

RELACIÓN ENTRE LOS NIVELES DE GLUCOSA E INSULINA SANGUÍNEA Y EL REINICIO DE LA ACTIVIDAD OVÁRICA EN VACAS DE DOBLE PROPÓSITO CON DIFERENTES CONDICIONES CORPORALES AL PARTO Y DIFERENTE NIVEL DE ALIMENTACIÓN POSTPARTO

Livia Pinto-Santini, Karin Drescher, Ana Ruiz, Rafael Pérez, Carlos Domínguez, Miguel Benezra y Nelson Martínez

RESUMEN

Para evaluar el efecto de la condición corporal (CC) al parto y el nivel de alimentación (A) postparto (PP) en las concentraciones de glucosa e insulina PP y reinicio de la actividad ovárica en vacas doble propósito, 28 vacas adultas fueron distribuidas al azar en cuatro tratamientos, a saber, ACAA: alta CC al parto ($AC \geq 2,5$) y alto nivel de A PP (AA); BCAA: baja CC al parto ($BC < 2,5$) y AA; ACBA: AC y bajo nivel de A PP (BA); BCBA: BC y BA. El nivel de A PP no afectó las variables estudiadas. La concentración de glucosa acumulada a los 45 días PP fue 239,4 y 262,6mg-dl⁻¹ ($P= 0,083$) y la de insu-

lina fue 34,21 y 19,39μUI-mg⁻¹ ($P<0,01$), para las vacas de AC y BC, respectivamente. La población de folículos de las clases 1 y 2 (C1 y C2) no fue afectada por la CC al parto o el nivel de A PP. Para los folículos de la clase 3 (C3) y número de cuerpos lúteos (CL), se observó efecto de la CC al parto ($P<0,01$). Así, las vacas de AC presentaron una población folicular de C3 y CL superiores a las de BC. Este trabajo confirma que la CC al parto es un factor determinante en el reinicio de la actividad ovárica en vacas mestizas de doble propósito.

Introducción

Los mecanismos fisiológicos que rigen los procesos productivos en hembras vacunas cruzadas, aun cuando estos animales provienen de la combinación de genes *Bos taurus* × *Bos indicus*, no han sido hasta ahora suficientemente estudiados y caracterizados. Esto es particularmente cierto para el caso de la ganadería de doble propósito en condiciones de Trópico bajo.

En vacas altamente especializadas en la producción de leche, debido a los altos requerimientos energéticos al inicio de la lactancia, tiene lugar una importante movilización de reservas corporales para mantener los índices de producción a expensas

de otros procesos productivos (Broster y Broster, 1998). Hembras de diversas especies son capaces de coordinar la partición de nutrientes disponibles según su estado fisiológico. Parte de esa coordinación se encuentra bajo control genético (Cronjé *et al.*, 2000). Las vacas lecheras, por la alta selección que han tenido, priorizan los nutrientes disponibles hacia la producción de leche sacrificando algunos procesos como el crecimiento o la reproducción.

Los animales cruzados (*Bos taurus* × *Bos indicus*) debido a su menor potencial genético para la producción de leche, probablemente no presenten un desbalance energético postparto tan marcado en comparación con

las vacas especializadas (Blake y Custodio, 1984; Cronjé *et al.*, 2000; Jenet *et al.*, 2006) pudiendo ser más eficientes que estas últimas en recuperar las pérdidas de condición corporal postparto (Combellas, 1998; Martínez *et al.*, 1998; Jenet *et al.*, 2006) y, por lo tanto, reiniciar la actividad ovárica más rápidamente que las vacas lecheras. Sin embargo, una realidad de los sistemas de producción animal con vacunos en el Trópico es la irregularidad de la oferta forrajera, principalmente en la época seca, a lo cual se suman otras implicaciones de manejo y la gran variabilidad genética de los animales, todo lo cual provoca que la condición corporal de las vacas sea de por sí baja inclusive antes del parto,

con consecuencias similares, desde el punto de vista metabólico y productivo, a las observadas en los animales especializados en producción de leche (Domínguez *et al.*, 2007).

Las estructuras anatómicas y funcionales presentes en el ovario luego del parto son el resultado de una secuencia de eventos en cascada que se inician con el restablecimiento de la funcionalidad del eje hipotálamo-hipófisis-gónada. La frecuencia y la amplitud de la secreción de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) por el hipotálamo y de la hormona luteinizante (LH) por la adenohipófisis determinan, en gran medida, la cantidad y calidad de los folículos y cuerpos lúteos ováricos; por lo

PALABRAS CLAVE / Condición corporal / Estructuras ováricas / Glucosa / Insulina / Vacas mestizas /

Recibido: 04/03/2009. Modificado: 14/05/2009. Aceptado: 15/05/2009.

Livia Pinto-Santini. Ingeniera Agrónoma y Magister en Producción Animal, Universidad Central de Venezuela (UCV). Profesora, UCV, Venezuela. Dirección: Laboratorio de Reproducción Animal. Instituto de Producción Animal. FAGRO-UCV. Apartado 4579. Maracay 2101. e-mail: pintol@agr.ucv.ve

Karin Drescher. Ingeniera Agrónoma, Magister en Producción Animal y estudiante de Doctorado en Ciencias Agrícolas, UCV Venezuela. Profesora, UCV, Venezuela.

Ana Ruiz. Médica Veterinaria, UCV, Venezuela. Ph.D., Universidad de Nebraska-Lincoln, EEUU. Profesora, UCV, Venezuela.

Rafael Pérez. Médico Veterinario y Magister en Reproducción Animal, UCV, Venezuela. Profesor, Universidad Nacional Experimental Rómulo Gallegos (UNERG), Venezuela.

Carlos Domínguez. Médico Veterinario y Doctor en Ciencias Agrícolas, UCV, Venezuela. Profesor, UNERG, Venezuela.

