

PRODUCCIÓN LÁCTEA E INDICADORES ENERGÉTICOS EN VACAS LECHERAS SEMIESTABULADAS TRATADAS CON BAJAS DOSIS DE SOMATOTROPINA RECOMBINANTE BOVINA DURANTE EL PERÍODO DE TRANSICIÓN

Milk Production and Energy Indicators in Semi-housed Dairy Cows Treated With Low Doses of Recombinant Bovine Somatotropin During Transition Period

José Luíz Sánchez¹, Nicolás Tagle², Rodolfo Daetz³, Edgardo Duvauchelle³ y Mirela Noro^{4,5*}

¹Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad La Salle, Bogotá, Colombia. ²Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Mayor, Santiago, Chile. ³Departamento de Nutrición Animal, ANASAC, Parque Industrial, Lautaro, Chile.

⁴Instituto de Ciencias Clínicas Veterinarias, Universidad Austral de Chile. ⁵Curso de Medicina Veterinaria, Universidade Federal do Pampa, Uruguaiana, Brasil. *mirelanoro@gmail.com

RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar el efecto de la administración de bajas dosis de somatotropina recombinante bovina (rbST) sobre indicadores del balance energético y la producción láctea en vacas lecheras en sistema semi-estabulado durante el período de transición. Se utilizaron 72 vacas Holstein-Friesian divididas en un grupo tratamiento (rbST, n=36), tratadas desde la 3ª semana preparto a la 6ª semana posparto con 250 mg/14 días (d) de rbST; y un grupo control (C, n=36), no tratado. Se obtuvieron muestras de sangre en ambos grupos durante la administración de rbST para determinar la concentración de ácidos grasos no esterificados (NEFA), s-hidroxibutirato (sHBA), colesterol, urea y albúmina y la actividad de las enzimas aspartato amino transferasa (AST), glutamato deshidrogenasa (GD) y gama glutamil transferasa (GGT); además de la condición corporal y peso. La producción láctea fue registrada desde el parto hasta la 7ª semana posparto. La concentración y actividad de los indicadores del balance energético fue similar entre grupos ($P>0,05$) y la producción láctea fue mayor en el grupo rbST que en el control (36,3 vs. 34,3 L/vaca/d; $P<0,05$). El porcentaje de presentación de enfermedades del periparto y los parámetros reproductivos fueron similares ($P>0,05$), excepto metritis que fue mayor en el grupo control que en rbST (22,2 vs 5,4%; $P<0,05$). Los resultados obtenidos permiten inferir que el uso de bajas dosis de rbST

en periodo de transición aumenta la producción láctea sin deteriorar el balance energético.

Palabras clave: Balance energético, producción láctea, parto, período de transición, somatotropina.

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the effect of low doses of recombinant bovine somatotropin (rbST) on energy balance parameters and milk production in transition dairy cows on a semi-housed system. Seventy two Holstein-Friesian cows were used and allotted in: treatment group (rbST, n=36), treated from 3^d prepartum to 6th postpartum week with 250 mg/14 days (d) of bST and control group (C, n=36), not treated. Blood samples were obtained during rbST treatment from both groups to determine non esterified fatty acids (NEFA), s-hydroxybutyrate (sHBA), cholesterol, urea and albumin concentrations and aspartate amino transferase (AST), glutamate dehydrogenase (GD) y gamma glutamil transferase (GGT) enzyme activities; body condition and live weight as well. Milk production was registered since partum to 7th postpartum week. Energy balance parameters were similar between groups ($P>0.05$) and milk production was higher in rbST than C (36.3 vs. 34.3 L/cow/d, $P<0.05$). The percentage of diseases presentation and reproductive parameters in both groups was similar ($P>0.05$), except for metritis being higher in control group (22.2 vs 5.4%; $P<0.05$). Results obtained allow to infer that the treatment of grazing dairy cows with low

doses of rbST in transition period increases milk production without a detrimental effect on energy balance.

Key words: Energy balance, milk production, prepartum, transition period, somatotropin.

INTRODUCCIÓN

El período de transición, comprendido entre las tres últimas semanas preparto y las tres primeras posparto es una fase de vital importancia para la salud y productividad de la vaca lechera (*Bos taurus*), pues constituye el paso de la gestación a la lactancia. La desviación de la mayoría de los nutrientes absorbidos para el máximo desarrollo fetal, aunada a la disminución gradual del consumo voluntario y sobredemanda energética para la producción láctea (PL) son algunos de los eventos que caracterizan y confieren importancia a este período [1]. Dado que el aporte energético proveniente de la dieta es insuficiente para sostener los requerimientos se produce un balance energético negativo (BEN) [11] afectando la salud, reproducción y productividad del rebaño durante la lactancia vigente [4, 7]. Como respuesta al desbalance se activa la movilización de grasa y proteínas de las reservas corporales, para suministrar la energía necesaria para las necesidades de mantenimiento y producción [10]. Si bien este mecanismo provee energía adicional, la movilización excesiva de lípidos puede sobrepasar la capacidad de utilización hepática como fuente de energía culminando en la síntesis de cuerpos cetónicos y hepatolipidosis cuando la cetogénesis no está totalmente estimulada [37]; una después a su vez cuando las concentraciones de cuerpos cetónicos sobrepasan su uso como fuente de energía, las vacas pueden desarrollar cetosis [12].

