



# Parámetros metabólicos séricos y condición corporal durante el pre y posparto en vacas Brahman<sup>1</sup>

Luis Fernando Giraldo Salazar<sup>2</sup>, Ana María Loaiza Echeverri<sup>2</sup>,  
Santiago Ángel Botero<sup>3</sup>, Luis Fernando Uribe-Velásquez<sup>2</sup>

<sup>2</sup>*Departamento de Salud Animal, Universidad de Caldas, Manizales, Caldas, Colombia.*  
<sup>3</sup>*Departamento de Producción Animal, Universidad de Caldas, Manizales, Caldas, Colombia.*

Ifuribe@ucaldas.edu.co

(Recibido: 18 julio, 2008; aprobado: 19 septiembre, 2008)

**RESUMEN:** Con el objeto de describir los cambios en el metabolismo energético desde un mes antes del parto hasta un mes postparto y su relación con posibles cambios en la condición corporal, se seleccionaron 20 vacas Brahman de la zona del Magdalena Medio, Colombia. A cada vaca se le tomaron 10 mL de sangre mediante Vacutainer® a las cuatro semanas antes del parto y cuatro semanas postparto. La concentración de glucosa, triglicéridos, colesterol total, lipoproteínas de alta densidad (HDL), lipoproteínas de baja densidad (LDL), lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL) y la condición corporal fueron evaluadas. Las veinte vacas fueron distribuidas en dos grupos: Grupo 1:  $\leq 7$  CC y Grupo 2:  $\geq 8$  CC. Los resultados fueron analizados mediante análisis de varianza y la prueba de Duncan. Se registró un descenso significativo ( $P < 0,05$ ) en los valores de glucosa y altamente significativo ( $P < 0,005$ ) en la fracción lipoprotéica HDL, siendo más notorio en hembras de menor CC; además de un aumento altamente significativo ( $P < 0,005$ ) en las concentraciones de la fracción LDL en las hembras de mayor CC. En los demás parámetros no se apreciaron cambios significativos. Se concluye que las hembras de cría Brahman objeto del estudio sufren un balance energético negativo moderado, que no compromete en mayor grado las reservas energéticas del organismo, debido a los bajos promedios de producción láctea y al adecuado aporte nutricional, notándose mayor dificultad para compensar el déficit energético en las hembras de menor CC.

**Palabras clave:** balance energético, condición corporal, preparto, posparto.

## Serum metabolic parameters and body condition during pre and post-calving in Brahman cows

**ABSTRACT:** In order to describe the changes in the energetic metabolism from one month prior to calving and up to one month post-calving and its relation with possible body score (CC) changes, twenty Brahman cows were selected from the Mid Magdalena River Valley in Colombia. Venous blood samples (10 mL) using the Vacutainer® system were taken four weeks prior to calving and four weeks postpartum. Glucose, triglycerides, total cholesterol, high-density lipoproteins (HDL), low-density lipoprotein (LDL), very low-density lipoprotein (VLDL) concentrations and body score were evaluated. The twenty cows were distributed in two groups (1:  $\leq 7$  CC and 2:  $\geq 8$  CC). The results were analyzed using the variance analysis. A significant reduction ( $P < 0.05$ ) in the glucose values was observed, and highly significant ( $P < 0.005$ ) in HDL lipoprotein fraction, being more outstanding in cows with a lower CC; as well as a highly significant increase ( $P < 0.005$ ) in LDL fraction concentrations in cows with a better CC. Regarding the other parameters, no significant changes were appreciated. In conclusion, the Brahman cows studied present a moderate negative energetic balance that does not affect the body's energetic reserves due to low milk production and adequate nutrition. Brahman cows with a lower body score during the experimental period ( $\leq 7$ ) presented more problems to obtain energetic balance.

**Key words:** energetic balance, metabolism, bovine, cholesterol

<sup>1</sup> Proyecto de Investigación del Grupo de Investigación en Ciencias Veterinarias – CIENVET.

