



NOTA CORTA [SHORT NOTE]

REINICIO DE LA ACTIVIDAD OVARICA POSPARTO Y  
CONCENTRACION PLASMÁTICA DE METABOLITOS LÍPIDOS Y  
PROGESTERONA EN VACAS SUPLEMENTADAS CON GRASA DE  
SOBREPASO

[POSTPARTUM OVARIAN ACTIVITY RESUMPTION AND PLASMA  
CONCENTRATION OF LIPID METABOLITES AND PROGESTERONE  
IN COWS SUPPLEMENTED WITH BYPASS FAT]

G. Salas-Razo<sup>1</sup>, J. Herrera-Camacho<sup>1\*</sup>, E. Gutiérrez-Vázquez E.<sup>1</sup>,  
J.C. Ku-Vera<sup>2</sup>, J.R. Aké-López<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales-Universidad  
Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Email: josheca@hotmail.com;

<sup>2</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-Universidad Autónoma de  
Yucatán.

\*Corresponding Author

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la suplementación con grasa de sobrepaso sobre las concentraciones plasmáticas de colesterol (COL), triglicéridos (TG), lipoproteínas de alta densidad (LAD), lipoproteínas de baja densidad (LBD) y de progesterona (P<sub>4</sub>), durante el posparto temprano de vacas Indobrasil en el trópico seco. Se utilizaron 35 vacas anéstricas de 62.91±20.87 días posparto, 3.24±0.43 puntos de condición corporal (escala 1-5 donde 1=emaciada y 5=obesa), 486.17±72.54 kg de peso vivo y multíparas (cuatro y seis partos). Las hembras de ambos grupos recibieron complementos alimenticios isoenergéticos e isoproteicos y se dividieron en dos grupos, sin suplementación (GC, n=17) y con suplementación con grasa de sobrepaso (GG, n=18) equivalente a 4 % de la MS de la dieta, por espacio de 35 días. La concentración de COL, TG, LAD y LBD se determinó por métodos enzimáticos-colorimétricos y las concentraciones de P<sub>4</sub> por radioinmunoanálisis en fase sólida. Las vacas del grupo GG incrementaron la concentración de COL (216.80±6.36 vs 168.32±7.46 mg/dl; P<0.001), LAD (104.97±2.07 vs 88.15±2.4, mg/dl, P<0.001), LBD (48.02±2.66 vs 38.88±3.12 mg/dl; P<0.05) y P<sub>4</sub> (3.02±0.18 vs 0.49±0.22 ng/ml P<0.001). No se observaron diferencias en las concentraciones de TG entre tratamientos. La suplementación con grasa de sobrepaso afectó positivamente el reinicio de actividad ovárica y modificó positivamente las concentraciones plasmáticas de COL, LAD, LBD y P<sub>4</sub>.

**Palabras clave:** colesterol; triglicéridos; LAD; LBD; actividad ovárica; progesterona.

SUMMARY

The aim of this work was to evaluate the effect of supplementation with bypass fat on plasma concentrations of cholesterol (COL), triglycerides (TG), high density lipoproteins (HDL), low density lipoproteins (LDL) and progesterone (P<sub>4</sub>), during the early postpartum period in Indobrasil cows in the dry tropics. Thirty five anestrous cows with 62.91±20.87 days postpartum, 3.24±0.43 body condition score (were 1=emaciated and 5=fat) and 486.17±72.54 kg liveweight, multiparous (four and six calvings) were used. Both groups of cows were given isoenergetic and isoproteic feed supplements and were allocated in two groups, without supplementation (GC, n=17) and with supplementation with bypass fat (GG, n=18) equivalent to 4% of ration DM for 35 days. Plasma concentrations of COL, TG, HDL and LDL were assayed by enzymatic-colorimetric methods and concentrations of P<sub>4</sub> by solid phase radioimmunoassay. Cows in group GG showed increased plasma concentration of COL (216.80±6.36 vs 168.32±7.46 mg/dl; P<0.001), LAD (104.97±2.07 vs 88.15±2.4, mg/dl, P<0.001), LBD (48.02±2.66 vs 38.88±3.12 mg/dl; P<0.05) and P<sub>4</sub> (3.02±0.18 vs 0.49±0.22 ng/ml P<0.001). No differences were observed in plasma concentration of TG among treatments. Supplementation with bypass fat had a positive effect on re-initiation of ovarian activity, changing positively plasma concentrations of COL, HDL, LDL and P<sub>4</sub>.

**Key words:** cholesterol; triglycerides; HDL; LDL; ovarian activity; progesterone.

## INTRODUCCIÓN

El objetivo de un sistema de producción bovina ya sea de carne o leche, debe ser encaminado a que las vacas queden gestantes en el menor tiempo después del parto (Hess, 2003). Sin embargo, durante el posparto, se presenta un desequilibrio energético que obliga a la hembra realizar un ajuste metabólico, que involucra la movilización de sus reservas y cambios en las concentraciones plasmáticas de algunos metabolitos de lípidos involucrados en el proceso del restablecimiento de la actividad reproductiva de la vaca (Ceballos *et al.*, 2002).