Miguel Benezra. Ingeniero Agrónomo y Doctor en Ciencias Agrícolas, UCV, Venezuela. Profesor, UCV, Venezuela.

Nelson Martínez. Ingeniero Agrónomo y Especialista en Reproducción Animal, UCV, Venezuela. Profesor, UCV, Venezuela.

RELATIONSHIP BETWEEN BLOOD GLUCOSE AND INSULIN LEVELS WITH OVARIAN ACTIVITY ONSET IN DUAL PURPOSE COWS WITH DIFFERENT BODY CONDITION SCORE AT CALVING AND DIFFERENT POSTPARTUM FOOD LEVEL

Livia Pinto-Santini, Karin Drescher, Ana Ruiz, Rafael Pérez, Carlos Domínguez, Miguel Benezra and Nelson Martínez

SUMMARY

The effect of body condition (CC) at parturition and feeding level (A) during the postpartum period (PP) on glucose concentration and PP insulin, as well as the resumption of ovarian activity in dual purpose cows, was evaluated. Twenty-eight adult cows were randomly allocated to four different treatments, ACAA: high CC ($AC \geq 2.5$) at parturition and high A PP (AA); BCAA: low CC ($BC < 2.5$) at parturition and AA; ACBA: AC and low A PP (BA); BCBA: BC and BA. A during PP did not affect the variables studied. The accumulated glucose levels at 45 days PP were 239.4 and 262.6mg-dl⁻¹ ($P = 0.083$) and those of

insuline were 34.21 and 19.39 μ U-mg⁻¹ ($P < 0.01$) for cows with AC and BC, respectively. Either the CC at parturition or the A PP did not exert any effect on class 1 (C1) and 2 (C2) follicle population. In contrast, the CC at parturition affected ($P < 0.01$) class 3 follicles (C3) and number of corpora lutea (CL). Thus, cows with AC showed both higher C3 follicle populations and CL, when compared to cows with BC. This work confirms that CC at parturition is a determinant factor in the resumption of AO in dual purpose crossbred cows.

RELAÇÃO ENTRE OS NÍVEIS DE GLICOSE E INSULINA SANGUÍNEA E O REINÍCIO DA ATIVIDADE OVARIANA EM VACAS DE DUPLO PROPÓSITO COM DIFERENTES CONDIÇÕES CORPORAIS AO PARTO E DIFERENTE NÍVEL DE ALIMENTAÇÃO PÓS-PARTO

Livia Pinto-Santini, Karin Drescher, Ana Ruiz, Rafael Pérez, Carlos Domínguez, Miguel Benezra e Nelson Martínez

RESUMO

Para avaliar o efeito da condição corporal (CC) ao parto e o nível de alimentação (A) pós-parto (PP) nas concentrações de glicose e insulina PP e reinício da atividade ovariana em vacas duplo propósito, 28 vacas adultas foram distribuídas de maneira aleatória entre quatro tratamentos a seguir, ACAA: alta CC ao parto ($AC \geq 2,5$) e alto nível de A PP (AA); BCAA: baixa CC ao parto ($BC < 2,5$) e AA; ACBA: AC e baixo nível de A PP (BA); BCBA: BC e BA. O nível de A PP não afetou as variáveis estudadas. A concentração de glicose acumulada aos 45 dias PP foi 239,4 e 262,6mg-dl⁻¹ ($P = 0,083$) e a de insulina

foi 34,21 e 19,39 μ UI-mg⁻¹ ($P < 0,01$), para as vacas de AC e BC, respectivamente. A população de folículos das classes 1 e 2 (C1 e C2) não foi afetada pela CC ao parto ou pelo nível de A PP. Para os folículos da classe 3 (C3) e número de corpos lúteos (CL), foi observado efeito da CC ao parto ($P < 0,01$). Assim, as vacas de AC apresentaram uma população folicular de C3 e CL superiores às de BC. Este trabalho confirma que a CC ao parto é um fator determinante no reinício da atividade ovariana em vacas mestiças de duplo propósito.

tanto, el número y tipo de estas estructuras pueden servir como indicativo del reinicio de la actividad ovárica en vacas postparto (Moore y Thatcher, 2006). Así también algunos metabolitos y hormonas presentes en la sangre, entre los que destacan la glucosa e insulina, actúan como señales del estado nutricional y/o balance energético (BE) a nivel central y local, las cuales pueden influir a nivel hipotalámico en la secreción de GnRH (Recabarren, 1994; Cronjé *et al.*, 2000; Recabarren *et al.*, 2001; Schneider, 2004). Igualmente, a nivel ovárico, los bajos niveles de glucosa e insulina pueden reducir la capacidad de respuesta ovárica a la acción de las gonadotropinas (Lucy, 2008).

El presente trabajo tuvo como finalidad evaluar el efecto de la condición corporal al parto y los niveles de alimentación postparto

en las concentraciones de glucosa e insulina postparto y el reinicio de la actividad ovárica.

Materiales y Métodos

Ubicación

El experimento se realizó a 432msnm en el Laboratorio Sección de Bovinos del Instituto de Producción Animal, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. La localidad se caracteriza por tener un clima tropical estacional, con una precipitación de ~800mm concentrada en los meses de mayo a octubre. La temperatura promedio en la zona es de 27°C.

Animales y manejo

Se utilizaron 28 vacas adultas gestantes de alto mestizaje europeo (*Bos taurus* × *Bos indicus*;

3/4-5/8 H × 1/4-3/8 Br) distribuidas al azar, según se presentaron los partos, en cada tratamiento. Para la distribución de los animales en los tratamientos se consideró la condición corporal (CC) al momento del parto y el nivel de producción total de leche hasta los 60 días de la lactancia anterior. La CC fue evaluada según la escala modificada NIRD (*National Institute of Research in Dairy Science*) del 1 al 5 (Fattet y Jaurena, 1998).