## Introducción

Siendo Colombia un país con actitud ganadera y la raza Brahman una de las más numerosas en el país, se deben identificar los principales factores que pueden disminuir el rendimiento productivo y reproductivo del hato de cría Brahman. Cuando las vacas tienen bajas reservas corporales de energía, tienen mayor probabilidad de sufrir enfermedades, desórdenes metabólicos, reducción en la producción de leche y alteraciones en el desempeño reproductivo (Montiel & Ahuja, 2005) aumentando la edad a la pubertad y al primer parto (Diskin et al., 2003; Ferreira et al., 2005; Montiel & Ahujac, 2005). El principal factor que afecta la duración del anestro posparto en vacas es el *estatus* nutricional y el amamantamiento (Houghton et al., 1990; Looper et al., 2003; Montiel & Ahujac, 2005). Un inadecuado consumo de proteína y energía durante la preñez lleva a una baja condición corporal al momento del parto, a esto se suma que la disminución del consumo de alimentos durante la lactancia temprana (subnutrición) y el aumento de los requerimientos de glucosa para la producción láctea, marcan la aparición de un balance energético negativo (NEB), llevando a un aumento en el porcentaje de vacas en anestro y un mayor tiempo entre partos (Montiel, 2005). El organismo intenta mantener su homeostasis por medio de la movilización de sus reservas de lípidos y proteínas (Ceballos et al., 2002).

El balance energético del individuo es considerado generalmente como el factor nutricional que más influye en los procesos reproductivos (Rossato, 2000; Boland & Lonergan, 2003). Un prolongado balance energético negativo en la lactancia temprana está asociado con un aumento del intervalo parto a la primera ovulación, parto concepción y una baja tasa de ovulación debido a la disminución en la frecuencia de los pulsos de la hormona luteinizante (LH) por una inadecuada secreción hipotalámica de hormona liberadora de gonadotropinas (Boland & Lonergan, 2003). Mediante el perfil metabólico se puede determinar si los mecanismos compensatorios del organismo resuelven el problema a tiempo, o

si por el contrario, el balance energético negativo se prolonga más allá de lo esperado (Morrison et al., 1999). El estado nutricional o balance de un animal, evaluado a través de la condición corporal, refleja las reservas corporales disponibles para el metabolismo básico, crecimiento, lactación y actividad. La evaluación de la condición corporal es una efectiva vía para medir, mediante la vista y el tacto, la cantidad de energía metabólica almacenada como grasa subcutánea y músculo en un animal (Montiel & Ahujac, 2005).

Con este trabajo se pretendió determinar qué tan drásticos son los cambios metabólicos relacionados con el balance energético del organismo durante el periodo más crítico de la vida productiva de la hembra de cría Brahman, un mes antes del parto y un mes después del parto, y qué tanto se relacionan con diferentes estados de condición corporal, con el fin de descubrir posibles deficiencias de origen nutricional en el grupo de animales objeto del estudio.

## Materiales y Métodos

Este trabajo se realizó en la región del Magdalena Medio (5°27' LN y 74°40' LE), Colombia, clasificada como Bosque Húmedo Tropical, ubicada a 178 msnm, con temperatura media de 28°C y una precipitación anual entre 2000 y 4000 mm.

El rebaño seleccionado era manejado en un sistema de pastoreo semi-intensivo, con gramíneas *Cynodon plectostachyus*, *Dichanthium aristatum*, varias especies de *Brachiaria* spp. y eran suplementadas a voluntad con sales mineralizadas al 6% de fósforo. Se seleccionaron 20 hembras de raza Brahman, clínicamente sanas, cuya edad oscilaba entre los 4 y 6 años, y según el registro reproductivo estaban próximas a los 8 meses de gestación. Se midió la condición corporal para cada animal (escala de 1 a 9, siendo 1 severamente emaciada y 9 muy obesa) (Wagner et al., 1988; Richards et al., 1986; Morrison et al., 1999). Dos semanas antes de comenzar el experimento se dividieron en dos grupos (n = 10), siendo éstos,

animales con condición corporal mayor o igual a 8 y animales con condición corporal igual o menor a 7.