Diversas estrategias han sido empleadas para contrarrestar los efectos del BEN en el período de transición, dirigidas hacia la optimización del manejo nutricional, antes y después del parto, para favorecer el suministro de energía y la mayor PL. De acuerdo con este propósito se han realizado diversos estudios relacionados con la administración de somatotropina recombinante bovina (rbST) en el preparto y posparto [15, 24, 33], donde se observó un efecto positivo sobre la PL y metabolismo energético. Esto es importante debido a que el uso de la rbST, por un lado, estimula la disminución del uso de glucosa por parte de los tejidos corporales y mejora el aprovechamiento de los aminoácidos como sustrato energético cuando el balance energético es adecuado, y por otro lado, promueve la oxidación de las reservas corporales cuando las vacas presentan BEN [2]. Otros estudios documentan que, el uso de bajas dosis de rbST en el período de transición además de mejorar el desempeño productivo de la vaca [14, 16] disminuye la presentación de enfermedades metabólicas en el periparto [17].

Si bien algunos estudios han evaluado el uso de la rbST desde el preparto, los efectos sobre la PL y la respuesta metabólica encontrada no necesariamente se aplican a sistemas

semi-intensivos basados en el pastoreo. Por lo tanto, el objetivo del estudio fue determinar el efecto de la administración de rbST en dosis bajas de liberación lenta, desde el período de transición preparto sobre los indicadores energéticos y la producción láctea de vacas lecheras a pastoreo semi-intensivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación. El estudio fue conducido en un predio lechero comercial semi-intensivo ubicado en Río Bueno, Región de los Ríos, Chile, ubicado a los 40°19'0" LS y 72°58'0" LO, entre los meses de marzo a agosto. El clima predominante de la región es templado, cálido y lluvioso de costa occidental con una pluviosidad promedio de 1.200 mm anuales, alcanzando los 1.600 mm en invierno [8].

Animales y delineamiento experimental. Se utilizaron 72 vacas Holstein-Friesian de 5 ± 2 años y 4 ± 2 partos, asignadas aleatoriamente a las 4 ± 1 semanas (sem) previas a la fecha estimada de parto a dos grupos: tratado (bST, n=36) y control (C, n=36). Los promedios de peso vivo (PV) y condición corporal (CC) inicial de las vacas fue de 780 ± 95 kg y $3,59 \pm 0,32$ para el grupo bST y 754 ± 85 kg y $3,42 \pm 0,33$ para el grupo control ($P > 0,05$), respectivamente. Las vacas del grupo bST fueron tratadas bisemanalmente con rbST de liberación lenta (Boostin®-250, 250 mg, 2 mL, LG Life Sciences, Animal Health, Seoul, Korea) realizándose en la 3ª, 1ª \pm 1 sem preparto y se continuó en la 1ª, 3ª y 5ª sem posparto, en la fosa isquiorrectal después de la ración (10:00 horas (h)) y ordeño de la mañana (7:00 h). Las vacas del grupo control no fueron tratadas.

Manejo y dieta de los animales. En el preparto, las vacas de ambos grupos fueron mantenidas en un corral sin acceso a pradera y la ración se ofreció en comederos colectivos. La dieta suministrada se dividió en dos raciones equitativas (7:00 y 16:00 h), constituida de 4 kg de heno de pradera (*Lolium perenne*), 2 kg de heno de trigo (*Triticum aestivum*), 5 kg de ensilaje de maíz (*Zea mays*), 0,5 kg de maíz hojuelado, 2 kg de torta de raps (*Brassica napus*), 1 kg de torta de soya (*Glycine max*), 0,38 kg de mezcla mineral preparto (Anasal preparto, ANASAC, Chile) y 0,1 kg/vaca/día (d) de cloruro de sodio. En el posparto, las vacas fueron manejadas como un único grupo pastoreando 9,2 kg MS/vaca/d de *Lolium perenne* (consumo aparente, calculado por la oferta de pastura a la ras del suelo y el residuo pos pastoreo, con uso de un plato medidor de forraje) y la ración fue suministrada en comederos colectivos, constituida de 0,5 kg de heno de trigo, 3 kg de ensilaje de maíz, 6 kg de maíz hojuelado, 1,8 kg de torta de raps, 0,5 kg de torta de gluten de maíz, 0,35 kg de mezcla mineral (Anasal pastoreo, ANASAC, Chile) y 0,08 kg/vaca/d de sulfato de magnesio. Las vacas fueron ordeñadas tres veces al d (5:00, 11:00 y 17:00 h). Durante el desarrollo del experimento, las vacas de ambos grupos no recibieron otro tipo de tratamiento.

Obtención y análisis de las muestras. Las muestras de sangre se obtuvieron mediante venopunción coccígea previo a la administración de la rbST. En el parto se obtuvieron muestras de sangre en la 4^a, 3^a y 1^a sem. En posparto se obtuvieron muestras de sangre en la 1^a, 2^a, 3^a, 4^a y 6^a sem. Para la obtención de las muestras se utilizó agujas Vacutainer® (2,54 cm, 21G) y se depositaron en tubos sin anticoagulante (10x100 mm, Becton Dickinson, Fairlawn, NJ, EUA). Una vez en el laboratorio, las muestras fueron centrifugadas a 3.000 g por 10 minutos (Centrifuga Beckman® modelo TJ6, Beckman Coulter Inc., Brea, CA, EUA) para la obtención del suero, el cual fue transferido a microtubos de 1,5 mL debidamente rotulados y almacenados a -20°C (Freezer 420, Consul®, CFC Free, Brasil) hasta su posterior análisis. En las muestras de suero se determinó las concentraciones de ácidos grasos no esterificados (NEFA, ACS-ACOD, Wako® Chemicals USA Inc., Richmond, VA, EUA), s-hidroxi butirato (sHBA, 3-HBDH, Randox® Laboratories Ltd., Crumlin, Co. Antrim, Reino Unido), colesterol (CHOD-PAP, Human®, Wiesbaden, Alemania), urea (GLDH, Human®, Wiesbaden, Alemania) y albúmina (BCG, Human®, Wiesbaden, Alemania), y la actividad de las enzimas aspartato amino transferasa (AST, EC 2.6.1.1, Human®, Wiesbaden, Alemania), glutamato deshidrogenasa (GD, EC 1.4.1.2, Diasys® Diagnostic Systems GmbH, Holzheim, Alemania) y gama glutamil transferasa (GGT, EC 2.3.2.2, Human®, Wiesbaden, Alemania). Para todos los procedimientos mencionados se utilizó un espectrofotómetro automático Metrolab 2300 (Wiener Lab®, Rosario, Argentina).