Desde el día del parto y hasta los tres días luego del parto, las vacas permanecieron en un corral junto con sus crías, con agua y pasto de corte fresco (*Panicum maximum* y *Cynodon lenfuensis*) a voluntad. A partir del cuarto día, todas las vacas fueron confinadas en corrales individuales semitechados (6,0×2,5m), donde se ofreció heno de estrella (*C. lenfuensis*), bloque multinutricio-

nal (BMN) y agua a voluntad. El manejo habitual del rebaño contempló el ordeño dos veces diarias en sala mecanizada (a las 06:00 y 16:00) y amamantamiento restringido de 30min, posterior al ordeño de la mañana. En cada ordeño se suministró a las vacas, individualmente, una porción preestablecida de suplemento alimenticio (SA) para cubrir los requerimientos establecidos en los tratamientos. Los componentes del SA y BMN se muestran en la Tabla I.

Diseño del experimento y tratamientos

El experimento fue diseñado bajo un modelo completamente al azar con arreglo factorial 2×2, tomando como factores: la CC al parto y el nivel de alimentación (A) en el postparto (PP). Los tratamientos establecidos fueron:

- ACAA: Alta CC al parto ($AC \geq 2,5$) y alto nivel de alimentación (AA) postparto (PP)
- BCAA: Baja CC al parto ($BC < 2,5$) y AA
- ACBA: AC y bajo nivel de alimentación (BA) en el PP
- BCBA: BC y BA

Los niveles de alimentación PP fueron asignados según el aporte de energía metabolizable (EM) de las dietas experimentales. Los requerimientos de las vacas fueron determinados siguiendo las recomendaciones de las tablas de requerimientos nutricionales del *National Research Council* (NRC, 1989) y, fueron calculados en función del peso corporal y de la producción de leche (promedio del total diario hasta los 60 días) de la lactancia anterior de cada una de las vacas. Así en BA, la dieta cubría el 85% de los requerimientos totales de EM del animal (mantenimiento + producción de leche) y en AA, las dietas cubrían 115% de los requerimientos totales de energía. El aporte estimado de nutrientes del SA y BMN fue, respectivamente, de 3,2 y 0,86Mcal·kg⁻¹ de EM; 23,1 y 50,9% de proteína cruda; y 19,3 y 47,9% de proteína degradable en el rumen. Se consideró mantener entre 25 y 30g·kg⁻¹ a la relación entre la cantidad de nitrógeno fermentable en el rumen y la materia orgánica degradable en el rumen, con el propósito de evitar efectos confundidos debidos a la variación entre tratamientos por dicha causa.

Variables evaluadas

Concentración de glucosa (GLU) e insulina (INS) en suero sanguíneo. Las muestras de sangre para la determinación de GLU e INS en suero fueron tomadas a nivel de la vena yugular a los 3, 15, 30 y 45 días PP, luego del ordeño de la mañana. La concentración de GLU fue determinada por el método descrito por Henry

TABLA I
PORCENTAJE DE INCORPORACIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS PARA LA ELABORACIÓN DEL SUPLEMENTO ALIMENTICIO (SA) Y BLOQUE MULTINUTRICIONAL (BM)

	SA	BM
Semilla de algodón	30,0	10,0
Pulitura de arroz	10,0	-
Melaza	20,0	20,0
Harina de maíz	36,5	-
Nitrógeno ureico	3,0	15,0
Sal ganadera	0,5	-
Cal	-	10,0
Mezcla mineral comercial	-	12,0
Fosfato monodivale	-	3,0
Heno molido	-	5,0
Frijol (planta entera)	-	25,0
Total	100%	100%

et al. (1974), cuyo principio se basa en la reacción de la glucosa oxidasa. La INS fue determinada por ELISA (GLight Diagnostic, EEUU).

Actividad ovárica (AO). La AO fue determinada a través de la evaluación de las estructuras presentes en el ovario (folículos, F, y cuerpos lúteos, CL). La población de folículos y número de cuerpos lúteos presentes en el ovario fue determinada a través de un equipo de ultrasonido (Aloka, SSD 900. Co. LTD, Tokio, Japón, equipado con una sonda rectal de 7,5 MHz) por vía transrectal, una vez a la semana desde el día 15 PP, antes de la detección del primer celo, y dos veces por semana a partir de dicha detección. El crecimiento folicular se clasificó (Díaz, 1999) en folículos de clase 1 (C1; ≤ 5 mm); clase 2 (C2; 6-9mm) y clase 3 (C3; ≥ 10 mm o folículo de Graff).

Análisis estadísticos

Para las variables concentración de GLU e INS, tanto en forma absoluta como acumulada en el tiempo, se utilizó el análisis estadístico MANOVA para medidas repetidas en el tiempo. En las variables cuyas diferencias fueron significativas, se aplicó la prueba de comparación de medias por Duncan. Las estructuras ováricas (F y CL), fueron analizadas por χ^2 , aplicando la prueba de medias de Kruskal Wallis cuando se encontraron diferencias estadísticas. Adicionalmente, se aplicó un análisis de sobrevivencia para estimar la probabilidad de encontrar estructuras ováricas similares entre grupos a diferentes días PP. Para ello se utilizaron los estadísticos Logrank Test y Peto-Wilcoxon Test (Marques de Sá, 2007). El paquete estadístico utilizado en todos los casos fue SAS versión 6,12 (SAS, 1997).