Cuatro semanas antes del parto y cuatro semanas después del parto, a cada animal, se le tomó una muestra de 10 mL de sangre mediante venopunción yugular, usando tubos al vacío sin anticoagulante (Vacutainer®, Becton-Dickinson, Franklin Lakes, USA), siempre a las 8 de la mañana. Las muestras se centrifugaron a 3000 rpm durante 15 minutos (**Centrifuga FANEM de Bancada Baby ® I Modelo 206 BL**) y el suero obtenido se conservó en tubos de almacenamiento, debidamente rotulados y se conservaron a -20°C hasta su posterior análisis. Se midieron para cada hembra, las concentraciones de glucosa, triglicéridos, colesterol total, lipoproteínas de alta densidad (HDL), lipoproteínas de baja densidad (LDL) y lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL)

mediante la técnica de química seca (Ceballos et al., 2002; Galvis et al., 2007). Los métodos analíticos, así como las unidades empleadas se describen en la Tabla 1.

El diseño experimental usado fue de bloques completamente al azar. Con los resultados, se determinaron los promedios en los niveles séricos de colesterol total, triglicéridos, glucosa, HDL, LDL y VLDL para el grupo de hembras de cría Brahman durante el pre y posparto. Mediante la prueba de Duncan se compararon las medias de los diferentes parámetros metabólicos séricos, durante los dos periodos definidos (período pre y posparto), con un nivel de significancia del 95% y se realizó un análisis de varianza para determinar la posible relación entre los parámetros metabólicos séricos y la condición corporal durante los dos momentos (Sampaio, 2007).

**Tabla 1.** Método analítico y unidades empleadas para determinación de glucosa, triglicéridos, colesterol total y lipoproteínas hdl, ldl, vldl en vacas Brahman.

VARIABLE	UNIDADES (SIU)*	MÉTODO ANALÍTICO
Glucosa	mmol/L	GOD-PAP
Triglicéridos	mmol/L	Peroxidasa-oxidasa de Glicerol Fosfato
Colesterol Total	mmol/L	CHOD-PAP
Lipoproteína HDL	mmol/L	Fosfotungstato magnesio – CHOD – PAP
Lipoproteína LDL	mmol/L	Ecuación de Friedewald
Lipoproteína VLDL	mmol/L	Ecuación de Friedewald

\* SIU: Sistema Internacional de Unidades.

### Resultados y Discusión

Las concentraciones sanguíneas de los diferentes metabolitos para hembras de diferente CC, en el preparto y posparto se muestran en la Tabla 2.

La glucosa es un metabolito básico para el desempeño fisiológico, productivo y reproductivo

del individuo (Araujo, 2002), además, es necesaria para la producción de lactosa y por consiguiente limitante en la galactopoyesis (Grummer, 1995; Rossato, 2000). En la lactancia temprana se presenta un marcado déficit energético (Grummer, 1995; Rossato, 2000; Mudron et al., 2004), debido a la incapacidad del individuo de satisfacer sus requerimientos por medio de la ingesta. La

**Tabla 2.** Concentraciones sanguíneas de algunos metabolitos indicadores del balance energético en vacas Brahman con diferente condición corporal, un mes preparto y un mes postparto (medias  $\pm$  DE).

Metabolito	Glucosa (mmol/L)	Triglicéridos (mmol/L)	Colesterol total (mmol/L)	HDL (mmol/L)	LDL (mmol/L)	VLDL (mmol/L)
<b>Cuatro semanas Preparto <math>\leq 7</math></b>	4,4 $\pm$ 1,2*	0,2 $\pm$ 0,08	3,8 $\pm$ 0,8	2,8 $\pm$ 0,7**	0,9 $\pm$ 0,5**	0,1 $\pm$ 0,04
<b>Cuatro semanas Posparto <math>\leq 7</math></b>	3,2 $\pm$ 0,8*	0,2 $\pm$ 0,05	3,4 $\pm$ 0,7	2,2 $\pm$ 0,3**	1,1 $\pm$ 0,5**	0,1 $\pm$ 0,02
<b>Cuatro semanas Preparto <math>\leq 8</math></b>	3,8 $\pm$ 0,6	0,2 $\pm$ 0,06	2,8 $\pm$ 0,7	2,3 $\pm$ 0,5	0,4 $\pm$ 0,2	0,1 $\pm$ 0,02
<b>Cuatro semanas Posparto <math>\leq 8</math></b>	3,5 $\pm$ 0,7	0,2 $\pm$ 0,06	3,2 $\pm$ 0,5	2,2 $\pm$ 0,2	0,9 $\pm$ 0,3	0,1 $\pm$ 0,03