El PV y la CC fueron registrados inmediatamente después de la obtención de las muestras de sangre. La determinación de la CC se realizó considerando una escala de 1 a 5 (1=delgada y 5=obesa) a intervalos de 0,25 puntos [13] y el PV fue obtenido mediante el uso del software agrícola Cli-Win® y el uso de una báscula electrónica Tru-Test® XR3000 (Nueva Zelanda). Los datos de PL fueron registrados diariamente desde la 1^a hasta la 7^a sem de lactancia en medidores de leche DeLaval MM25® instalados en una sala de ordeño rotatoria Turn Styles® PR (DeLaval International AB, Tumba, Suecia).

Los datos de salud de las vacas fueron obtenidos de los registros del veterinario del predio, los cuales incluyeron la presentación de enfermedades del periparto como mastitis, metritis, fiebre de leche, claudicaciones y retención placentaria. Para los datos reproductivos se consideraron los días (d) del parto al primer servicio y servicios por concepción para ambos grupos, los cuales fueron registrados en planillas reproductivas hasta la tercera inseminación.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados en cuanto a normalidad y homocedasticidad [32] usando el programa estadístico Statistix 8.0 [36]. El efecto del tratamiento sobre la PL, así como sobre los indicadores sanguíneos se compararon mediante un modelo lineal general AOV/AOCV considerando los períodos

pre y postparto por separado [35]: $Y_{ij} = \mu + T_i + S_j + TS_{ij} + v_{ij}$, donde: Y_{ij} = el efecto calculado, μ = el promedio general, T_i = efecto del i-ésimo tratamiento, S_j = efecto de la j-ésima semana, TS_{ij} = interacción tratamiento y semana; y v_{ij} = error. Aquellas variables que no siguieron una distribución normal fueron analizadas mediante un test de Kruskal-Wallis o una prueba de Wilcoxon – Mann Whitney [31]. Adicionalmente, se realizaron pruebas de Ji-cuadrado o Fischer [29] para establecer las diferencias en la presentación de cetosis subclínica entre los tratamientos estableciendo el punto de corte para la presentación de cetosis subclínica cuando sHBA > 1,2 mmol/L [12], presentación de BEN en el parto cuando NEFA > 400 μ mol/L y en el posparto cuando las concentraciones de sHBA > 0,6 mmol/L o de NEFA de > 700 μ mol/L [6], presentación de enfermedades del periparto (metritis, retención de placenta, claudicaciones y fiebre de leche) y porcentaje de preñez al primer servicio.

El cálculo de las pendientes de CC, PV y PL de cada vaca se realizó usando modelos de regresión lineal, y su resultado fue comparado usando la prueba de *t* de Student, cuando su distribución fue paramétrica, o la prueba de U (Mann-Whitney) cuando su distribución fue no paramétrica [31]. Para todos los análisis se consideró una diferencia estadísticamente significativa cuando $P < 0,05$ [30].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las concentraciones promedio de los indicadores energéticos en el parto y posparto se encuentran en la TABLA I, y sus variaciones durante el ensayo se observan en las FIG. 1 y 2.

Preparto. Las concentraciones de los indicadores energético, proteínicos y de integridad hepática, NEFA, sHB, colesterol, albúmina, urea, AST, GGT y GD, así como la CC y el PV fueron similares entre grupos ($P > 0,05$). Sin embargo, en ambos grupos se observaron concentraciones de NEFA superiores al límite de referencia (<400 μ mol/L, FIG. 1a), con alta presentación de BEN (rbST=40,5%, C=50%; $P > 0,05$) y baja presentación de cetosis (rbST=2,7%, C=0%; $P > 0,05$) parto. En el período de transición se presenta una resistencia a insulina, caracterizada por la disminución de la entrada de glucosa a las células del tejido adiposo y musculo-esquelético, asegurando la redistribución de los nutrientes que serán destinados a la glándula mamaria, obligando a la vaca a movilizar sus reservas lipídicas lo cual resulta en el incremento de las concentraciones de NEFA y cuerpos cetónicos para favorecer el suministro energético [19]. Las concentraciones de los indicadores del balance energético varían dependiendo del balance energético, el cual cuando es negativo tiene consecuencias en el posparto como pérdida de PV y CC, baja IMS y predisposición a enfermedades del periparto [20]. Se ha descrito que la presentación de BEN en parto incrementa la predisposición a la presentación de lipidosis hepática en el

TABLA I
VALORES DE INDICADORES ENERGÉTICOS ($\bar{X} \pm DE$) EN VACAS LECHERAS TRATADAS CON SOMATOTROPINA EN DOSIS BAJAS (bST) Y CONTROLES DESDE EL PERÍODO DE TRANSICIÓN PREPARTO HASTA LA 6ª SEMANA POSPARTO

