

RESPUESTA METABÓLICA EN VACAS A PASTOREO EN OTOÑO ALIMENTADAS CON DOS OFERTAS DE PASTURA Y SUPLEMENTADAS CON CONCENTRADO AMILÁCEO O FIBROSO

Metabolic Responses in Dairy Cows Grazing two Pastures Allowances and Supplemented with Fibrous or Starch Concentrate During Autumn

Luis Eduardo Barrientos¹, Mirela Noro^{1,3*}, Fernando Germán Wittwer¹ y Rubén Guillermo Pulido²

¹Instituto Ciencias Clínicas Veterinarias. ²Instituto Ciencia Animal, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

³Universidade de Passo Fundo, Brasil. *mirelanoro@gmail.com

RESUMEN

El objetivo de este ensayo fue evaluar la respuesta del balance metabólico y la producción láctea de vacas lecheras alimentadas con dos ofertas de pastura y suplementadas con dos tipos de concentrado en el otoño. En un periodo de 60 días (d) se utilizaron 28 vacas Holstein Friesian asignadas a un diseño factorial 2x2, con dos ofertas de pastura (*Lolium* spp), 25,5 y 38,5 kg MS/vaca/d, y suplementación con dos tipos de concentrado amiláceo y fibroso (5 kg vaca/d). Semanalmente se obtuvieron muestras de sangre de cada vaca para determinar las concentraciones séricas de β -OH butirato, ácidos grasos no esterificados (NEFA), glucosa, albúminas, urea, Ca, P y Mg y además se registró la producción láctea. Las vacas que pastorearon 38,5 kg de oferta de pastura, presentaron una albuminemia y magnesemia mayor ($P<0,05$) y una calcemia menor ($P<0,05$), que las que pastorearon 25,5 kg. Los indicadores de balance energético y la fosfatemia fueron similares para las dos ofertas de pastura ($P>0,05$). Las vacas alimentadas con mayor oferta produjeron más leche ($24,7 \pm 0,04$ L/vaca/d) que las con menor oferta ($22,1 \pm 0,04$ L/vaca/d; $P<0,05$). El tipo de concentrado no afectó la producción láctea, mientras que la suplementación con concentrado amiláceo redujo las concentraciones séricas de β OH-butyrate, albúmina y calcio, este último asociado a un incremento de la fosfatemia. Las concentraciones séricas de urea en las vacas para la interacción 25,5 kg de oferta de pastura y recibiendo concentrado amiláceo fueron menores a los otros grupos ($P<0,05$), sugiriendo una mejor sincronía de la fermentación ruminal de proteína: energía. Se concluye que el aumento de

la oferta de pastura de 25,5 para 38,5 kg/d no afecta el balance metabólico de energía, proteínas y macro mineral, sin embargo aumenta la producción láctea de las vacas; y el uso de concentrado amiláceo no afecta la producción láctea si bien mejora el aprovechamiento de la proteína de la dieta.

Palabras clave: Oferta de pastura, suplementación, energía, indicadores metabólicos.

ABSTRACT

A study was undertaken to evaluate the influence of daily pasture allowance and concentrate type on metabolic balance and milk production performance of autumn-calving dairy cows at early lactation. The study lasted 60 days (d) using 28 Holstein Frisian cows in a factorial model 2 x 2. The four dietary treatments were a combination of two grass (*Lolium* spp), allowance above ground level (low 25.5 vs. high 38.5 kg of dry matter/cow/d) and two concentrate types, (corn-based concentrate vs. sugar beet pulp-based concentrate), offered at the amount of 2 x 2.5 kg cow/d. Blood samples from each cow were obtained every week and the serum concentrations of β -OH butyrate, non esterified fatty acids (NEFA), glucose, albumin, urea, Ca, Pi y Mg were determined. Milk production was recorder every two days. Pasture allowance (38.5 vs. 25.5 kg/d) did not affect ($P>0.05$) blood markers for energy balance and Pi, bur it increased ($P<0.05$) serum albumin and Mg concentrations and decreased plasma Ca concentration. Also pasture allowance significantly ($P<0.05$) increased milk production 24.7 ± 0.4 kg/d for high and 22.1 ± 0.4 kg/d for low, respectively. The concentrate type did not affect milk production, but the use of sugar beet pulp-based concentrate reduced serum concentrations of β OH-butyrate, albumin and Ca, together an increase of Pi. The interaction of 25.5 kg/d of pasture allowance with corn-based