Metabolitos con \* presentan diferencias significativas ( $P < 0,05$ ), con condición corporal  $\leq 7$ .

Metabolitos con \*\* presentan diferencias altamente significativas ( $P < 0,005$ ), con condición corporal  $\leq 7$ .

$\leq 7$ = Condición corporal menor o igual a 7.

$\geq 8$ = Condición corporal mayor o igual a 8.

situación metabólica hormonal es caracterizada por un estado de balance energético negativo que se expresa con hipoglicemia e hipoinsulinemia (Contreras, 1998; Diskin et al., 2003). La hipoinsulinemia en la lactación temprana es parte de una serie de cambios coordinados que ocurren alrededor del tiempo del parto para soportar la lactación. Bajos niveles de insulina plasmática reducen el consumo de glucosa por tejidos periféricos (adiposo y muscular) y facilita un mayor consumo de glucosa por la glándula mamaria (Butler et al., 2003). Algunos autores afirman que en vacas con balance energético negativo (niveles de glucosa por debajo de 30 mg/dL) la fertilidad es reducida (Montiel & Ahujac, 2005). Otros estudios han encontrado que concentraciones alteradas de insulina (niveles bajos) pueden afectar el desarrollo folicular, madurez y sensibilidad al estímulo de la LH, lo que podría conducir a anovulación y formación de quistes (Vanholder et al., 2005). Investigaciones recientes han demostrado que vacas productoras

de carne durante el anestro posparto con bajas concentraciones plasmáticas de insulina son incapaces de ovular un folículo dominante en respuesta al amantamiento restringido, a pesar de presentar un incremento en la frecuencia pulsátil de LH (Diskin et al., 2003).

Las concentraciones relativamente altas de hormonas lipolíticas, tales como la hormona del crecimiento, el lactógeno placentario y la prolactina, establecen un balance metabólico-hormonal, que favorece la movilización de grasas desde los depósitos del organismo (Contreras, 1998). En caso de vacas muy productivas, las fallas en el aporte de nutrientes originan una depleción de las reservas del organismo durante la lactancia temprana que pueden provocar efectos negativos en el tiempo de retorno de la actividad ovárica, tasa de concepción y fertilidad (Boland & Lonergan, 2003). Al inicio de la lactancia, la concentración de glucosa plasmática puede disminuir hasta un 25% a causa de una mayor

utilización por parte de la glándula mamaria para la síntesis de lactosa, estímulo osmótico para la producción de leche (Ceballos et al., 2002).

Cabe anotar que las hembras con menor condición corporal ( $\leq 7$ ) sufrieron un descenso significativo ( $P < 0,05$ ) más drástico en la glicemia entre el pre ( $4,4 \pm 1,2$ ) y el posparto ( $3,2 \pm 0,8$ ), puesto que disponían de menores reservas para compensar el déficit energético, lo que confirma que la concentración de glucosa en plasma es afectada por la condición corporal y puede influenciar el desempeño reproductivo de las vacas (Vizcarra et al., 1998); sin embargo, los valores hallados están dentro de los valores de referencia indicados para la especie por otros autores (Kaneko et al., 1997; Bertoni & Picciolo, 1999).