Variable	Preparto				Postparto			
	bST	Control	P	P trat*sem	bST	Control	P	P trat*sem
NEFA ($\mu\text{mol/L}$)	540 \pm 395	381 \pm 200	0,5577	0,0731	748 \pm 706	634 \pm 294	0,6094	0,1741
sHBA (mmol/L)	0,33 \pm 0,19	0,40 \pm 0,15	0,5766	0,1723	0,70 \pm 0,60	0,76 \pm 0,63	0,5309	0,1397
AST (UI/L)	123 \pm 53	115 \pm 58	0,3913	0,5022	149 \pm 65	145 \pm 56	0,6499	0,6888
GD (UI/L)	27 \pm 17	25 \pm 14	0,7443	0,3074	50 \pm 65	52 \pm 85	0,6630	0,0208
GGT (UI/L)	41 \pm 11	33 \pm 11	0,0895	0,7187	44 \pm 28	38 \pm 14	0,3766	0,9573
Colesterol (mmol/L)	2,40 \pm 0,72	2,67 \pm 0,58	0,9898	0,0056	3,01 \pm 1,04	3,23 \pm 1,11	0,1309	0,0013
Albúmina (g/L)	38 \pm 1,9	37 \pm 3,0	0,7707	0,5989	36 \pm 4,8	36 \pm 3,6	0,1747	0,4943
Urea (mmol/L)	4,40 \pm 1,48	4,91 \pm 1,11	0,5408	0,0516	6,85 \pm 1,74	7,20 \pm 1,79	0,1202	0,6652
CC (1-5)	3,57 \pm 0,25	3,54 \pm 0,28	0,6086	0,8031	3,23 \pm 0,28	3,19 \pm 0,31	0,2214	0,4730
Peso (kg)	794 \pm 84	781 \pm 86	0,1138	0,5499	653 \pm 74	654 \pm 76	0,8664	0,1463
UCC/sem (1-5)*	-0,007 \pm 0,042	0,0049 \pm 0,042	0,1041	-	-0,077 \pm 0,007	-0,049 \pm 0,007	0,0192	-
UPeso/sem (kg)†	-	-	-	-	-3,13 \pm 0,29	-2,95 \pm 0,26	0,6427	-
Prod láctea (L/día)#	-	-	-	-	36,3 \pm 10,5	34,3 \pm 9,7	0,0230	0,0000
UProd láctea##	-	-	-	-	2,40 \pm 0,28	1,71 \pm 0,29	0,0944	-

* UCC/sem= Pendiente de la condición corporal; †UPeso/sem= Pendiente del peso semanal; #litros/vaca/día, determinada hasta la 7ª semana; ## U Prod láctea= Pendiente de producción láctea semanal (L/vaca/semana).

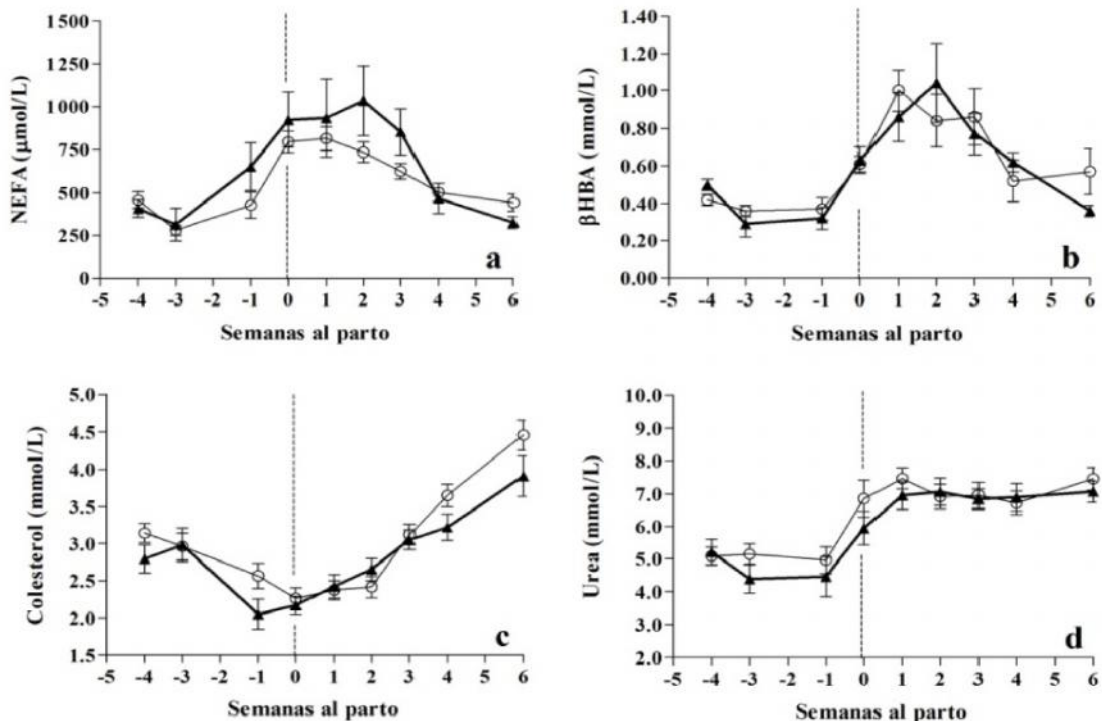


FIGURA 1. CONCENTRACIONES SÉRICAS ($\bar{X} \pm EE$) DE ^aÁCIDOS GRASOS NO ESTERIFICADOS (NEFA), ^bS-HIDROXIBUTIRATO (sHBA), ^cCOLESTEROL Y ^dUREA DESDE EL PERÍODO DE TRANSICIÓN PREPARTO HASTA LA 6ª SEMANA POSPARTO EN VACAS LECHERAS TRATADAS CON DOSIS BAJAS DE SOMATOTROPINA RECOMBINANTE BOVINA (†) Y CONTROLES (○).