concentrate presented the lowest values for serum urea concentration ($P < 0.05$), suggesting a better synchrony of the rumen protein: energy ratio. According with the results an increase in the pasture allowance from 25.5 to 38.5 kg/d did not affect the metabolic balance of energy, proteins and macro mineral, however increases milk production in dairy cows; and the use of starch concentrate does not affect milk production while improving the protein utilization of the diet.

Key words: Dairy cows, pasture allowance, concentrate, blood metabolites.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción bovina (*Bos taurus*) de leche basados en el pastoreo ofrecen una alternativa más económica en comparación con los sistemas de estabulación [28]. Sin embargo, el incremento en producción individual de los animales, producto de la incorporación de genética Holstein [17] y el fluctuante valor nutricional de la pastura, hacen insuficiente su uso como fuente única de nutrientes, para rebaños cuyas producciones superan los 8 L/vaca/d [19]. El manejo de la oferta de forraje es una herramienta que permite maximizar el uso de la pastura [16, 33], optimizando la cantidad y calidad nutricional del forraje ingerido, incrementando la producción de leche individual y por hectárea (ha) [20]. Sin embargo, la composición nutritiva de las pasturas en la zona sur de Chile cambia a lo largo del año, especialmente en primavera, estación en que su crecimiento es rápido; fluctuaciones no tan marcadas son observadas en verano y otoño; en invierno se producen las menores fluctuaciones en su composición [2]. En otoño, las pasturas permanentes en base a *Lolium* spp presentan la menor disponibilidad, tasas de crecimiento entre 25 a 40 kg de MS/ha al d [35] y un bajo contenido de materia seca (MS, <18%) [2], lo que equivale a sustentar $2,2 \pm 0,54$ unidades animal/ha [1], siendo por lo tanto necesario suplementar estratégicamente con forrajes conservados o concentrados, para lograr cubrir las necesidades nutricionales de los animales [5, 30].

Para compensar el balance energético negativo en vacas de mediana y alta producción en sistemas pastoriles se suplementa a los animales con concentrados altamente energéticos, para mejorar la sincronía con la alta degradación de la proteína de la pastura [5]. Las principales fuentes de carbohidratos usadas en los concentrados en el sur de Chile corresponden a cereales con alto contenido de almidón (maíz [*Zea mays*], cebada [*Hordeum vulgare*], avena [*Avena fatua*], triticale [*Triticosecale Wittmack*] o trigo [*Triticum aestivum*]) o concentrados ricos en fibra digestible, como la pulpa de la remolacha azucarera [*Beta vulgaris*], que se caracteriza por su elevado contenido de carbohidratos altamente fermentables, y por presentar una menor velocidad de degradación que el almidón, incrementando la relación de ácido acético:propiónico en el rumen [37]. Por otro lado, los concentrados amiláceos o ha-

rinosos se caracterizan por acidificar el pH ruminal, pudiendo disminuir la actividad de las bacterias celulolíticas, la digestión de la fibra, la velocidad de paso y el consumo de MS [8], pero también, aumentar la producción de ácido propiónico, principal precursor gluconeogénico de los rumiantes [3]. En base a los antecedentes planteados, el objetivo de este ensayo fue evaluar el balance metabólico y la producción láctea de vacas lecheras pastoreando dos ofertas de pastura y suplementadas con dos tipos de concentrado durante el otoño.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del ensayo. El estudio se realizó en la Estación Experimental Vista Alegre, perteneciente a la Universidad Austral de Chile, ubicada a nueve kilómetros al norte de la ciudad de Valdivia, Región de los Ríos, Chile ($39^{\circ}48' \text{ LS}$ y $73^{\circ}13' \text{ LO}$) a 12 msnm [7].