En dichos animales objeto del estudio, el balance energético negativo no afectó de forma significativa sus reservas corporales de energía, debido posiblemente a una baja exigencia en la producción láctea, unido a un buen aporte nutricional. Esto se refleja en los niveles estables de colesterol total, triglicéridos y en la no presentación de cambios significativos en la condición corporal, entre el preparto y el posparto en hembras con  $CC \leq 7$  con promedios de 6,8 y 6,5, respectivamente, al igual que las hembras con  $CC \geq 8$  con promedios de 8,4 y 8,1. Vacas flacas que al momento del parto perdieron CC y vacas gordas que ganaron CC exhibieron bajas tasas de preñez, comparadas con vacas que mantuvieron una moderada CC al parto, o que alcanzaron una moderada condición en el posparto. Esos resultados sugieren que las vacas deben ser alimentadas para obtener una moderada CC para la estación reproductiva y alcanzar altas tasa de preñez (Houghton et al., 1990).

La condición corporal es un buen indicador de las reservas energéticas del organismo. Este factor afecta de forma importante el intervalo parto-primer estro, la tasa de preñez en hembras multíparas (Richards et al., 1986; Spitzer et al., 1995; Morrison et al., 1999), y también influye en la longitud del anestro en el posparto (Lalmand et al., 1997; Diskin et al., 2003; Montiel & Ahujac,

2005). Un trabajo realizado en vacas en pastoreo *Bos Indicus* y *Bos Taurus/Indicus*, en las cuales se midió su condición corporal de 1 - 9, los autores encontraron una tasa de preñez de 0,3 y 11% en vacas con CC de 1, 2 y 3, respectivamente, y de 85% en vacas con CC 7, 8 y 9 (Montiel & Ahujac, 2005).

Un trabajo realizado en vacas primerizas, demostró que la condición corporal al momento del parto y posparto, influye en la ocurrencia de actividad luteal, la concentración de glucosa, de insulina y de ácidos no esterificados en la próxima temporada de apareamiento (Vizcarra et al., 1998). Vacas Hereford y Angus/Hereford, de menor condición corporal comparadas con las de condición corporal moderada, presentaron mayor intervalo desde el parto al primer estro y a la actividad luteal. Esto soporta la conclusión de que la condición corporal al parto es el factor más importante que afecta el desempeño reproductivo, el intervalo del parto al primer estro, a la actividad luteal y a la concepción (Looper et al., 2003). Contradictoriamente, otro grupo de investigadores (Ferreira et al., 2005) no encontraron diferencia en el intervalo entre parto, primer estro y concepción entre un grupo de vacas sometidas a restricción alimentaria comparadas con otras en buena condición corporal; pero sí encontraron un incremento en el número de servicios por concepción y en el tiempo del periodo de servicios en el grupo con restricción alimentaria, lo cual puede deberse a que los folículos que crecen en un balance energético negativo son afectados por el imbalance metabólico.

Hembras bovinas con  $CC \geq 3$  (usando una escala de 1 a 5) durante el primer mes posparto, pueden ser introducidas en un programa de inseminación artificial, ya que esta CC es compatible con una buena fertilidad posparto (Moraes et al., 2007).

El colesterol es el principal precursor de los ésteres de colesterol, ácidos biliares y hormonas esteroides; el cual puede absorberse desde el intestino o sintetizarse por la mayoría de los tejidos a partir del acetato (Kaneko et al., 1997). Para ser transportado en plasma o linfa,

el colesterol se une a lipoproteínas que lo solubilizan en el agua intravascular (Coppo et al., 2003). Las lipoproteínas son macromoléculas que incluyen un núcleo de lípidos hidrófobos (triglicéridos, ésteres de colesterol) y una zona superficial hidrofílica (fosfolípidos, colesterol no esterificado y apoproteínas). En el bovino la mayor parte del colesterol se transporta en forma de lipoproteínas HDL, principal precursora de las hormonas esteroideas (Grummer & Carroll, 1988; Bauer, 1996; Coppo et al., 2003), siendo la de mayor circulación en la sangre de rumiantes y la única con acceso al compartimiento intrafolicular (Williams & Stanko, 2000).