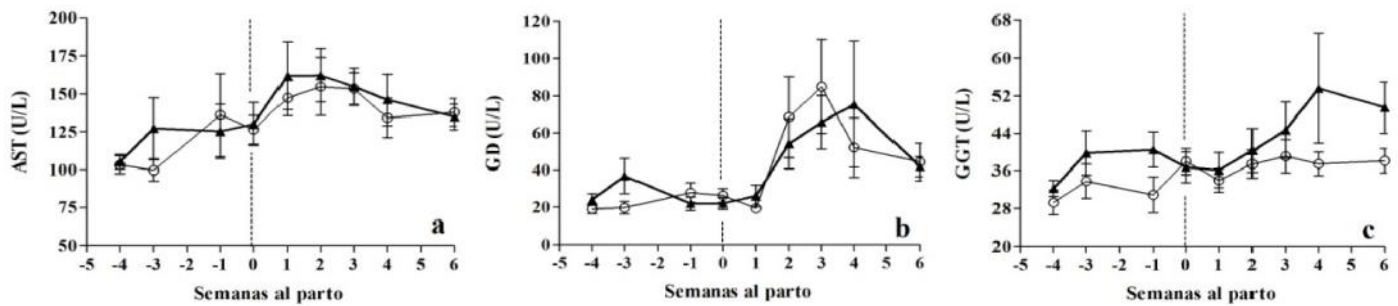


FIGURA 2. ACTIVIDAD ENZIMÁTICA SÉRICA ($\bar{X} \pm EE$) DE ^aAST, ^aGD Y ^cGGT DESDE EL PERÍODO DE TRANSICIÓN PREPARTO HASTA LA 6ª SEMANA POSPARTO EN VACAS LECHERAS TRATADAS CON DOSIS BAJAS DE SOMATOTROPINA RECOMBINANTE BOVINA (†) Y CONTROLES (◊).

posparto y otras enfermedades del periparto como retención placentaria, cetosis y mastitis [22, 23].

Si bien las concentraciones plasmáticas promedio de colesterol fueron similares entre los grupos ($P > 0,05$), entre la 3ª y 1ª sem preparto el grupo control presentó mayores concentraciones que en el grupo rbST ($P < 0,05$; FIG. 1c), indicando un menor grado de movilización lipídica y posiblemente mayor IMS permitiendo mayor síntesis de colesterol en el preparto [18]. Por otro lado, la actividad plasmática de GGT sobrepasó el límite superior de referencia en ambos tratamientos (> 39 UI/L, FIG. 2c) indicando una lesión hepatocanicular posiblemente asociada a micotoxicosis o lipidosis hepática [5, 27]. El PV, CC y la pendiente de CC fueron similares entre grupos ($P > 0,05$), los que corroborados por el comportamiento de los indicadores energéticos sanguíneos indica que el balance energético en el preparto fue similar entre los grupos.

Posparto. Similar al observado en el preparto, las concentraciones plasmáticas de los indicadores energéticos y proteínicos, NEFA, sHBA, colesterol, urea y albúmina, así como la actividad plasmática de AST, GD y GGT y la presentación de cetosis subclínica (rbST=32,4%, C=50%) fueron similares entre los grupos ($P > 0,05$), y en el caso del grupo control, con valores superiores a la presentación previamente observada en vacas de la misma región [6]. Sin embargo las concentraciones de NEFA sobrepasaron los límites de referencia a la primera semana del parto (NEFA < 700 $\mu\text{mol/L}$; FIG. 1a), retornando a valores fisiológicos después de la 3ª sem posparto, equiparándose a los resultados obtenidos en otros estudios [15, 16]. Como la producción de los cuerpos cetónicos está en función del grado de oxidación de los NEFA, se esperaría un leve incremento en la síntesis de sHBA en el grupo bST, no obstante, este aumento no fue observado, coincidiendo con los resultados de otros estudios [15, 33]. Por otro lado, la actividad sérica de las enzimas GD y GGT (TABLA I; FIG. 2, b y c, respectivamente); sobre el límite superior de referencia indica presencia de un daño hepático [38], el cual en este caso podría deberse a lipidosis hepática o consumo de concentrados y/o pradera contaminada con micotoxinas [5, 27].

Las concentraciones de urea, aunque fueron similares entre los grupos, sobrepasaron el límite de referencia, lo cual está relacionado con una asincronía entre energía y proteína degradable en el rumen (PDR) posiblemente asociado al consumo de pradera con alto contenido de proteína bruta y bajo aporte de energía [28].

La PL fue mayor ($P < 0,05$; TABLA I) en el grupo bST que en el grupo control (FIG. 3) en 2,0 L/vaca/d sugiriendo que la administración de la rbST desde el preparto estimula una leve pero mayor PL láctea en vacas al comienzo de la lactación sin alterar su metabolismo energético, probablemente por una adaptación metabólica y partición de nutrientes generada por la rbST. Otros estudios realizados en sistemas de estabulación intensiva usando la rbST en dosis bajas de liberación lenta desde el preparto encontraron un incremento de 2,4 L/vaca/d en la PL en animales tratados durante dos años consecutivos [16]; 4,6 L/vaca/día en una lactancia completa [24] y 3,3 L/vaca/d cuando fueron tratados únicamente en el período de transición preparto con dosis completa [33].