Animales y delineamiento experimental. Se utilizaron 28 vacas Holstein Friesian en inicio de lactancia, asignadas homogéneamente por peso vivo (PV, 595 ± 48 kg), condición corporal (CC, $2,5 \pm 0,3$ [1-5]), producción de leche ($23,1 \pm 3,6$ litros/vaca/d), d posparto (55 ± 20) y número de partos ($3,8 \pm 2,0$) en un diseño factorial de 2×2 , con dos ofertas de pastura determinada a ras de suelo ($38,5$ kg MS/vaca/d y $25,5$ kg MS/vaca/d) y suplementadas con dos tipos de concentrado (concentrado amiláceo y concentrado fibroso, 5 kg tal cual ofrecido/d por vaca) (TABLA I). El ensayo tuvo una duración de 56 d (desde abril a junio del 2008), con 4 d de adaptación previa a la fase experimental. Las vacas fueron identificadas mediante arete individual y collares para identificación de los grupos en el cual permanecieron durante todo el período del ensayo.

Dieta y manejo. El concentrado fue suministrado a cada vaca en dos raciones equivalentes durante los ordeños de la mañana (7 am) y tarde (16 pm). El concentrado amiláceo se confeccionó en base a grano de maíz y el concentrado fibroso en base a pulpa de remolacha, ambos pelletizados (TABLA II). Las vacas fueron mantenidas a pastoreo en una pastura per-

TABLA I
CARACTERIZACIÓN ($\bar{X} \pm \text{DE}$) DE LAS 28 VACAS
EN EL PERÍODO DE ADAPTACIÓN CONFORME
EL TRATAMIENTO

	Oferta de Pastura		Concentrado	
	38,5 kg n=14	25,5 kg n=14	Amiláceo n=14	Fibroso n=14
Días post-parto	57 ± 22	53 ± 20	57 ± 20	53 ± 22
Número partos	$3,9 \pm 2,0$	$3,6 \pm 2,1$	$3,8 \pm 2,1$	$4,0 \pm 2,0$
Peso vivo, kg	590 ± 58	600 ± 37	601 ± 49	588 ± 49
Condición corporal, 1-5	$2,4 \pm 0,4$	$2,6 \pm 0,3$	$2,5 \pm 0,4$	$2,5 \pm 0,3$
Producción leche (L/vaca/d)	$23,0 \pm 4,7$	$23,3 \pm 2,3$	$23,0 \pm 4,2$	$23,2 \pm 3,1$

TABLA II
COMPOSICIÓN NUTRICIONAL ($\bar{X} \pm DE$) DE LA PASTURA Y DE LOS CONCENTRADOS USADOS DURANTE EL ENSAYO. VALORES EXPRESADOS EN BASE A MATERIA SECA

Variable	Pastura*	Concentrado	
		Amiláceo**	Fibroso**
Materia Seca (%)	16,5 $\pm$ 2,3	86,1 $\pm$ 0,2	86,1 $\pm$ 0,5
Cenizas totales (%)	8,9 $\pm$ 0,27	3,4 $\pm$ 0,03	5,9 $\pm$ 0,06
Proteína bruta (g/kg MS)	293 $\pm$ 5,5	146 $\pm$ 2,5	15,6 $\pm$ 0,7
Extracto etéreo (%)	3,9 $\pm$ 0,11	3,2 $\pm$ 0,02	1,6 $\pm$ 0,08
Fibra cruda (%)	40,7 $\pm$ 2,03	5,8 $\pm$ 0,23	13,1 $\pm$ 0,06
EM (Mcal/kg MS) [#]	2,68 $\pm$ 0,05	3,16 $\pm$ 0,03	3,26 $\pm$ 0,03
Fibra detergente neutro (%)	40,7 $\pm$ 2,03	18,5 $\pm$ 0,46	32,4 $\pm$ 0,03
Fibra detergente ácido (%)	23,9 $\pm$ 1,40	7,8 $\pm$ 0,30	18,3 $\pm$ 0,44
Calcio (%)	0,4 $\pm$ 0,02	0,2 $\pm$ 0,02	1,2 $\pm$ 0,03
Fósforo (%)	0,4 $\pm$ 0,02	0,3 $\pm$ 0,01	0,2 $\pm$ 0,00
Magnesio (%)	0,2 $\pm$ 0,00	0,1 $\pm$ 0,00	0,2 $\pm$ 0,00