En los últimos años se han desarrollado estrategias alimenticias tendientes a reducir los efectos adversos que el balance energético negativo (BEN) ejerce sobre la vaca en el posparto temprano (González y Bas, 2002; López *et al.*, 2004). Al respecto, diversas fuentes de lípidos, como el sebo animal, mezclas de grasa animal y vegetal; aceites de pescado o de semillas oleaginosas (algodón, girasol o soya), así como grasas de sobrepaso como las grasas hidrogenadas o los jabones de calcio de ácidos grasos o triglicéridos (Funston, 2004), han sido utilizados en la dieta para incrementar su densidad energética y minimizar los efectos del BEN, prevenir desordenes metabólicos, favorecer la producción láctea, restaurar la pérdida de condición corporal (CC) y mejorar el desempeño reproductivo de la vaca (Getachew *et al.*, 2001; González y Bas, 2002; López *et al.*, 2004). Al respecto, Hess (2003) mencionan que la suplementación grasa de origen vegetal, con alta concentración de ácidos grasos poliinsaturados, contribuye en el posparto a la recuperación de aspectos reproductivos específicos como el crecimiento folicular y el restablecimiento de la función lútea (Vann *et al.*, 2002), reduciendo el intervalo entre el parto y la primera ovulación, así como el número de días abiertos (Hess, 2003) mejorando el comportamiento reproductivo del ganado de carne.

La cantidad de lípidos consumidos en la dieta pueden estar relacionados con cambios en el patrón de fermentación ruminal, modificación plasmática de metabolitos de lípidos, incremento en la secreción de esteroides ováricos y otras hormonas involucradas de manera indirecta en los procesos reproductivos de los animales domésticos. Estudios previos demostraron que las concentraciones sanguíneas de COL pueden mejorar la biosíntesis lútea de P<sub>4</sub>, modular la dinámica folicular y acelerar la actividad lútea en el posparto temprano (Hawkins *et al.*, 1995; Vann *et al.*, 2002), lo que demuestra que el reinicio de la actividad ovárica posparto depende de que se presenten las condiciones óptimas de varios factores metabólicos y endocrinos que se interrelacionan entre sí (Francisco *et al.*, 2003).

Algunos indicadores relevantes que podrían describir la situación metabólica de la vaca asociados a una respuesta reproductiva incluyen las concentraciones de COL, TG, LAD y LBD (Ceballos *et al.*, 2002; Ramírez *et al.*, 2006). La concentración plasmática de estos metabolitos lípidos, junto con la hormona P<sub>4</sub> pueden verse alterados por la suplementación grasa (Lammoglia *et al.*, 2000; Hess, 2003); donde la calidad, la cantidad y el tipo de ácidos grasos puede determinar el grado de afectación en dichas concentraciones (Miller *et al.*, 2000). El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la suplementación con grasa de sobrepaso sobre el reinicio de la actividad ovárica posparto y las concentraciones plasmáticas de COL, TG, LAD, LBD y P<sub>4</sub> de vacas Indobrasil mantenidas en condiciones de trópico seco en el estado de Michoacán, México.

## MATERIALES Y METODOS

### Área de estudio

El estudio se realizó en una unidad de producción comercial de bovinos localizada en la región de Tierra Caliente del Estado de Michoacán, México (19° 12' latitud norte, 100° 34' longitud oeste), en condiciones ambientales, climáticas, de explotación y manejo característicos de la ganadería bovina de carne del trópico seco mexicano. El clima es cálido seco, con lluvias de julio a septiembre, una precipitación pluvial 1184.5 mm y temperatura ambiente que oscila de 19.9 a 36.7 °C (INAFED, 1999).

### Animales y tratamiento

Se utilizaron 35 vacas Indobrasil anéstricas con 62.91±20.87 días posparto, 3.24±0.43 puntos de condición corporal (escala 1 a 5), 486.17±72.54 kg de peso vivo y 4.4±2.19 partos. Las crías fueron separadas de las madres y solo tenían contacto físico y visual una vez al día, por un tiempo no mayor de 30 min, al finalizar la ordeña. El estado de anestro se determinó por palpación rectal, considerando como anéstricas a las vacas que no presentaban estructuras ováricas (folículos en cualquier estadio de desarrollo o cuerpo lúteo).

Las vacas fueron distribuidas de manera aleatoria en un grupo control (GC; n=17) y uno experimental (GG; n=18), ambos grupos fueron alimentados con dietas elaboradas con insumos disponibles en la región y utilizados de manera cotidiana en la unidad de producción, adicionando al complemento alimenticio del grupo GG el equivalente a 4 % de grasa de sobrepaso del consumo de materia seca (Tabla 1) por espacio de cinco semanas.

Tabla 1. Ingredientes utilizados y aporte nutricional del suplemento alimenticio de las vacas Indobrasil en el trópico seco de Michoacán.

