on fatty liver development and hepatic fructose 1,6 bisphosphatase activity in periparturient dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 95: 95-102.
- Seifi, H. A.; Gorji-Dooz, M.; Mohri, M.; Dalir-Naghadeh, B.; and Farzaneh, N. 2007. Variations of energy-related biochemical metabolites during transition period in dairy cows. *Comp. Clin. Pathol.* 16: 253-258.

- SPSS, Inc. 2004. SPSS 16.0 para Windows. Chicago, Illinois.
- Van Saun, R. J. 2000. Blood profiles as indicators of nutritional status. Department of Large Animal Clinical Sciences, College of Veterinary Medicine, Oregon State University, Corvallis, Oregon.
- Winkelman, L. A.; Elsasser, T. H.; and Reynolds, C. K. 2008. Limit-feeding a high-energy diet to meet energy requirements in the dry period alters plasma metabolite concentrations but does not affect intake or milk production in early lactation. *J. Dairy Sci.* 91: 1067-1079.