Resultados y Discusión

Concentración de GLU e INS

La concentración promedio de GLU e INS absoluta por tratamiento, durante los primeros 45 días PP de las vacas, se presenta en la Figura 1. La concentración de GLU sérica no fue afectada ni por la CC ni por el nivel de alimentación PP encontrándose los valores de 52-72mg·dl⁻¹. Los niveles de glicemia en rumiantes, debido a particularidades en el proceso digestivo y tipo de alimentación, son normalmente

bajos (Bondi, 1989; Ørskov y Ryle, 1998; McDonald *et al.*, 1999). Bondi (1989) reporta concentraciones de GLU en rumiantes de 40-70mg·dl⁻¹. Sin embargo, en los tratamientos de AC al parto (ACBA y ACAA) y, en el tratamiento BCAA, se evidencia una reducción ($P < 0,01$) de la concentración de GLU con relación al valor inicial, durante los primeros 30 días PP. Disminuciones en las concentraciones de GLU luego del parto, independientemente de las dietas suministradas a los animales, han sido reportadas por diversos investigadores (Bell y Bauman, 1997; Ingvarsen y Andersen, 2000; Recabarren *et al.*, 2001) y se relacionan con la alta demanda de GLU de la glándula mamaria para la lactogénesis.

El factor nivel de alimentación luego del parto no afectó la concentración sérica de INS PP. Contrariamente, la CC, reflejo de las reservas corporales de los animales, influyó ($P < 0,05$) sobre la concentración de INS los días 3 y 15 PP. En el día 30 se observó una tendencia de la CC sobre los niveles de INS ($P = 0,07$) que se pierde a los 45 días (Figura 2), posiblemente asociado a que las vacas del tratamiento BCBA presentaron un incremento de los niveles de INS después del día 30 (Figura 1). Los resultados sugieren que la principal causa de cambios en la concentración de INS fue provocada por el nivel de reserva de energía de los animales siendo que, a mayor CC, aumenta la secreción de esta hormona en las vacas. Schwalm y Schultz (1975) reportan concentraciones de INS (μ UI·ml⁻¹) en vacas lecheras en el orden

de 18-25 y 12-15 en el pre y postparto, respectivamente, valores superiores a los observados en este experimento (Figura 1). En animales con BE negativo tanto las concentraciones de GLU como de INS se presentan disminuidas (Beam y Butler, 1999; Butler, 2000). La correlación estadística entre las concentraciones de GLU e INS en

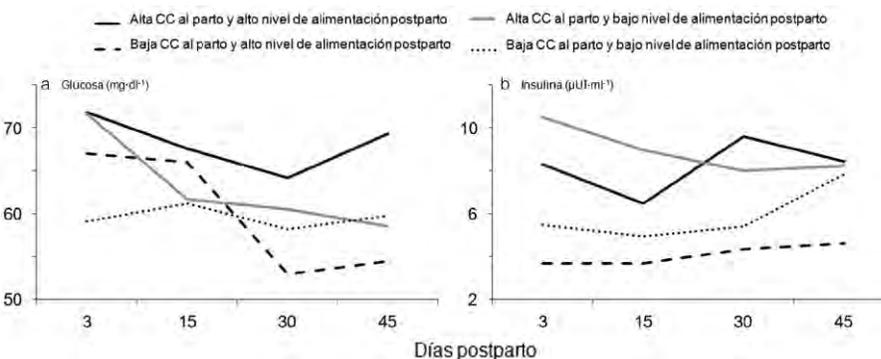


Figura 1. Concentración postparto de glucosa (a) e insulina sérica (b) en vacas doble propósito con alta y baja condición corporal (CC) al parto, sometidas a diferentes niveles de alimentación luego del parto.

este experimento fue de 0,239 (P= 0,0124).

Desde el punto de vista metabólico, la concentración puntual de un metabolito u hormona no siempre explica en forma satisfactoria las variaciones fisiológicas y/o productivas que pueden provocar en los animales. Muchos procesos fisiológicos responden a la estimulación acumulada de las señales metabólicas y/o endocrinas. Un ejemplo de esto fue reportado por Recabarren (1994), quien señala que se

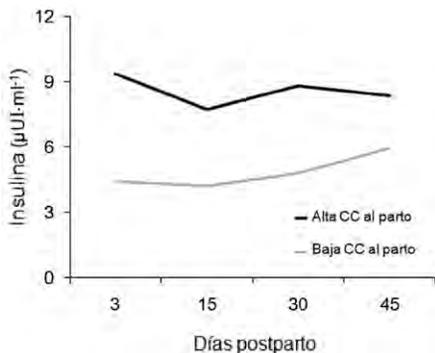


Figura 2. Efecto de la condición corporal (CC) al parto sobre la concentración postparto de insulina sérica.

requieren altos niveles de INS sostenidos en el tiempo para que, a nivel central, se estimule la producción y liberación de GnRH/LH.

Las concentraciones acumuladas de GLU e INS en suero sanguíneo según la CC al parto se presentan en la Figura 3. Los

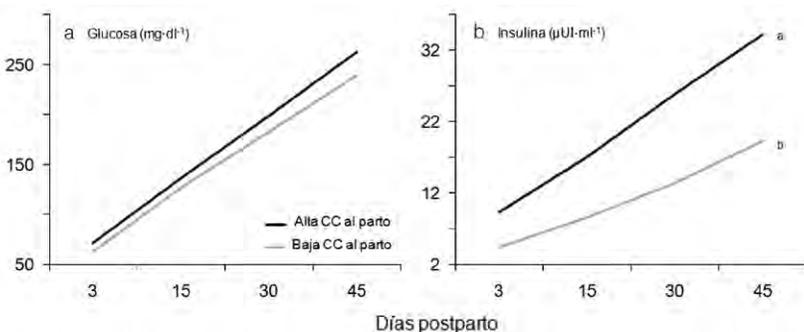


Figura 3. Concentraciones acumuladas de GLU (a), e INS (b) en vacas con alta (AC) y baja (BC) condición corporal al parto.

resultados reflejaron cambios (P<0,01) en las concentraciones acumuladas de INS debido al efecto de la CC. En el caso de GLU, el mecanismo homeostático regulador de la concentración sanguínea opera en forma más

eficiente, siendo que al analizarse en forma acumulada y tal como se presentó en los valores absolutos, no existen diferencias entre los tratamientos evaluados. La concentración acumulada de GLU a los 45 días PP fue de 239,4 y 262,6mg·dl⁻¹ (P= 0,083) y la de INS de 34,21 y 19,39µUI·ml⁻¹ (P<0,01) para AC y BC, respectivamente.