Ingredientes	GRUPO CONTROL					GRUPO GRASA				
	Consumo BF (kg)	MS (%)	ENI MCal/kg	PC % MS	Grasa %MS	Consumo BF (kg)	MS (%)	ENI MCal/kg	PC % MS	Grasa %MS
Sorgo/panoja	-	-	-	-	-	0.80	90.9	1.76	11.3	2.1
Mazorca c/hoja	3.15	91.9	1.78	8.1	2.4	-	-	-	-	-
Concentrado engorda	1.34	88.3	1.55	14.6	2.8	3.20	88.3	1.55	14.6	2.8
Concentrado lechero	0.67	90.3	1.72	23.4	3.5	-	-	-	-	-
Grasa de sobrepaso	-	-	-	-	-	0.43	95.9	5.75	-	81.0
Aporte/día	5.16	4.68	8.03	0.5 g	0.1 g	4.43	3.96	8.03	0.5kg	0.4 kg

BF= base fresca; MS= materia seca; ENI= energía neta de lactancia; PC=proteína cruda.

Las vacas se mantuvieron en el mismo potrero compuesto de vegetación nativa. Se utilizaron jabones de calcio de aceite de palma africana (*Elaeis guineensis*) como fuente de grasa de sobrepaso y contenía una mezcla de ácidos grasos saturados como insaturados (Tabla 2).

Tabla 2. Concentración de ácidos grasos y aporte energético de la grasa de sobrepaso utilizada en la suplementación de vacas Indobrasil en el trópico seco de Michoacán.

Acido graso	%
Ácido mirístico	1.5
Ácido palmítico	44.0
Ácido esteárico	5.0
Ácido oléico	40.0
Ácido linoléico	9.5
Aporte energético (Mcal/kg)	5.75

### Reinicio de la actividad ovárica (RAO)

El RAO posparto se determinó mediante la concentración plasmática de  $P_4$ , para ello se colectaron muestras de sangre de la vena coccígea dos veces por semana, por espacio de 35 días en tubos con anticoagulante (EDTA 10%), y posteriormente centrifugadas hasta obtener el plasma. A partir de ellas, se determinaron, utilizando un kit comercial (DPC, USA) las concentraciones de progesterona ( $P_4$ ) por radioinmunoanálisis en fase sólida (RIA) en un contador The Sourcerer Radioimmunoassay System, Oakfield Instrument Ltd (United Kingdom) con una sensibilidad de 0.1 ng/ml y un coeficiente de variación intra-análisis 8.91%. El RAO, fue considerado en aquellas hembras que presentaron una concentración plasmática de  $P_4 \geq 1.0$  ng/ml durante dos muestreos consecutivos (Grajales *et al.*, 2006).

### Determinación de metabolitos de lípidos

Una alícuota del plasma sanguíneo obtenido fue utilizada para la determinación de los metabolitos de lípidos. La concentración de COL y TG, se determinó utilizando kits comerciales de reacción enzimática (SPINREACT, Cholesterol CHOD-POD Enzymatic colorimetric, Ref: 1001090; y SPINREACT, Triglycerides GPO-POD Enzymatic colorimetric, Ref: 41031), en ambos casos se utilizó un espectrofotómetro (Perkin Elmer, Lambda 40 UV/Vis Spectrometer, U.S.A.) con lectura de absorbancia a una longitud de onda de 505 nm. La concentración LAD y LBD se determinó mediante el uso de kits de reacción enzimática (SPINREACT, HDL Cholesterol Direct Enzymatic colorimetric, Ref: 1001097; y SPINREACT, Colesterol LDL Enzymatic colorimetric Liquid, Ref: 41023), en ambos casos se utilizó un espectrofotómetro (Microlab 200, U.S.A.) con lectura de absorbancia a una longitud de onda de 600 nm.

### Análisis estadístico

El efecto del tratamiento sobre el RAO fue analizado mediante una prueba de Chi-cuadrada con un valor de  $P=0.05$ . La concentración plasmática de COL, TG, LAD y LBD fueron analizados mediante procedimiento de modelos mixtos (PROC MIXED), con medidas repetidas, donde la variable aleatoria fue cada una de las vacas del experimento, la variable fija los tratamientos utilizados (GC y GG) como medida repetida cada una de las muestras analizadas durante la duración del experimento. El paquete estadístico SAS (1999), fue utilizado para realizar los análisis de los datos obtenidos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El porcentaje de hembras que reiniciaron actividad ovárica fue afectado significativamente por el tratamiento ( $P < 0.01$ ), observando que 66.67 y 23.53 % de las vacas mostraron valores de  $P_4 \geq 1.0$  ng/ml, en los grupos GG y GC, respectivamente. Esta respuesta entre los tratamientos, quizá se haya debido a que se favorecieron las condiciones metabólicas para desencadenar la síntesis de hormonas esteroides implicadas en el RAO. Francisco *et al.* (2003) mencionan que el reinicio de la actividad ovárica durante el posparto temprano requiere de la presencia de factores metabólicos y endocrinos asociados al balance energético. A este respecto, Funston (2004) refiere que las dietas de las vacas suplementadas con grasa incrementan la concentración de metabolitos como el COL y LAD, tanto en plasma sanguíneo como en el líquido folicular, favoreciendo la capacidad esteroidogénica de la células de la teca interna y de la granulosa, incrementando la síntesis de  $P_4$ , hormona intermedia en la producción de 17  $\beta$ -estradiol en los folículos que primarios que desarrollan durante el periodo posparto, luego de la estimulación provocada por la FSH y LH (Kawashima *et al.*, 2006, Williams y Amstelden, 2010), lo que pudo haber ocurrido en el grupo suplementado con grasa de sobrepeso del presente estudio.