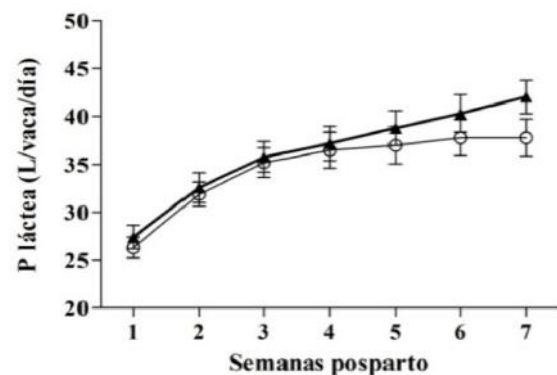


FIGURA 3. PRODUCCIÓN LÁCTEA ($\bar{X} \pm EE$) EN VACAS LECHERAS TRATADAS CON DOSIS BAJAS DE SOMATOTROPINA RECOMBINANTE BOVINA (†) Y CONTROLES (◊) DESDE EL PERÍODO DE TRANSICIÓN.

El PV y la CC registrados en el posparto mostraron un comportamiento similar ($P>0,05$) entre los grupos (TABLA I; FIG. 4a y b, respectivamente); sin embargo, la pendiente de la CC durante el período experimental indica que las vacas del grupo rbST ($P<0,05$; TABLA I) movilizaron en un mayor grado sus reservas corporales para aportar más sustratos para sostener la mayor PL.

Presentación de enfermedades clínicas y tasas reproductivas. La presentación de retención de placenta (rbST=10,8%; C=5,5%), claudicaciones (rbST=19%; C=14%) y fiebre de leche (rbST=11,8%; C=2,8%) fue similar entre los grupos ($P>0,05$). A su vez, las vacas tratadas evidenciaron una menor presentación de metritis (rbST=5,4%) que los controles (C=22,2%; $P=0,046$). Por otro lado, un meta análisis reportó que el empleo de la rbST incrementó la presentación de mastitis clínica en un 25% durante el período de tratamiento y en un 19,4% la presentación de casos de mastitis clínica durante la lactancia [9].

En los datos reproductivos analizados se encontró un comportamiento similar entre grupos ($P>0,05$) para los d al primer servicio (rbST= 72 ± 30 d; C= 74 ± 19 d) y servicios por concepción (rbST= $1,9 \pm 1,1$; C= $1,7 \pm 1,0$) indicando que el incremento en la PL no repercutió sobre la fertilidad de las vacas tratadas. Un estudio observó una disminución en los d de retorno a la actividad ovárica posparto y aumento en la PL (2,8 L) en vaquillas tratadas con 500 mg/14 d rbST en el preparto [35]. Sin embargo, este es un tema controversial debido a los diferentes efectos descritos del impacto de la rbST en la reproducción. Se ha observado que, cuando la rbST es administrada en el posparto mejora las tasas de concepción en vacas Holstein al momento de la inseminación e incrementa las tasas de preñez [26] asociado al incremento del factor de crecimiento insulínico tipo I (IGF-I), el cual se ha reportado que favorece la supervivencia embrionaria estimulando el desarrollo del folículo ovulatorio y la maduración ovocitaria [21]. Por otro lado, se ha reportado un incremento en el intervalo entre partos [3], reducción en la manifestación del es-

tro [34] e incremento en los d abiertos y la incidencia de ovarios císticos con el uso de rbST [9].

Según los resultados obtenidos, el tratamiento con dosis bajas de rbST no altera el balance energético de las vacas lecheras. Esto coincide con los resultados obtenidos en un estudio donde se utilizó dosis mayores de rbST con diferentes cantidades de proteína dietética en el preparto [33]. Por otro lado, se encontró en otro estudio realizado con rbST preparto que las vacas incrementaron su IMS y produjeron más leche independiente del BEN debido probablemente al incremento acelerado del consumo a pocos d del parto para aportar la energía faltante para la producción [25]. Es necesario realizar futuras investigaciones que involucren el empleo de bajas dosis de rbST en vacas en transición a pastoreo, para determinar los efectos de la hormona sobre la IMS, como también es importante ver el efecto de la rbST en bajas dosis durante toda la lactancia sobre los indicadores energéticos y proteínicos, de salud y reproducción.

CONCLUSIONES

Los resultados permiten inferir que el uso de la somatotropina recombinante bovina en el período de transición incrementa gradualmente la PL sin deteriorar el balance energético, cuando es usada en bajas dosis desde el preparto. Las vacas tratadas tendieron a movilizar mayores cantidades de tejido adiposo para brindar energía para la producción y mantención. Los indicadores de salud y reproducción no se vieron afectados por el uso de la bST durante el período experimental.

AGRADECIMIENTO

A Agrícola Nacional Sociedad Anónima Comercial (ANASAC), Chile, por financiar el estudio.