* $\bar{X} \pm DE$ de 8 muestras de pastura de ambos tratamientos (25,5 y 38,5 kg MS; ** $\bar{X} \pm DE$ de 3 muestras. [#]EM = energía metabolizable.

manente mejorada, constituida por *Lolium perenne* (TABLA II), en una superficie de 17,5 ha localizada a aproximadamente 600 m de la sala de ordeño. Las vacas de los grupos 25,5 y 38,5 kg MS de oferta de pastura pastoreaban en distintas franjas, delimitadas con cerco eléctrico y con cambio dos veces al d. Todos los grupos tuvieron acceso a una nueva franja después de cada ordeño. El intervalo de rotación fue de aproximadamente 20 d, con 3 rotaciones durante la duración del estudio. Para estimar la disponibilidad de forraje se realizaron mediciones de altura pre y pos-pastoreo a lo largo de cada franja en un patrón de “W” con un plato medidor de forraje (RPM, Ashgrove Plate Meter, Hamilton, Nueva Zelanda). La producción de pastura (kg MS/ha) se midió semanalmente cortando cinco cuadrantes (0,5 m²) del pasto de cada franja a ras del suelo, y secando a 48 horas por 60°C. El área de pastoreo fue calculado diariamente en base a la masa de forraje, a partir de 80 mediciones realizadas con un plato medidor de forraje.

El agua y mezcla mineral se ofreció *ad libitum* en los potreros, mediante bebederos portátiles tipo tina entre los potreros y en el patio de espera de la sala de ordeño.

Procedimientos y muestreos. Ocho muestras de sangre de cada vaca fueron obtenidas los 7; 14; 21; 28; 35; 42; 49 y 56 d del período experimental. Las muestras de sangre se obtuvieron después de ordeño de la mañana, mediante venopunción coccígea en tubos con vacío, de los que se recolectó el suero mediante centrifugación por 10 min a 5.600 g (Centra CL3E, Thermo IEC, EUA). Se determinaron las concentraciones séricas de glucosa (GOD-PAP, Human[®]), ácidos grasos no esterificados (NEFA, Wako[®] NEFA-HR 2), urea (GD UV cinético, Human[®]), albúmina (verde de bromocresol, Human[®]) y fosfato inorgánico (Pi, molibdato, Human[®]) en un autoanalizador Metrolab 2300[®] (WienerLab), y de OH butirato (FAO-AIEA, 1993) en un espectrofotómetro (Hitachi 4020[®], Japón) y de calcio (Ca), magnesio (Mg) mediante espectrofotometría de absorción atómica y (Serie S

Thermo Solar[®]) a 422,7 y 285,3 nm, respectivamente, en muestras diluidas en LaCl 0,1% (1:100). La magnesemia y fosfatemia fueron determinadas solo en las muestras de los 7; 28 y 56 d del período experimental.

La producción de leche fue registrada durante el ordeño de la mañana y de la tarde, tres veces cada semana mediante un medidor proporcional (Mk V Milk Meter, Waikato[®] Milking Systems Ltd., Hamilton, Nueva Zelanda), y la pendiente láctea fue calculada mediante ecuación lineal.

Se registró semanalmente la condición corporal (escala 1 a 5) [9] y peso de las vacas después de la ordeña de la mañana y se calculó el cambio de CC y de PV a través de ecuación lineal.

Análisis bromatológico del alimento. Se obtuvieron ocho muestras de pastura recolectadas en los potreros de ingreso, en intervalos de 7 d, mediante un sistema que simula la cosecha de animal “pastoreo simulado” [29], siendo las mismas congeladas en bolsas plásticas a -20°C (Freezer 420, Consul[®], CFC Free, Brasil). Muestras de los dos tipos de concentrado se recogieron semanalmente durante el estudio, formando tres muestras compuestas. Las muestras de concentrado y de pasturas fueron molidas a través del tamiz 1 mm (Wiley Mill, 158 Arthur H. Thomas, Philadelphia, PA, EUA), y se determinó la materia seca (MS), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra en detergente ácido (FDA) [4] y fibra en detergente neutro (FDN) [36]. La energía metabolizable (EM) de la pastura se estimó por regresión utilizando un valor de “D” (materia orgánica digerible / MS $\times$ 100) determinado *in vitro* [10].