Staples *et al.* (1998), Williams y Stanko (2000), Mattos *et al.* (2000) y Francisco *et al.* (2003) han indicado que la secreción de LH (hormona reproductiva implicada en el RAO) y el crecimiento folicular están regulados parcialmente por el estado energético de la vaca. Al respecto, Tinoco (2010) recientemente demostró que la suplementación energética en la dieta puede ser asociada a una producción de glucosa resultando en un incremento en la población folicular a partir del día 7 posparto; no obstante, la suplementación energética con maíz y sorgo, no fue suficiente para provocar una reducción en el intervalo parto-primera ovulación. Para el caso de este experimento, es posible que las vacas estuvieran en un estado de balance energético cero, ya que durante el período de suplementación con grasa no presentaron cambios en la condición corporal ni en el peso vivo, por lo que se puede inferir que la respuesta de RAO al tratamiento pudo ser debida a la adición de grasa, como lo mencionan Mattos *et al.* (2000), Boland y Lonergan (2003) y Funston (2004), quienes indicaron que la cantidad y el tipo de ácidos grasos en la dieta son importantes para obtener una respuesta reproductiva positiva.

Williams y Stanko (2000) señalaron que el perfil de los ácidos grasos contenidos en la grasa de la dieta puede incrementar la concentración de  $P_4$  en plasma. Al respecto, Staples *et al.* (1998) observaron en hembras ovinas adultas suplementadas, vía

intravenosa, con diferentes tipos de grasa, un incremento en la concentración de COL y este se modificaba de acuerdo al tipo de ácidos grasos contenidos en la fuente de grasa administrada. Estos hallazgos suponen que la suplementación con ácidos grasos poliinsaturados en la dieta puede alterar el comportamiento reproductivo de la vaca, al cambiar su estado energético y proveer de precursores para la síntesis de hormonas reproductivas (Cheng *et al.*, 2001). Al respecto, Robinson *et al.* (2002) mencionaron que las concentraciones de estradiol durante la oleada preovulatoria son significativamente diferentes ( $P < 0.001$ ) en vacas lecheras suplementadas con ácidos grasos poliinsaturados, dado que existe un incremento en la capacidad esteoroideogénica de las células de la teca interna y de la granulosa en el folículo, aumentando la biodisponibilidad de  $P_4$ , hormona intermedia en la síntesis de estradiol.

Los ácidos grasos poliinsaturados tratados física o químicamente, para obtener sales de ácidos grasos, pueden resistir a la biohidrogenación en el rumen (Mattos *et al.*, 2000; Cheng *et al.*, 2001), de tal forma que la suplementación con este tipo de grasa altera el flujo duodenal de los ácidos grasos y su concentración en plasma sanguíneo, dando como resultado algunos cambios metabólicos y reproductivos (Bottger *et al.*, 2002).

Staples *et al.* (1998), Mattos *et al.* (2000), Filley *et al.* (2000) y Robinson *et al.* (2002) han señalado que todos los animales requieren de algunos ácidos grasos esenciales que deben ser provistos en la dieta; como el ácido linoleico, esencial para la síntesis del ácido araquidónico y eicosapentaenóico (precursores de la  $PGF_{2\alpha}$ ); síntesis que es regulada por las enzimas  $\Delta$ -6-desaturasa y la ciclooxigenasa. Sin embargo, el mismo ácido linoleico puede ser el factor inhibidor de la síntesis de prostaglandinas, donde el mecanismo de inhibición ocurre por competencia del ácido linoleico con el ácido araquidónico para unirse a la enzima ciclooxigenasa (Staples *et al.*, 1998).

La concentración plasmática de los metabolitos lípidos se presentan en la tabla 3, donde el análisis estadístico mostró un efecto de la suplementación con grasa de sobrepeso sobre las concentraciones plasmáticas de COL, LAD ( $P < 0.001$ ) y LBD ( $P < 0.05$ ).

Los perfiles metabólicos pueden ser utilizados para evaluar el metabolismo relacionado con las grasas (Ramírez *et al.*, 2006). Williams y Stanko (2000) refieren que la cantidad y el grado de saturación de las grasas consumidas por la vaca afectan positivamente las concentraciones sanguíneas de COL, TG y LAD; aunque la concentración TG tiende a incrementarse cuando la grasa consumida presenta un mayor grado de saturación, mientras que la concentración de COL y LAD incrementan cuando la grasa es insaturada, dado

que los ácidos grasos de cadena corta presentes en la grasa saturada son rápidamente metabolizados, incrementando la concentración de triglicéridos en el plasma sanguíneo, mientras que las grasas saturadas, dado su metabolismo más retardado, permite la utilización de los ácidos para la síntesis *de novo*, de otros bioproductos como el COL ligado a las LAD (Başoglu *et al.*, 1998).