Algunos autores reportan mayores concentraciones plasmáticas de colesterol en vacas en producción (lactogénesis) (Grummer & Carroll, 1988; Guedon et al., 1999; Rossato, 2000). Aumentos que se atribuyen a la movilización lipídica y al aumento en la síntesis de lipoproteínas plasmáticas como consecuencia de un balance energético negativo en la lactancia temprana (Rossato, 2000). El colesterol es además un indicador de la habilidad de la hembra bovina para movilizar sus reservas corporales de lípidos en pro de la producción láctea (Ingraham, 1988), y es el sustrato principal para la síntesis de progesterona luteal (Williams, 2000). Sin embargo, existen autores que reportan una reducción en los niveles plasmáticos de colesterol en bovinos con hígado graso. En estos animales se encuentra disminuida la capacidad hepática para la síntesis de lipoproteínas (Contreras, 1998). La infiltración grasa del hígado, al inicio de la lactancia, está asociada a una severa disminución intrahepática de la apolipoproteína B (apoB) (Contreras, 1998).

El colesterol total no presentó cambios significativos en el posparto, sin embargo la fracción HDL mostró una disminución altamente significativa ( $P < 0,005$ ) entre el pre ( $2,8 \pm 0,7$  mmol/L) y el posparto ( $2,2 \pm 0,3$  mmol/L), siendo más notorio en las hembras de menor CC. Esta última no determinó efectos estadísticos significativos en las variaciones de las concentraciones sanguíneas de los metabolitos estudiados, por el contrario,

la fracción LDL sufrió un aumento altamente significativo ( $P < 0,005$ ), sobretodo en las hembras de mayor condición corporal, aumentando de  $0,4 \pm 0,2$  mmol/L en el parto a  $0,9 \pm 0,3$  mmol/L un mes después del parto.

La disminución más drástica en los niveles de HDL hallados en los animales de menor condición corporal ( $\leq 7$ ) es indicativo de un déficit energético no resuelto en la lactancia temprana y pueden estar relacionados con una disminución en la salida de lípidos desde el hígado con riesgo de sufrir engrasamiento hepático (Ceballos et al., 2002). Los niveles ascendentes de la fracción LDL apreciados con más claridad en las hembras de mayor CC, podrían indicar una movilización grasa compensada que se confirma por la escasa variación en la CC de dichos animales, habiendo transcurrido un mes después del parto. Este fenómeno se puede deber a las escasas exigencias productivas, sumado a una alta reserva energética y a una nutrición que compensa en buena parte los requerimientos de estas hembras.

Los bajos niveles de glucosa y colesterol HDL hallados un mes posparto, sobretodo en las vacas de menor condición corporal ( $\leq 7$ ), además de indicar una baja habilidad para la producción láctea (Ingraham & Kapel, 1988), pueden también marcar un balance energético negativo peligrosamente prolongado, el cual podría comprometer el desempeño reproductivo de las hembras más delgadas, afectando parámetros como el intervalo parto primer estro y la tasa de supervivencia embrionaria (Diskin et al., 2003). Entre tanto, los valores de triglicéridos ( $0,2 \pm 0,005$  y  $0,2 \pm 0,03$  mmol/L para hembras con mayor y menor CC respectivamente) y colesterol VLDL [ $0,1 \pm 0,02$  mmol/L ( $CC \geq 8$ ) y  $0,1 \pm 0,04$  mmol/L ( $CC \leq 7$ )] no sufrieron cambios significativos, los cuales se encuentran dentro de los referidos por otros autores para la especie bovina (Kaneko et al., 1988; Bertoni & Picciolo, 1999), e indican una movilización lipídica compensada que no afecta de forma significativa las reservas corporales del organismo.

## Conclusiones

Las variaciones significativas de algunos metabolitos sanguíneos indicadores del metabolismo energético en los animales objeto de estudio, junto con niveles estables de triglicéridos y colesterol total y además de una escasa variación en la condición corporal, indican un moderado balance energético negativo, el cual no compromete la salud de las hembras estudiadas. Se pueden apreciar disminuciones más drásticas en los niveles sanguíneos de glucosa y lipoproteínas HDL en las hembras con menor CC. Estas variaciones se pueden relacionar con una mayor dificultad para compensar el déficit energético de la lactancia temprana; contrastando con los niveles ascendentes de colesterol total y LDL en las hembras de mayor CC.