Análisis estadístico. Los datos obtenidos fueron analizados en cuanto a normalidad mediante la prueba de Shapiro Wilk y homocedasticidad usando la prueba de Bartlett [26]. Las diferencias entre tratamientos fueron determinadas usando un modelo lineal general de ANOVA: $Y_{ijk} = \mu + P_i + C_j + D_k + P^*C_{ij}$

+ ε_{ijk} , donde: Y_{ijk} = variables dependientes, μ = media general, P_i = efecto de la i -ésima oferta de pastura, C_j =efecto del j -ésimo tipo de concentrado, D_k = efecto de la k -ésima del d de muestreo, $P \times C_{ij}$ = efecto de la interacción entre i -ésima de la oferta de pastura y C_j -ésima del tipo de concentrado, y, ε_{ijk} =residual del modelo. Las medias fueron contrastadas con la prueba de Tukey utilizando el programa estadístico Statistix 8.0 [34] utilizando un nivel de significación de 95% [25].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las pasturas ofrecidas a las vacas de los grupos 25,5 y 38,5 kg MS/vaca/d presentaron una composición similar (TABLA II). Los dos tipos de concentrado presentaron mayores contenidos de MS que la pradera, así como EM. Las pasturas ofrecidas tenían, respectivamente para las ofertas de 25,5 y 38,5 kg de MS/vaca/d, una disponibilidad de MS pre-pastoreo a ras del suelo de 1834 ± 256 y 1816 ± 248 kg MS/ha y una altura pre-pastoreo de $12,4 \pm 2,1$ y $12,2 \pm 2,1$ cm.

Los valores de los indicadores sanguíneos se mantuvieron dentro del intervalo de referencia en todos los grupos, excepto las concentraciones séricas de urea que sobrepasaron el límite superior (2,3 a 7,0 mmol/L), indicando que el alto aporte de PC de la pastura fue asincrónico con la energía de la pastura y del suplemento [24, 32].

Efecto oferta de pastura. Las vacas que pastorearon mayor oferta forrajera, 38,5 kg de pastura, presentaron mayor

($P < 0,05$) albuminemia y magnesemia y una menor ($P < 0,05$) calcemia que las que pastorearon 25,5 kg (TABLA III). Por otro lado, no hubo diferencias ($P > 0,05$) en las concentraciones séricas plasmáticas medias de β OH-butilato, glucosa, NEFA, urea y fósforo o entre la variación de PV y CC, entre ofertas de pradera.

El mayor consumo de MS y energía en las vacas con 38,5 kg de oferta de pastura aumentaron la producción de leche (TABLA III), lo que se relacionaría a una mayor oferta de MS desde la pastura [29] y una mayor síntesis de ácidos grasos volátiles en rumen [33]. Si bien no se observaron diferencias entre las dos ofertas de pastura, era de esperarse una menor movilización de las reservas corporales, producto del mayor aporte de nutrientes en las vacas que recibieron la mayor oferta de pastura [15]. De igual manera, la mayor concentración sérica de Mg en dicho grupo (TABLA III) podría reflejar su mayor aporte desde la pastura, sin embargo no se dispone del contenido de Mg aportado por la pradera.

Efecto tipo de concentrado. El tipo de concentrado no afectó la producción láctea ($P > 0,05$). Se ha demostrado que en la suplementación en vacas a pastoreo con cantidades moderadas de concentrado (< 6 kg/d) el tipo de concentrado no influyó en la producción de leche, cuando la proporción del concentrado en el consumo total de materia seca fue menor a 40% [27]. Sin embargo, las vacas que consumieron concentrado fibroso presentaron mayores ($P < 0,05$) concentraciones séricas de albúmina y β OH-butilato ($P < 0,05$; TABLA III). La mayor albuminemia en las vacas suplementadas con concentrado fibroso ($P < 0,05$), sugeriría una mayor absorción intestinal de