Tabla 3. Concentración plasmática (mg/dl) de metabolitos de lípidos (media±ee), en vacas Indobrasil durante el posparto temprano mantenidas en el trópico seco de Michoacán.

Metabolito de lípido	GC	GG
COL	168.32±7.46 <sup>a</sup>	216.80±6.36 <sup>b</sup>
TRIG	13.16±0.79 <sup>a</sup>	12.29±0.67 <sup>a</sup>
LAD	88.15±2.42 <sup>a</sup>	104.97±2.07 <sup>b</sup>
LBD	38.88±3.12 <sup>a</sup>	48.02±2.66 <sup>b</sup>

<sup>ab</sup> Literales distintas en la misma fila indican diferencia entre tratamientos (P<0.001). COL= Colesterol; TRIG=Triglicéridos; LAD= Lipoproteínas de alta densidad; LBD=Lipoproteínas de baja densidad

Las concentración plasmática de TG y COL puede incrementarse con el consumo de energía en la dieta y modificar las concentraciones de lipoproteínas en los rumiantes (Coppo, 2003). Vann *et al.* (2002) reportaron un incremento en las concentraciones sanguíneas de COL y LAD en vaquillas de carne suplementadas con aceite de soya, aunque observaron al mismo tiempo una ganancia de PV y CC. Moyá y Coppock (1997) encontraron que tanto el COL como los TG plasmáticos tienden a disminuir al parto (P<0.05) y durante las dos primeras semanas posparto (P<0.05).

Hawkins *et al.* (1995), encontraron que las concentraciones de COL y LAD se duplicaron (P<0.001) en vacas de primer parto suplementadas desde los 100 días preparto con un 5 % del total de materia seca de grasa de sobrepaso (similar a la utilizada en este experimento), hasta el tercer estro posparto, mientras que las concentraciones de LBD tan solo mostraron una tendencia a incrementarse (P<0.08).

En el presente experimento, la concentración plasmática media de COL se incrementó en ambos grupos, y como se esperaba, fue mayor para el grupo GG donde se revela el efecto positivo (P<0.001) de la suplementación con grasa de sobrepaso sobre este metabolito lípido, manteniendo una diferencia de 48.48 mg/dl por arriba del grupo GC.

El COL puede funcionar como un indicador nutricional en bovinos. Las concentraciones

plasmáticas de este metabolito dependen del tipo de dieta, especialmente del tipo y cantidad de grasa consumida, y aumenta cuando la ingesta es rica en grasas sobre todo del tipo insaturadas y disminuye en estados de desnutrición (Coppo, 2003). El estado metabólico es digno de consideración, ya que las vacas secas revelan tasas plasmáticas de COL menores que aquellas que están amamantando.

Wehrman *et al.* (1991) también encontraron un incremento en la concentración de COL (P<0.001) en vacas Brahman múltiparas recién paridas que fueron suplementadas con semilla de algodón por 21 días; no obstante, a la diferencia en la calidad de los forrajes utilizada con respecto al grupo control; dicha diferencia fue de 170 vs 100 mg/dl. En el caso de vaquillas (14 a 16 meses de edad suplementadas por 55 días) la diferencia encontrada fue de 185 vs 100 mg/dl (P<0.001). Estas diferencias son atribuidas al tipo de grasas utilizadas, que se caracterizaban por ser ricas en ácidos grasos insaturados. Los valores encontrados por estos autores evidencian una mayor diferencia, la cual puede explicarse por la cantidad de grasa suplementada (5 % del total de materia seca), el momento de la suplementación, el estado fisiológico de los animales y el tiempo de suplementación.

Vann *et al.* (2002) encontraron que la concentración de COL fue mayor en vaquillas de carne suplementadas por 45 días con aceite de soya (244.49±7.73 mg/dl), comparadas con el grupo control (187.14±7.60 mg/dl); valores similares a los del presente experimento después de las cinco semanas de suplementación.

En este estudio, la concentración plasmática de TG no fue afectada por el tratamiento, presentando un ligero incremento en el grupo GC en la última semana, con lo que se promedia una diferencia de 0.87 mg/dl durante el periodo experimental.

La concentración de TG es considerada como un buen indicador metabólico nutricional en bovinos (Coppo, 2003). En este estudio, al igual que Wehrman *et al.* (1991), la determinación de las concentraciones plasmáticas de TG fue diseñada principalmente para verificar los cambios del metabolismo lipídico, asociado a la utilización de la suplementación grasa.

A diferencia de este estudio, Coppo (2003) reporta un incremento de TG en ganado cruzado con Cebú del noreste argentino que fue suplementado con una dieta energético-proteica. Ramírez *et al.* (2006) mencionan que el incremento en la concentración de TG es acompañada de un aumento en el peso corporal de los animales, reportando concentraciones desde 12 hasta 52 mg/dl en vacas Brahman en pastoreo que se encontraban en un estado de balance energético y que reiniciaban su recuperación. Wehrman *et al.* (1991) encontraron un incremento en la concentración de TG

( $P < 0.002$ ) en vacas Brahman multíparas recién paridas que fueron suplementadas con semilla de algodón por 21 días (49 *vs* 35 mg/dl). En el caso de vaquillas (14 a 16 meses de edad suplementadas por 55 días) la diferencia encontrada fue de 75 *vs* 60 mg/dl ( $P < 0.02$ ). Estas diferencias son de igual forma atribuibles a la cantidad de grasa suplementada, el tiempo de suplementación y al estado fisiológico de los animales.