La captación de GLU por los tejidos requiere la presencia de transportadores de membrana a nivel celular. Los transportadores más estudiados en especies ruminantes son el tipo 1 (GLUT-1) y el tipo 4 (GLUT-4). El primero está involucrado principalmente en la captación de GLU requerida para la síntesis de lactosa de la glándula mamaria y es independiente de INS (Bell y Bauman, 1997; Haney, 2004). En el pico de lactancia, asociado a los mecanismos de repartición de nutrientes de esta etapa fisiológica,

se presenta una reducción en la expresión de GLUT-1 en el tejido adiposo que contribuye a incrementar la suplencia de GLU para el tejido mamario (Komatsu *et al.*, 2005). El tejido adiposo, por su parte, depende principalmente de la acción de la INS para la traslocación de GLUT-4.

Durante la lactancia, los niveles de ARNm de GLUT-4 en el tejido adiposo y muscular no varían significativamente (Komatsu *et al.*, 2005). Los bajos niveles de INS durante el inicio de la lactancia y/o la resistencia a INS

(incapacidad biológica de la INS para mantener la homeostasis de la GLU) por parte de estos tejidos, producido por la falta de traslocación del transportador y no por la inhibición de su expresión explicarían la poca captación de GLU de los tejidos adiposo y muscular en vacas de alta producción de leche que se presenta en el pico de lactancia y/o en situaciones de balance energético negativo (Recabarren, 1994; Rose *et al.*, 1997). En este mecanismo de repartición de nutrientes, operan también en forma sinérgica las concentraciones bajas de leptina y el aumento en las concentraciones de hormona de crecimiento (Ingvarstsen y Andersen, 2000; Block *et al.*, 2003; Chilliard *et al.*, 2005; Komatsu *et al.*, 2005).

En un estudio previo (Ruiz *et al.*, 2008) se evaluó la expresión, a los 45 días PP, de los transportadores GLUT-1 y GLUT-4 en el tejido adiposo en vacas sometidas a dos niveles de alimentación. Los resultados señalan una mayor expresión de GLUT-1 en los animales sometidos a estrés nutricional. Tomando en consideración las diferencias obtenidas entre la concentración de INS en animales con AC y BC, menores en este último, y la mayor expresión del transportador no dependiente de INS en el grupo restringido, pudiera pensarse que los animales de BC priorizan la utilización de la GLU disponible para la reposición de los tejidos; sin embargo, debido a la baja disponibilidad de GLU en este grupo, la reposición de estos tejidos no es significativa cuando es comparada con las vacas de AC (Martínez *et al.*, 2009; datos no publicados). En el caso de los animales sometidos a un nivel de alimentación superior a su requerimiento, la expresión de GLUT-4 fue superior

a los de bajo nivel de alimentación (Ruiz *et al.*, 2008). Por lo tanto, similar al grupo BC pero a través de un mecanismo metabólico dependiente de INS, estos animales también parecerían priorizar la utilización de

GLU para la reposición o mantenimiento de tejidos y/o la CC. Domínguez (2005) y Maza *et al.* (2006) reportan que hay poca variabilidad en la CC PP en los animales mestizos (Holstein × cebú) de doble propósito. Pese a la poca variabilidad, las vacas que paren con una alta CC pierden más peso y por un periodo más largo, que las vacas que paren con CC media a baja (Maza *et al.*, 2006). Similar resultado fue reportado por Garnsworthy y Jones (1987) en vacas Holstein en el Reino Unido. Las vacas lecheras con alta CC al parto tienen adecuadas reservas para soportar la producción de leche, pero también tienen bajo consumo alimentario, lo que aumenta el balance energético negativo y la pérdida de peso PP en comparación con vacas de menor CC al parto (Pedron *et al.*, 1993). Todos estos resultados parecerían indicar que los animales de baja CC al parto activan mecanismos de mantenimiento y/o recuperación de reservas energéticas más rápidamente que los de alta CC al parto, priorizando su propia sobrevivencia por encima de otros procesos productivos.

Actividad ovárica

El análisis estadístico de χ^2 para las estructuras ováricas presentes los días 3, 15, 30 y 45 luego del parto no evidenció efectos de los factores CC al parto, del nivel de alimentación PP, ni de la interacción de estos sobre el número de folículos de las C1 y C2. Con relación a los folículos de la C3 y los CL, se observó un efecto altamente significativo (P<0,01) de CC. En tal sentido, las vacas de los grupos AC presentaron un número de folículos de la C3 y CL superiores a las vacas del grupo BC (Figura 4). Similar al resto de las estructuras ováricas, el nivel de alimentación PP y su interacción con el factor CC al parto no mostraron efectos sobre los folículos de la C3 y los CL.

Es conocido que durante el ciclo estral de la vaca se presentan, a nivel ovárico, dos o tres ondas de crecimiento folicular. Cada onda de crecimiento folicular incluye: a) el reclutamiento de un número de folículos antrales;

b) la selección y desviación folicular, y c) el establecimiento de un folículo dominante sobre la cohorte total que fue reclutada al inicio de la onda (Lucy *et al.*, 1991; Moore y Thatcher, 2006). Entre los días 30 y 37 luego del parto se observó una disminución de la población de folículos de la C3 a medida que se incrementaba el número de CL en las vacas de AC, lo que pudiera ser interpretado como una señal de inicio de AO temprana en este grupo en comparación con las vacas de BC. Domínguez *et al.* (2008) reportaron mayores concentraciones acumuladas de progesterona a las tres semanas PP en las vacas que paren con alta CC en comparación con las de baja CC.