Se puede concluir, entonces, que el estado de CC no influyó sobre las concentraciones de los metabolitos sanguíneos durante el pre y posparto de las hembras de cría Brahman, y que las variaciones en algunos de ellos son atribuidas al parto y a la lactancia temprana.

## Agradecimientos

Los autores quieren expresar su agradecimiento a la Vicerrectoría de Investigaciones y Postgrados (VIP) de la Universidad de Caldas por el financiamiento de esta investigación.

## Referencias Bibliográficas

- Araujo, F.O. Recientes avances en nutrición de rumiantes. In: XI Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal, Trujillo, Venezuela, 2002. **Memorias...** 2002, p.22-26.
- Bauer, J.E. Comparative lipid and lipoprotein metabolism. **Veterinary Clinic Pathology**, v.25, p.49-56, 1996.
- Bertoni, G.; Picciolo C., F. Associazione Scientifica di Produzione Animale; Commissione valutazione dell'assetto metabolico degli animali in produzione zootecnica. **Guida a la interpretazione dei profili metabolici**, 1999. 142p.
- Boland, M.P.; Lonergan, M.P. Effects of nutrition on fertility in dairy cows. **Advanced Dairy Technology**, v.15, p.19-33, 2003.
- Butler, S.T.; Marr, A.L.; Pelton, S.H. et al. Insulin restores GH responsiveness during lactation-induced negative energy balance in dairy cattle: effects on expression of IGF-I and GH receptor 1A. **Journal Endocrinology**, v.176, p.205-217, 2003.
- Ceballos, A.; Gómez, P.M.; Vélez, M.L. et al. Variación de los indicadores bioquímicos del balance de energía según el estado productivo en bovinos lecheros de Manizales, Colombia. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**, v.15, p.13-25, 2002.
- Contreras, P. A. Fat mobilization syndrome in early lactation and its effect on health and performance of dairy cows. **Archivos de Medicina Veterinaria**, v.30, p.17-27, 1998.
- Coppo, N.B.; Coppo, J.A.; Lazarte, M.A. Intervalos de confianza para colesterol ligado a lipoproteínas de alta y baja densidad en suero de bovinos, equinos, porcinos y caninos. **Reviews Veterinary**, v.14, p.1-10, 2003.
- Diskin, M.G.; Mackey, D.R.; Roche, J.F. et al. Effects of nutrition and metabolic status on circulating hormones and ovarian follicle development in cattle. **Animal Reproduction Science**, v.78, p.345-370, 2003.
- Ferreira, A.M.; Sá, W.F.; Viana, J.H.M. et al. Feed intake restriction, conception rate and parturition to conception interval in crossbred Gir-Holstein cows. **Animal Reproduction Science**, v.2, p.135-138, 2005.
- From the Working Group on Lipoprotein Measurement. Recommendations on Lipoprotein Measurement. National Cholesterol Education Program.** Washington: National Institutes on Health. NIH publication N. 95-3044, 1995. 185p.
- Galvis, R.D.; Agudelo, D.; Saffon, A. Condición corporal, perfil de lipoproteínas y actividad ovárica en vacas Holstein en lactancia temprana. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**, v.20, p.16-29, 2007.
- Grummer, R.R. Impact of changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cow. **Journal Animal Science**, v.73, p.2820-2833, 1995.
- Grummer, R.R.; Carroll, D.J. A review of lipoprotein cholesterol metabolism: importance to ovarian function. **Journal Animal Science**, v.66, p.3160-3173, 1988.