El comportamiento observado en la LAD fue similar al observado con el COL, siendo mayor para el grupo GG promediando una diferencia de 16.82 mg/dl sobre el grupo GC, durante la fase experimental.

La LAD en bovinos comprende la mayor fracción de las lipoproteínas (80 %) y contiene el 60 % del COL. Las concentraciones plasmáticas de LAD expresan la utilización del COL. Se desconoce si existe la síntesis *de novo* de LAD en el hígado de la vaca (Başoğlu *et al.*, 1998; Ramírez *et al.*, 2006).

Wehrman *et al.* (1991), también encontraron un incremento en la concentración de LAD ( $P < 0.001$ ) en vacas Brahman multíparas recién paridas que fueron suplementadas con semilla de algodón por 21 días, no obstante la diferencia en la calidad de los forrajes utilizada con respecto al grupo control; dicha diferencia en la concentración de LAD fue de 140 *vs* 85 mg/dl; y en el caso de vaquillas la concentración fue de 155 *vs* 85 mg/dl ( $P < 0.001$ ). Los mayores valores reportados por estos autores pueden deberse a la cantidad de grasa proporcionada.

Por su parte, Vann *et al.* (2002) encontraron que la concentración de LAD fue mayor en vaquillas de carne suplementadas por 45 días con aceite de soya (84.0±3.49 mg/dl), comparadas con el grupo control (72.35±3.43 mg/dl).

La concentración plasmática de LBD (Tabla 3) fue superior ( $P < 0.05$ ) en el grupo suplementado con grasa respecto al grupo control (38.88±3.12 *vs* 48.02±2.66). Las funciones principales de la LBD son transportar el COL hacia los tejidos periféricos y regular la síntesis del *de novo* del COL (Başoğlu *et al.*, 1998; Ramírez *et al.*, 2006).

La falta de reportes sobre las concentraciones sanguíneas de LBD limita una discusión profunda sobre el efecto de la suplementación grasa en el posparto de la vaca. Başoğlu *et al.* (1998) reportan concentraciones bajas de LBD durante el posparto de vacas Suizas. Aunque ellos observaron un incremento en las concentraciones sanguíneas de LBD en el posparto (30.9 mg/dl a los 30 días y 35.8 mg/dl a los 120 días), estas fueron poco significativas. Este incremento podría expresar que la fase crítica del balance energético negativo había sido superada.

La concentración plasmática de  $P_4$  fue superior ( $P < 0.001$ ) en el grupo suplementado con grasa de sobrepaso (3.02±0.18 ng/ml) respecto al grupo control (0.49±0.22 ng/ml). La concentración plasmática de  $P_4$  suele ser un indicador indiscutible de diferentes eventos reproductivos en la vaca. Entre ellos se encuentran el reinicio de la actividad ovárica posparto, donde concentraciones de  $P_4$  por arriba de 1 ng/ml definen la presencia de un cuerpo lúteo funcional, señal de que ha ocurrido la ovulación (Grajales *et al.*, 2006).

Williams y Stanko (2000), indican que la suplementación grasa reduce el periodo anovulatorio posparto y mejora el comportamiento reproductivo del ganado asociado a la respuesta ovárica en la síntesis de hormonas esteroides; y mencionan que la máxima respuesta en crecimiento folicular a la suplementación con aceites vegetales (asociada a abundante contenido de ácido linoleico C18:2 que los caracteriza) ocurre cuando se oferta una suplementación equivalente al 4 % del total de materia seca, observando que en la medida en que se disminuya la cantidad de grasa, disminuirá la respuesta.

A partir de los 7 días de tratamiento, en el grupo GG se observaron concentraciones plasmáticas de  $P_4 > 1$  ng/ml, lo que pone de manifiesto la capacidad de la suplementación con grasa de sobrepaso para estimular la síntesis hormonal ovárica en las vacas; a diferencia del grupo GC que presentaron una concentración basal de  $P_4 < 1$  ng/ml. Esta diferencia en las concentraciones de  $P_4$  promedio 2.53 ng/ml.

Al respecto, Hawkins *et al.* (1995) mencionan que las vacas mantenidas con dietas altas en grasas compuestas por ácidos grasos de cadenas largas incrementan la concentración de  $P_4$  y mantienen durante más tiempo el primer cuerpo lúteo originado de la primera ovulación posparto.

Los resultados obtenidos en este estudio pueden evidenciar el efecto de la suplementación con grasa de sobrepaso en la concentración plasmática de los metabolitos lípidos y hormonales; tal y como lo mencionan Galvis y Correa (2002), quienes concluyen que la concentración plasmática de hormonas esteroides está determinada en parte, por la tasa de síntesis, la cual puede variar con el estado nutricional de la vaca.