En las Figuras 5 y 6 se presentan las curvas de supervivencia de los folículos de la C3 y CL, respectivamente, de acuerdo a los factores evaluados. Tal y como puede observarse, la CC redujo la probabilidad de no encontrar folículos de C3 a partir del día 15 PP en el grupo AC ($P < 0,01$; Pruebas de Logrank y Peto-Wilcoxon). Contrariamente, en el grupo de BC, la probabilidad de no presenciar esta clase de folículos se mantuvo alta por mayor tiempo (Figura 5a). El nivel de alimentación no afectó la curva de supervivencia de los folículos de C3 (Figura 5b).

Para CL (Figura 6) se encontró una respuesta similar a la presentada en los folículos de C3. El nivel de alimentación PP no afectó la probabilidad de presenciar esta estructura ovárica durante el periodo evaluado. La CC al parto afectó la probabilidad de supervivencia de los CL. El grupo de BC mantuvo ausencia de CL hasta los 36 días PP, mientras que los animales de AC manifestaron cambios

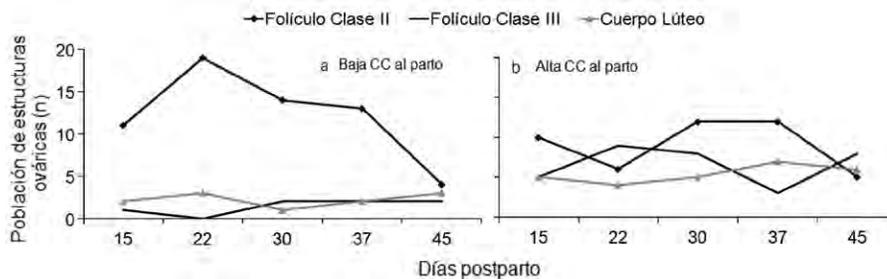


Figura 4. Población de estructuras ováricas en vacas con baja y alta condición corporal al parto.

desde el día 15 PP, tiempo en el cual se puede observar que la probabilidad de no encontrar CL en el ovario se reduce significativamente ($P < 0,01$; Pruebas de Logrank y Peto-Wilcoxon); es decir, en las vacas del grupo BC la inactividad ovárica se man-

uada CC al parto (5-6 en escala del 1 al 9), presentan mayor actividad luteal durante la temporada de monta en comparación con las vacas con $CC < 5$.

A nivel ovárico, la concentración de INS puede influir en el proceso de desarrollo folicu-

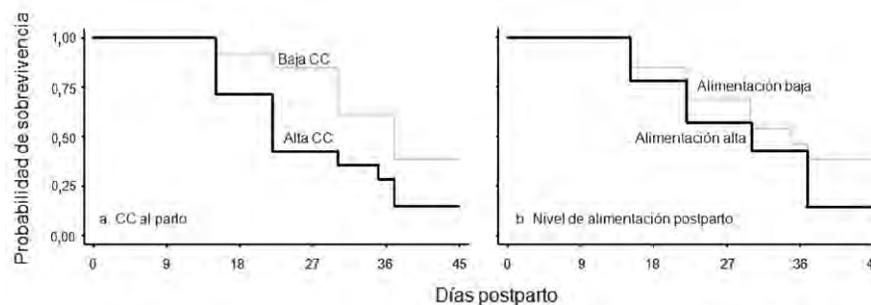


Figura 5. Análisis de supervivencia para la población de folículos clase 3 según la condición corporal al parto (a) y el nivel de alimentación postparto de las vacas (b).

tiene por más tiempo que en las vacas AC. Los resultados obtenidos evidencian que el factor CC, más que el nivel de alimentación luego del parto, es determinante en el reinicio más temprano de la AO postparto. Similares resultados fueron reportados por Canfield *et al.* (1990) y Galvis *et al.* (2007), quienes detectaron que la CC al parto afecta el número de folículos hasta la quinta semana de lactancia. Vizcarra *et al.* (1998) señalan que las vacas primíparas para la producción de carne que paren con una adec-

lar y promover aumentos en la tasa preovulatoria en rumiantes (Downing *et al.*, 1995; Armstrong *et al.*, 2002). La INS tiene un efecto mitogénico a nivel folicular, promoviendo el crecimiento y diferenciación de las células de la granulosa y de la teca, y promoviendo su capacidad esteroidogénica (Wettemann y Bossis, 2000; Muñoz-Gutiérrez *et al.*, 2002). Este efecto puede ser ejercido en forma directa o a través de la estimulación de la secreción del factor de crecimiento parecido a INS tipo 1

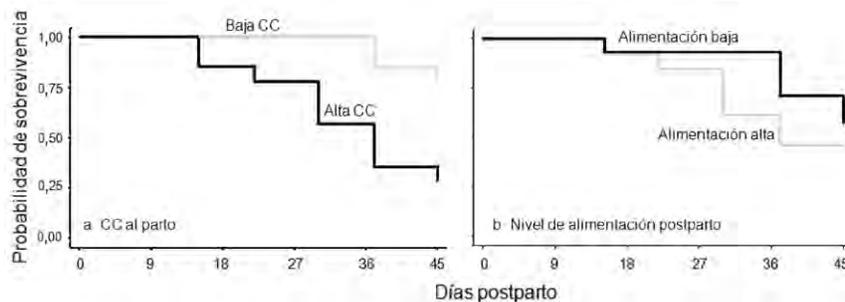


Figura 6. Análisis de supervivencia para la población de cuerpos lúteos según la condición corporal al parto (a) y el nivel de alimentación postparto de las vacas (b).

(IGF-1) hepático (Keisler y Lucy, 1996). A nivel central, la acumulación de energía en el tejido adiposo es percibida por el hipotálamo como una situación de balance energético positivo, provocando el inicio de la AO (Lucy *et al.*, 1991; Martínez *et al.*, 1998; Block *et al.*, 2003).