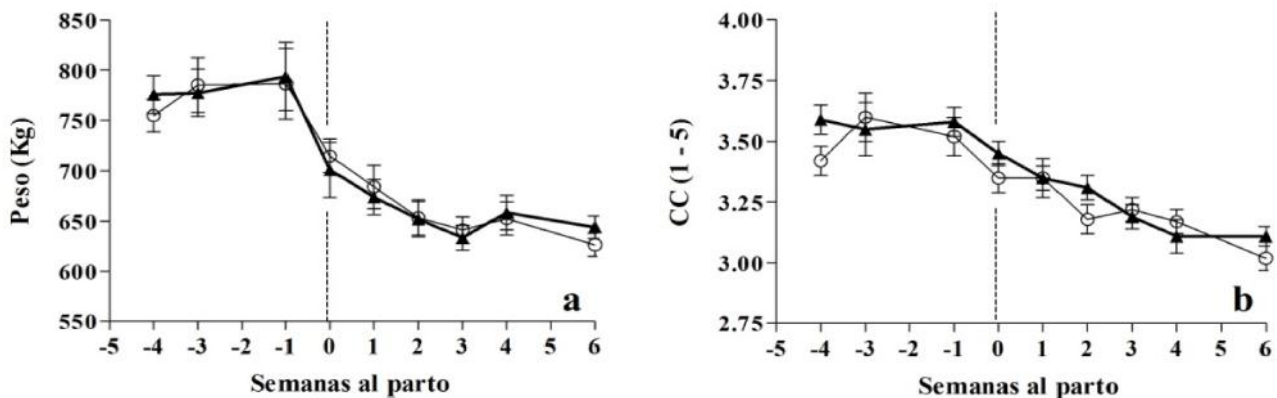


FIGURA 4. ^aPESO Y ^bCONDICIÓN CORPORAL ($\bar{X} \pm EE$) DESDE EL PERÍODO DE TRANSICIÓN PREPARTO HASTA LA 6ª SEMANA POSPARTO EN VACAS LECHERAS TRATADAS CON DOSIS BAJAS DE SOMATOTROPINA RECOMBINANTE BOVINA (▲) Y CONTROLES (○).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BANOS, G.; COFFEY, M.P.; BROTHERSTONE, S. Modeling daily energy balance of dairy cows in the first three lactations. **J. Dairy Sci.** 88: 2226-2237. 2005.
- [2] CARRIQUIRY, M.; WEBER, W.J.; CROOKER, B.A. Administration of bovine somatotropin in early lactation: a meta-analysis of production responses by multiparous Holstein cows. **J. Dairy Sci.** 91: 2641-2652. 2008.
- [3] CEELLEN, H.J. Bovine somatotropin and cow health—what are the facts? **Can. Vet. J.** 36: 25-27. 1995.
- [4] COFFEY, M.P.; EMMANS, G.C.; BROTHERSTONE, S. Genetic evaluation of dairy bulls for energy balance traits using random regression. **Anim. Sci.** 73: 29-40. 2001.
- [5] COPPOCK, C.E. Mineral utilization by the lactating cow-chloride. **J. Dairy Sci.** 69: 595-603. 1986.
- [6] CUCUNUBO, L.G.; STRIEDER-BARBOZA, C.; WITWER, F.; NORO, M. Diagnóstico de cetosis subclínica y balance energético negativo en vacas lecheras mediante el uso de muestras de sangre, orina y leche. **Rev. Cient. FCV-LUZ.** XXIII(2): 111-119. 2013.
- [7] DE VRIES, M.J.; VEERKAMP, R.F. Energy balance of dairy cattle in relation to milk production variables and fertility. **J. Dairy Sci.** 83: 62-69. 2000.
- [8] DIRECCIÓN METEOROLÓGICA DE CHILE. Informe de precipitaciones. 2012. En línea: <http://www.meteochile.cl/precipitacion.html>. 12 diciembre 2012.
- [9] DOHOO, I.R.; LESLIE, K.; DESCOTEAUX, L.; FREDEEN, A.; DOWLING, P.; PRESTON, A.; SHEWFELT, W. A meta-analysis review of the effects of recombinant bovine somatotropin. 1. Methodology and effects on production. **Can. J. Vet. Res.** 67: 241-251. 2003.
- [10] DRACKLEY, J.K.; OVERTON, T.R.; DOUGLAS, G.N. Adaptations of glucose and long-chain fatty acid metabolism in liver of dairy cows during the periparturient period. **J. Dairy Sci.** 84: E100-E112. 2001.
- [11] DRACKLEY, J.K.; RICHARD, M.J.; BEITZ, D.C.; YOUNG, J.W. Metabolic changes in dairy cows with ketonemia in response to feed restriction and dietary 1,3-butanediol. **J. Dairy Sci.** 75: 1622-1634. 1992.
- [12] DUFFIELD, T.F.; LISSEMORE, K.D.; MCBRIDE, B.W.; LESLIE, K.E. Impact of hyperketonemia in early lactation dairy cows on health and production. **J. Dairy Sci.** 92: 571-580. 2009.
- [13] FERGUSON, J.D.; GALLIGAN, D.T.; THOMSEN, N. Principal descriptors of body condition score in Holstein cows. **J. Dairy Sci.** 77: 2695-2703. 1994.
- [14] GULAY, M.S.; GARCIA, A.N.; HAYEN, M.J.; WILCOX, C.J.; HEAD, H.H. Responses of Holstein cows to different bovine somatotropin (bST) treatments during the transition period and early lactation. **Asian-Aust. J. Anim. Sci.** 17: 784-793. 2004.
- [15] GULAY, M.S.; HAYEN, M.J.; LIBONI, M.; BELLOSO, T.I.; WILCOX, C.J.; HEAD, H.H. Low doses of bovine somatotropin during the transition period and early lactation improves milk yield, efficiency of production, and other physiological responses of Holstein cows. **J. Dairy Sci.** 87: 948-960. 2004.
- [16] GULAY, M.S.; HAYEN, M.J.; TEIXEIRA, L.C.; WILCOX, C.J.; HEAD, H.H. Responses of Holstein cows to a low dose of somatotropin (bST) prepartum and postpartum. **J. Dairy Sci.** 86: 3195-3205. 2003.
- [17] GULAY, M.S.; LIBONI, M.; HAYEN, M.J.; HEAD, H.H. Supplementing Holstein cows with low doses of bovine somatotropin prepartum and postpartum reduces calving-related diseases. **J. Dairy Sci.** 90: 5439-5445. 2007.
- [18] GURETZKY, N.A.; CARLSON, D.B.; GARRETT, J.E.; DRACKLEY, J.K. Lipid metabolite profiles and milk production for Holstein and Jersey cows fed rumen-protected choline during the periparturient period. **J. Dairy Sci.** 89: 188-200. 2006.
- [19] JANOVICK, N.A.; BOISCLAIR, Y.R.; DRACKLEY, J.K. Prepartum dietary energy intake affects metabolism and health during the periparturient period in primiparous and multiparous Holstein cows. **J. Dairy Sci.** 94: 1385-1400. 2011.
- [20] JANOVICK, N.A.; DRACKLEY, J.K. Prepartum dietary management of energy intake affects postpartum intake and lactation performance by primiparous and multiparous Holstein cows. **J. Dairy Sci.** 93: 3086-3102. 2010.
- [21] JOUSAN, F.D.; HANSEN, P.J. Insulin-like growth factor-I as a survival factor for the bovine preimplantation embryo exposed to heat shock. **Biol. Reprod.** 71: 1665-1670. 2004.
- [22] LACETERA, N.; BERNABUCCI, U.; RONCHI, B.; NARDONE, A. Effects of subclinical pregnancy toxemia on immune responses in sheep. **Am. J. Vet. Res.** 62: 1020-1024. 2001.
- [23] LEBLANC, S.J.; LESLIE, K.E.; DUFFIELD, T.F. Metabolic predictors of displaced abomasum in dairy cattle. **J. Dairy Sci.** 88: 159-170. 2005.
- [24] LIBONI, M.; GULAY, M.; HAYEN, M.J.; BELLOSO, T.I.; HEAD, H.H. Supplementation of Holstein cows with low doses of bovine somatotropin (bST) prepartum and postpartum affects physiological adaptations and milk production. **Asian-Aust. J. Anim. Sci.** 21: 404-413. 2008.
- [25] MOALLEM, U.; FOLMAN, Y.; SKLAN, D. Effects of somatotropin and dietary calcium soaps of fatty acids in