Hawkins *et al.* (1995), Williams y Stanko (2000) y Vann *et al.* (2002) reportan que el metabolito lípido más directamente relacionado con la función ovárica es el COL (precursor obligatorio de la  $P_4$ ), por lo tanto los cambios en sus concentraciones en sangre o fluido folicular podrían estar regulando la biosíntesis de esta hormona.

A pesar que el ovario tiene la necesidad de hormonas gonadotrópicas para la producción hormonal de P<sub>4</sub>, existe la hipótesis de que el ambiente metabólico dentro del folículo es influido indirectamente por el equilibrio energético del animal, los productos de la fermentación del rumen, la secreción metabólica de hormonas y de los precursores esteroides disponibles (Wehrman *et al.*, 1991).

Al respecto, Wehrman *et al.* (1991) encontraron que la síntesis de P<sub>4</sub> se mejora marcadamente (P<0.05) en hembras después de ser suplementadas con grasa por 30 días, asociadas a un incremento en la concentración de COL en sangre. Sin embargo, la importancia de los niveles sanguíneos de COL sobre la funcionalidad ovárica aun no es clara, pues los estudios recientes reportan que dicha función ovárica es afectada primordialmente por los niveles plasmáticos de glucosa (Williams y Stanko, 2000; Galvis y Correa, 2002); aunque la producción de P<sub>4</sub> este determinada por la capacidad esteroidogénica del cuerpo lúteo.

Hawkins *et al.* (1995) encontraron que la suplementación con grasa de sobrepeso similar a la de este experimento, incrementaba el porcentaje del área ocupada por células lúteas (esteroidogénicas) y esta se relacionaba con las altas concentraciones de P<sub>4</sub>, COL y LAD, pero no con las concentraciones de LBD. En este experimento, la mayor concentración de LAD en el grupo GG, quizá exprese su utilización en la síntesis de hormonas esteroides.

### CONCLUSIÓN

La suplementación con grasa de sobrepeso afectó positivamente el reinicio de la actividad ovárica posparto, así como la concentración plasmática de COL, LAD, LBD y P<sub>4</sub> durante el posparto temprano de las vacas Indobrasil mantenidas en el trópico seco.

### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo corresponde a la tesis doctoral del primer autor, quien agradece a la Coordinación de la Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, el financiamiento otorgado para el desarrollo de la investigación.

### REFERENCIAS

Başoğlu, A., M. Sevinç, M. Ok, Gökçen, M. 1998. Peri and postparturient concentrations of lipid lipoprotein insulin and glucose in normal dairy cows. Turkish Journal of Veterinary and Animal Science 22:141-144.

Boland, M., Lonergan, P. 200. Effects of nutrition on fertility in dairy cows. Advances in Dairy Technology 15:19-33.

Bottger, J., Hess, B., Alexander, B., Hixon, D., Woodard, L., Funston, R., Hallford, D., Moss, G. 2002. Effects of supplementation with high linoleic or oleic cracked safflower seeds on postpartum reproduction and calf performance or primiparous beef heifers. Journal of Animal Science 80:2023-2030.

Ceballos, A., Gómez, P., Vélez, M., Villa, N., López, L. 2002. Variación de los indicadores bioquímicos del balance de energía según el estado productivo en bovinos lecheros de Manizales, Colombia. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias 15:13-25.

Cheng, Z., Robinson, R.S., Pushpakumara, P.G.A., Mansbridge, R.J., Wathes, D.C. 2001. Effect of dietary polyunsaturated fatty acids on uterine prostaglandin synthesis in the cow. Journal of Endocrinology 171:463-473.

Coppo, J.A. 2003. Efecto del destete precoz sobre lípidos y lipoproteínas séricas en terneros cruza Cebú. Analecta Veterinaria 23:5-12.

Filley, S.J., Turner, H.A., Stormshak, F. 2000. Plasma fatty acids, prostaglandin F<sub>2</sub>alpha metabolite, and reproductive response in postpartum heifers fed rumen by-pass fat. Journal of Animal Science 78:139-144.

Francisco, C.C, Spicer, L.J., Payton, M.E. 2003. Predicting cholesterol, progesterone, and days to ovulation using postpartum metabolic and endocrine measures. Journal Dairy Science 86:2852-2863.

Funston, R. 2004. Fat supplementation and reproduction in beef females. Journal of Animal Science 82: E154-E161. (E. Suppl).

Galvis, G.R.D., Correa, C.J.H. 2002. Interacciones entre el metabolismo y la reproducción en la vaca lechera: es la actividad glucogénica el eslabón perdido?. Revista Colombiana Ciencias Pecuarias 15:36-50.

Getachew, G., DePeters, E.J. Robinson, P.H., Taylor, S. J. 2001. In vitro rumen fermentation and gas production: influence of yellow grease, tallow, corn oil and their potassium soaps. Animal Feed Science and Technology 93:1-15.