La leptina y la INS, a través de la modulación de la actividad del neuropéptido Y y del sistema IGF, constituyen una de las señales metabólicas y endocrinas que intervienen en la regulación del eje hipotálamo-hipófisis-gónada. En forma directa ha sido reportado que la INS puede afectar la secreción de GnRH/LH (Recabarren, 1994). Lo anterior permitiría explicar la mayor población de folículos de la C3 y el mayor número de CL de las vacas de AC en comparación con las BC y por lo tanto, el porqué la CC al parto es una variable determinante en el inicio de la actividad cíclica en vacas (Zulu *et al.*, 2002; Hess *et al.*, 2005; Lucy, 2008).

Conclusiones

A los 45 días postparto no pudieron evidenciarse los efectos del nivel de alimentación luego del parto sobre ninguna de las variables evaluadas. Sin embargo, la condición corporal (CC) al parto provocó cambios importantes en el metabolismo animal, evidenciados en la mayor producción de INS de las vacas de AC y, por lo tanto, en la ruta utilizada para captar la GLU disponible. En las vacas de BC, la reducción de la concentración de INS pudiera indicar una prioridad de utilización de la GLU hacia el tejido adiposo a través de transportadores de glucosa no dependientes de INS (GLUT-1). Por el contrario, en las vacas de AC, el mecanismo de captación de GLU por el tejido adiposo pudiera ser

dependiente de INS. El mecanismo de utilización de la GLU disponible en vacas mestizas postparto es aún poco claro, sobre todo en lo que respecta a la coordinación de nutrientes entre la producción de leche y/o la reposición de tejidos luego del parto. Desde el punto de vista reproductivo este trabajo confirma que la CC al parto es un factor determinante en el reinicio de la AO. Las vacas de alta CC al parto presentaron mayor población de folículos de la C3 y número de CL durante el periodo experimental que las vacas que parieron con baja CC.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es parte del proyecto G-2005000446, financiado por el FONACIT-MCT, Venezuela, en conjunto con UCV (FAGRO, FCV), UNERG y LUZ.

REFERENCIAS

Armstrong DG, Gong JG, Gardner JO, Baxter G, Hogg CO, Webb R (2002) Steroidogenesis in bovine granulosa cells: the effect of short-term changes in dietary intake. *Reproduction* 123: 371-378.

Beam SW, Butler WR (1999) Effects of energy balance on follicular development and first ovulation in postpartum dairy cows. *J. Reprod. Fertil.* 54: 411-424.

Bell AW, Bauman DE (1997) Adaptations of glucose metabolism during pregnancy and lactation. *J. Mammary Gland Biol. Neopl.* 2: 265-278.

Blake R, Custodio A (1984) Feed efficiency: a composite trait of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 67: 2075-2083.

Block SS, Rhoads RP, Bauman DE, Ehrhardt RA, McGuire MA, Crooker BA, Griinari JM, Mackle TR, Weber WJ, Van Amburgh ME, Boisclair YR (2003) Demonstration of a role for insulin in the regulation of leptin in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86: 3508-3515.

Bondi A (1989) *Nutrición Animal*. Acibia. Zaragoza, España. pp. 546.

Broster Ch, Broster V (1998) Body score of dairy cows. Review Article. *J. Dairy Res.* 65: 155-173.

Butler WR (2000) Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Anim. Reprod. Sci.* 60-61: 449-457.

Canfield RW, Sniffen CJ, Butler WR (1990) Effects of excess degradable protein on postpartum reproduction and energy balance

in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 73: 2342-2349.

Chilliard Y, Delavaud C, Bonnet M (2005) Leptin expression in ruminants: Nutritional and physiological regulations in relation with energy metabolism. *Domest. Anim. Endocrinol.* 29: 3-22.

Combellas J (1998) *Alimentación de Vacas de Doble Propósito y sus Crías*. Fundación Inlaca. Caracas, Venezuela. 196 pp.

Cronjé P, Pager M, Vlok E (2000) Nutrient partitioning and response to insulin challenge at different planes of nutrition during lactation in goats of high vs. low milk production potential. *S. Afric. J. Anim. Sci.* 30: 178-185.

Díaz T (1999) Dinámica del desarrollo folicular ovárico durante el ciclo estral en el bovino. *Rev. Fac. Cien. Vet. UCV* 40: 3-18.

Domínguez C, Garmendia J, Martínez N (2007) Influencia de la época de parto, la condición corporal y la suplementación sobre la actividad ovárica postparto de vacas mestizas bajo pastoreo mixto en el norte del estado Guárico, Venezuela. *Rev. Fac. Cien. Vet. UCV* 44: 37-50.

Domínguez C, Ruiz A, Pérez R, Martínez N, Drescher K, Pinto L, Arana R (2008) Efecto de la condición corporal al parto y del nivel de alimentación sobre la involución uterina, actividad ovárica, preñez y la expresión hipotalámica y ovárica de los receptores de leptina en vacas doble propósito. *Rev. Fac. Cien. Vet. UCV* 49: 23-26.

Downing JA, Joss J, Scaramuzzi RJ (1995) Ovulation rate and the concentrations of gonadotrophins and metabolic hormones in ewes infused with glucose during the late luteal phase of the oestrous cycle. *J. Endocrinol.* 146: 403-410.

Fattet IM, Jaurena G (1998) *El Estado Corporal de las Vacas Lecheras*. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 8 pp.

Galvis RD, Agudelo D, Saffon A (2007) Condición corporal, perfil de lipoproteínas y actividad ovárica en vacas Holstein en lactancia temprana. *Rev. Col. Cs. Pec.* 20:16-29.

Garnsworthy P, Jones G (1987) Influence of body condition at calving and dietary protein supply on voluntary food intake and performance in cows. *Anim. Prod.* 44: 347-353.