- early lactation on milk production, dry matter intake, and energy balance of high-yielding dairy cows. **J. Dairy Sci.** 83: 2085-2094. 2000.
- [26] MOREIRA, F.; ORLANDI, C.; RISCO, C.A.; MATTOS, R.; LOPES, F.; THATCHER, W.W. Effects of presynchronization and bovine somatotropin on pregnancy rates to a timed artificial insemination protocol in lactating dairy cows. **J. Dairy Sci.** 84: 1646-1659. 2001.
- [27] NORO, M.; CID, P.; WAGEMANN, C.; ARNÉS, V.; WITTEWER, F. Valoración diagnóstica de enzimas hepáticas en perfiles bioquímicos sanguíneos de vacas lecheras. **Rev. MVZ Córdoba.** 18: 3474-3479. 2013.
- [28] NORO, M.; WITTEWER, F. Relationships between ureagenesis and gluconeogenesis in ruminants fed a high content of nitrogen. **Vet. Méx.** 43: 143-154. 2012.
- [29] PETRIE, A.; WATSON, P. The Chi-squared test comparing proportions. In: Petrie, A., Watson, P., (Eds). **Statistics for Veterinary and Animal Science**, Wiley-Blackwell: Oxford. Pp 107-120. 2006.
- [30] PETRIE, A.; WATSON, P. An introduction to hypothesis testing. In: Petrie, A., Watson, P., (Eds). **Statistics for Veterinary and Animal Science**, Wiley-Blackwell: Oxford. Pp 73-82. 2006.
- [31] PETRIE, A.; WATSON, P. Non-parametric statistic methods. In: Petrie, A., Watson, P., (Eds). **Statistics for Veterinary and Animal Science**, Wiley-Blackwell: Oxford. Pp 158-173. 2006.
- [32] PETRIE, A.; WATSON, P. Probability and probability distributions. In: Petrie, A., Watson, P., (Eds). **Statistics for Veterinary and Animal Science**, Wiley-Blackwell: Oxford. Pp 28-44. 2006.
- [33] PUTNAM, D.E.; VARGA, G.A.; DANN, H.M. Metabolic and production responses to dietary protein and exogenous somatotropin in late gestation dairy cows. **J. Dairy Sci.** 82: 982-995. 1999.
- [34] RIVERA, F.; NARCISO, C.; OLIVEIRA, R.; CERRI, R.L.; CORREA-CALDERON, A.; CHEBEL, R.C.; SANTOS, J.E. Effect of bovine somatotropin (500 mg) administered at ten-day intervals on ovulatory responses, expression of estrus, and fertility in dairy cows. **J. Dairy Sci.** 93: 1500-1510. 2010.
- [35] SCHNEIDER, A.; SCHWEGLER, E.; MONTAGNER, P.; HAX, L.T.; SCHMITT, E.; PFEIFER, L.F.M.; DEL PINO, F.A.B.; BIANCHI, I.; PALUDO, G.R.; CORRÊA, M.N. Effect of prepartum somatotropin injection in late-pregnant Holstein heifers on metabolism, milk production and postpartum resumption of ovulation. **Anim.** 6: 935-940. 2012.
- [36] STATISTIX. Statistix 8.0: User's manual. Tallahassee, FL, USA: Analytical software. Pp. 396. 2003
- [37] VAN HAELST, Y.N.; BEECKMAN, A.; VAN KEGNESEL, A.T.M.; FIEVEZ, V. Short communication: Elevated concentrations of oleic acid and long-chain fatty acids in milk fat of multiparous subclinical ketotic cows. **J. Dairy Sci.** 91: 4683-4686. 2008.
- [38] VAN SAUN, R. Indicators of dairy cow transition risks: metabolic profiling revisited. In: Wittwer, F.; Chihuailaf, R.; Contreras, H.; Gallo, C.; Kruze, J.; Lanuza, F.; Letellier, C.; Monti, G., Noro, M., (Eds). **Updates on Ruminant Production and Medicine**, Andros Impresores: Santiago. Pp 65-77. 2010.