- González, F., Bas, F. 2002. Efecto de la suplementación con un aceite hidrogenado de pescado sobre la producción de leche en vacas Holstein Friesian. *Ciencia e Investigación Agraria* 29:73-82.
- Grajales, H., Hernández, A. Prieto, E. 2006. Determinación de parámetros reproductivos basado en los niveles de progesterona en novillas doble propósito en el trópico colombiano. *Livestock Research for Rural Development* 18. Article #144. Retrieved August 31, 2009, from <http://www.lrrd.org/lrrd18/10/graj18144.htm>.
- Hawkins, D.E., Niswender, K. D., Oss, G.M. Moeller, C.L. Odde, K.G. Sawyer, H.R. Niswender, G.D. 1995. An increase in serum lipids increases luteal lipid content and alters the disappearance rate of progesterone in cows. *Journal of Animal Science* 73:541-545.
- Hess, W.B. 2003. Supplementing fat to the cow herd. *Proceedings, The Range Beef Symposium XVIII*. December 9 to11, 2003. Mitchell, Nebraska. USA.
- INAFED. 1999. *Enciclopedia de los Municipios de México, Michoacán*. Centro Nacional de Desarrollo Municipal, Gobierno del Estado de Michoacán. Morelia, México.
- Kawashima, Ch., Kaneko, E., Amaya, M.C., Matsui, M. Yamagishi, N., Matsunaga, N., Ishii, M. Kida, K., Miyake, Y., Miyamoto A. 2006. Relationship between the first ovulation within three weeks postpartum and subsequent ovarian cycles and fertility in High producing dairy cows. *Journal of Reproduction and Development* 52: 479-486.
- Lammoglia, M. A., Bellows, R.A., Grings, E.E. Bergman, J.W., Belows, S.E., Short, R.E., Hallford, D.M., Randel. R.D. 2000. Effects of dietary fat and sire breed on puberty, weight, and reproductive traits of F1 beef heifers. *Journal of Animal Science* 78:2244-2252.
- Lopez, S.E, Lopez, J., Stumpf W. Jr. 2004. Parâmetros séricos de vacas leiteiras na fase inicial de lactação suplementadas com diferentes fontes de gordura. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 12:96-102.
- Mattos, R., Staples, R.C. Thatcher, W.W. 2000. Effects of dietary fatty acids on reproduction in ruminants. *Reviews of Reproduction* 5:38-45.
- Miller, D.G., Jarvis, K.J., McBean, D.L. 2000. *Handbook of dairy foods and nutrition*. p.70- . 2<sup>th</sup> ed. National Dairy Council. Washington D.C. USA.
- Moyá, J.R., Coppock, C. 1997. Efecto de dos sistemas de alimentación preparto en los metabolitos sanguíneos pre- y post-parto de vacas Holstein durante la transición a la lactancia. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 5:164-166 (Supl.1).
- Ramírez, F., Pérez, R., Maldonado, M.A., Paiva, R., Mancilla, L.E. 2006. Relación entre pastoreo, metabolismo y reproducción en hembras bovinas en Portuguesa. X Seminario, Manejo y utilización de pastos y forrajes en sistemas de producción animal. Abril 20-22, 2006. Luz-FCV, Maracaibo Venezuela. 165-173.
- Robinson, R.S., Pushpakumara, P.G.A., Cheng, Z., Peters, A.R., Abayasekara, D.R.E., Wathes, D. C. 2002. Effects of dietary polyunsaturated fatty acids on ovarian and uterine function in lactating dairy cows. *Reproduction* 124:119-131.
- SAS. 1999. *SAS/STAT User's Guide*. SAS Inst. Inc., Cary, North Carolina, USA.
- Staples, C.R, Burke, J.M. Thatcher, W.W. 1998. Influence of supplemental fats on reproductive tissues and performance of lactating cows. *Journal of Dairy Science* 81:856-871.
- Tinoco M. J. C. 2010. Actividad ovárica y porcentaje de gestación en vacas de doble propósito en praderas de pasto *Cynodon nlemfuensis* y *Leucaena leucocephala*, con y sin suplementación energética en el trópico. Tesis Maestría en Ciencias en Producción Animal Tropical, opción Reproducción Animal. Campus Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Autónoma de Yucatán. Septiembre, 2010.
- Vann, R., Tucker S., Ray, R., Baker, F. 2002. Reproductive efficiency can be influenced through cholesterol profiles in beef heifers fed a high fat cube. *The University of Georgia, CAES, Department of Animal & Dairy Science, 2001/2002 Annual Report*. 151-156.
- Wehrman, M.E., Welsh, T.H. Jr., Williams, L. G. 1991. Diet-induced hyperlipidemia in cattle modifies the intrafollicular cholesterol environment, modulates ovarian follicular dynamics, and hastens the onset of

- postpartum luteal activity. *Biology of Reproduction* 45:514-522.
- Williams, L.G., Amstelden M. 2010. Understanding postpartum anestrus and puberty in the beef female. *Proceedings Applied Reproductive Strategies in Beef Cattle*. January 28-29, 2010. San Antonio, TX. 55-71 pp.
- Williams, L.G., Stanko, E.R. 2000. Dietary fats as reproductive nutraceuticals beef cattle. *Proceedings of the American Society of Animal Science*. *Journal of Animal Science* 77:1-12

*Submitted September 09, 2009 – Accepted January 14, 2010*  
*Revised received October 28, 2010*