Haney PM (2004) Glucose transport in lactation. *Adv. Exp. Med. Biol.* 554: 253-261.

Henry RJ, Cannon DS, Winkelman J (1974) *Clinical Chemistry, Principles and Techniques*. Harper and Row, Nueva York, EEUU, 1059 pp.

Hess BW, Lake SL, Scholljegerdes EJ, Weston TR, Nayigihugu V, Molle

JDC, Moss GE (2005) Nutritional controls of beef cow reproduction. *J. Anim. Sci.* 83: 90-106.

Ingvartsen KL, Andersen JB (2000) Integration of metabolism and intake regulation: A review focusing on periparturient animal. *J. Dairy Sci.* 83: 1573-1597.

Jenet A, Fernández-Rivera S, Tegegne A, Wettstein HR, Senn M, Saurer M, Langhans W, Kreuzer M (2006) Evidence for different nutrient partitioning in Boran (*Bos indicus*) and Boran x Holstein cows when re-allocated from low to high or from high to low feeding level. *J. Vet. Med. Anim. Physiol. Pathol. Clin. Med.* 53: 383-393.

Keisler DH, Lucy MC (1996) Perception and interpretation of the effects of undernutrition on reproduction. *J. Anim. Sci.* 74: 1-17.

Komatsu T, Itoh F, Kushibiki S, Hodate K (2005) Changes in gene expression of glucose transporters in lactating and nonlactating cows. *J. Anim. Sci.* 83: 557-564.

Lucy MC (2008) Functional differences in the growth hormone and insulin-like growth factor axis in cattle and pigs: Implications for post-partum nutrition and reproduction. *Reprod. Domest. Anim.* 47: 31-39.

Lucy MC, Staples CR, Michel FM, Thatcher WW (1991) Energy balance and size and number of ovarian follicles detected by ultrasonography in early postpartum dairy cows. *J. Dairy Sci.* 74: 473-482.

Marques de Sá JP (2007) Survival analysis. En *Applied Statistics Using SPSS, STATISTICA, MATLAB and R*. Springer. Berlin Heidelberg, New York. Pp. 353-374.

Martínez N, Escobar A, López S, Combellas J, Gabaldón L (1998) Effect of strategic feed supplementation on productive and reproductive performance in dual purpose cows. En *Development of Feed Supplementation Strategic for Improving Ruminant Productivity on Small Holder Farms in Latin America through the Use of Immunoassay Techniques*. International Atomic Energy Agency. Piracicaba, Brasil. pp. 135-144.

Maza L, Vergara O, Álvarez J (2006) Condición corporal preparto y producción de leche sobre peso y condición corporal postparto de vacas mestizas. *Rev. MVZ Córdoba.* 11: 751-758.

McDonald P, Edwards RA, Greenhalgh JFD, Morgan CA (1999) *Nutrición Animal*. 5ª ed. Acibia. Zaragoza, España. 576 pp.

Moore K, Thatcher WW (2006) Major advances associated with reproduction in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 89: 1254-1266.

Muñoz-Gutiérrez M, Blache D, Martín GB, Scaramuzzi J (2002) Folliculogenesis and ovarian expression

of mRNA encoding aromatase in anoestrous sheep after 5 days of glucose or glucosamine infusion or supplementary lupin feeding. *Reproduction* 124: 721-731.

NRC (1989) *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 6ª ed. rev. National Academy Press. Washington, DC, EEUU. 157 pp.

Ørskov ER, Ryle M (1998) *Energy Nutrition in Ruminants*. Elsevier. Inglaterra, RU. 149 pp.

Pedron O, Cheli F, Senatore E, Baroli D, Rizzi R (1993) Effect of body condition score at calving on performance, some blood parameters, and milk fatty acid composition in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76: 2528-2535.

Recabarren SE (1994) Influencias metabólicas en el control de la secreción de gonadotropinas y somatotropina. En Recabarren SE (Ed.) *Simp. Relaciones Endocrinas Metabólicas durante el Crecimiento y la Reproducción*. Chillán, Chile. pp. 20-28.

Recabarren SE, Lobos A, Torres V, Oyarzo R (2001) Effect of food restriction on leptin and luteinizing hormone secretion in ewe lambs. *83rd Annu. Meet. Endocrine Society*, Denver, CO, EEUU. pp. 3-312.

Rose MT, Obara Y, Itoh F, Hashimoto H, Takahashi Y (1997) Non-insulin- and insulin-mediated glucose uptake in dairy cows. *J. Dairy Res.* 64:341-353.

Ruiz A, Domínguez C, Martínez N, Pinto L, Drescher K, Rossini M, Pérez R, Rojas J, Arana R, Fernández A, Jerez N (2008) Efecto del nivel de alimentación sobre la actividad ovárica, expresión de transportadores de glucosa y tolerancia a la insulina en vacas mestizas durante el posparto. *Zootec. Trop.* 26: 1-10.

SAS (1997) *Procedures of Statistical Analysis*. Ver. 6.12. SAS Institute. Cary, NC, EEUU.

Schneider JE (2004) Energy balance and reproduction. *Physiol. Behav.* 81:289-317.

Schwalm JW, Schultz LH (1975) Relationship of insulin concentration to blood metabolites in the dairy cow. *J. Dairy Sci.* 59: 255-261.

Vizcarra JA, Wettemann RP, Spitzer JC, Morrison DG (1998) 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. *J. Anim. Sci.* 76: 927-936.

Wettemann RP, Bossis I (2000) Energy intake regulates ovarian function in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 77: 1-10.

Zulu VC, Nakao T, Sawamukai Y (2002) Insulin-like growth factor-I as a possible hormonal mediator of nutritional regulation of reproduction in cattle. *J. Vet. Med. Sci.* 64: 657-665.