- Guedon, L.; Saumande, J.; Dupron, F. et al. Serum cholesterol and triglycerides in postpartum beef cows and their relationship to the resumption of ovulation. **Theriogenology**, v.51, p.1405-1415, 1999.
- Houghton, P.L.; Lemenager, R.P.; Horstman, A. et al. Effects of body composition, pre- and postpartum energy level and early weaning on reproductive performance of beef cows and preweaning calf gain. **Journal Animal Science**, v.68, p.1438-1446, 1990.
- Ingraham, R.; Kapel, R. Metabolic profile testing. **Veterinary Clinic North America**, Food animal practitioners, v.4, p.391-410, 1988.
- Kaneko, J.J., Harvey J.W., Bruss M.L. **Clinical Biochemistry of domestic animals**, 5<sup>th</sup> Ed., Academic Press, San Diego, 1997. 932 p.
- Lalman, D.L.; Keisler, D.H.; Williams, J.E. et al. Influence of postpartum weight and body condition change on duration of anestrus by undernourished suckled beef heifers. **Journal Animal Science**, v.75, p.2003-2008, 1997.
- Looper, M.L.; Lents, C.A.; Wettemann, R.P. Body condition at parturition and postpartum weight changes do not influence the incidence of short-lived corpora lutea in postpartum beef cows. **Journal Animal Science**, v.81, p.2390-2394, 2003.
- Montiel, F.; Ahuja, C. Body condition and suckling as factors influencing the duration of postpartum anestrus in cattle: a review. **Animal Reproduction Science**, v.85, p.1-26, 2005.
- Moraes, J.C.F.; Jaume, C.M.; Souza, C.J.H. Body condition score to predict the postpartum fertility of crossbred beef cows. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v.42, p.741-746, 2007.
- Morrison, D.G.; Spitzer, J.C.; Perkins, J.L. Influence of prepartum body condition score change on reproduction in multiparous beef cows calving in moderate body condition. **Journal Animal Science**, v.77, p.1048-1054, 1999.
- Mudron, P.; Reage, J.; Holtershinken, M. et al. Venous and arterial ammonia in dairy cows with fatty liver and hepatic failure. **Veterinary Medicine Czechoslovakia**, v.49, p.187-190, 2004.
- Richards, M.W.; Spitzer, I.C.; Warner, M.B. Effect of varying levels of postpartum nutrition and body condition at calving on subsequent reproductive performance in beef cattle. **Journal Animal Science**, v.62, p.300-309, 1986.
- Rossato, W. **Condição metabólica pós-parto em vacas leiteras de um rebanho do Rio grande do Sul**. Porto Alegre, Brasil: Universidad Federal do Rio Grande do Sul, 2000. 105p. Dissertacao (Mestrado em Ciências Veterinárias).
- Sampaio, I.B.M. **Estatística aplicada à experimentação animal**. 3ra. Edição. Fundação de Ensino y Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia. Belo Horizonte, Brasil, 2007. 264p.
- Spitzer, J.C.; Morrison, D.G.; Wettemann, R.P. et al. Reproductive response and calf birth and weaning weights as affected by body condition at parturition and postpartum weight gain in primiparous beef cows. **Journal Animal Science**, v.73, p.1251-1257, 1995.
- Vanholder, T.; Leroy, J.M.; Dewulf, J. et al. Hormonal and metabolic profiles of high-yielding dairy cows prior to ovarian cyst formation or first ovulation post partum. **Reproduction Domestic Animal**, v.40, p.460-467, 2005.
- Vizcarra, J.A.; Wettemann, R.P.; Spitzer, J.C. et al. Body condition at parturition and postpartum weight gain influence luteal activity and concentrations of glucose, insulin, and nonesterified fatty acids in plasma of primiparous beef cows. **Journal Animal Science**, v.76, p.927-936, 1998.
- Wagner, J.J.; Lusby, K.S.; Oltjen, J.W. et al. Carcass composition in mature hereford cows: estimation and effect on daily metabolizable energy requirement during winter. **Journal Animal Science**, v.66, p.603-612, 1988.
- Williams, G.L.; Stanko, R.L. Dietary fats as reproductive nutraceuticals in beef cattle. **Journal Animal Science**, v.77, p.1-12, 2000.