TABLA III
CONCENTRACIONES SÉRICAS ($\bar{X}$) DE INDICADORES DEL METABOLISMO DE ENERGÍA, PROTEÍNAS Y MINERAL Y DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN VACAS CON DOS OFERTAS DE PASTURA (25,5 O 38,5 kg MS/VACA/DÍA) Y SUPLEMENTADAS CON 5 kg/VACA/DÍA DE CONCENTRADO AMILÁCEO O FIBROSO

	Oferta Pastura		Tipo Concentrado			Valor de P			
	25,5	38,5	Amiláceo	Fibroso	EE	Pastura	Concentrado	Día	Past*Conc
Albúmina	39,4	40,3	39,3	40,4	0,38	0,0152	0,0069	<0,001	0,1335
β OH	0,60	0,57	0,53	0,64	0,05	0,4753	0,0189	<0,001	0,0532
Glucosa	3,55	3,64	3,61	3,58	0,07	0,2145	0,6503	0,0256	0,1042
NEFA	306	316	296	325	23,4	0,6752	0,2039	<0,001	0,0568
Urea	8,38	8,19	8,25	8,33	0,14	0,1890	0,5640	<0,001	0,0004
Ca	2,40	2,32	2,32	2,40	0,02	0,0018	0,0007	<0,001	0,3412
P	1,58	1,61	1,70	1,48	0,04	0,5851	0,0042	—	0,6123
Mg	0,73	0,83	0,78	0,79	0,03	0,0022	0,7768	—	0,3508
Producción	22,1	24,7	23,5	23,2	0,38	<0,001	0,4054	0,0004	0,2734
Pend Prod ¹	-0,410	-0,034	-0,135	-0,309	0,08	0,0028	0,1347		0,0819
CC	2,52	2,43	2,46	2,49	0,03	0,0078	0,4845	0,8763	0,4850
Pend CC ²	-0,001	0,011	-0,002	0,012	0,01	0,2628	0,1917	—	0,6740
Peso	527	539	536	527	5,92	0,0152	0,1185	<0,001	0,1237
Pend Peso ³	-4,48	-4,03	-3,78	-4,73	1,13	0,6972	0,4069	—	0,3525

Albúmina=g/L; β OH (β OH-butilato) glucosa, urea, Ca, P y Mg = mmol/L; NEFA (ácidos grasos no esterificados)= μ mol/L; Producción láctea= L/vaca/día. ¹Pendiente Prod=Pendiente producción láctea= L/vaca/semana. ²Pendiente CC= Pendiente condición corporal= puntos de condición corporal/semana. ³Pendiente peso= kg/semana.

aminoácidos, ya que al inicio de la lactancia, la albuminemia es menor y aumenta paulatinamente (FIG. 1a) cuando la dieta cumple con los requerimientos proteínicos [14]. Las mayores concentraciones séricas de β OH-butirato en las vacas suplementadas con concentrado fibroso concuerdan con lo observado en vacas a pastoreo *ad libitum* en primavera y suplementadas con concentrado [23], donde el consumo de concentrado fibroso produjo una menor producción de propionato, disminuyendo la gluconeogénesis hepática [5], incrementando la movilización lipídica y las concentraciones séricas de β OH butirato [6]. Por otro lado, la disminución de las concentraciones séricas de β OH butirato en ambos grupos durante el ensayo (FIG. 1b) se asocia con la disminución gradual de la producción de leche (FIG. 1f) y con un probable aumento en el consumo voluntario a los 120 d de lactancia.

Las concentraciones séricas de urea fueron similares entre las vacas que consumieron concentrado amiláceo o fibroso (TABLA III), y sobre el límite de referencia para la especie. Al parecer, la cantidad de concentrado suministrado no logró mejorar la sincronía ruminal entre la proteína y energía, coincidente con la similar concentración de amonio en rumen para ambos tipos de suplementos [33]. Ha sido señalado que

los concentrados amiláceos presentan una fracción rápida y altamente degradable en rumen [18] y que incrementa la incorporación de amonio por los microorganismos ruminales, disminuyendo de esta forma la ureagénesis [24, 31, 33]. Sin embargo, en virtud de obtención de una única muestra diaria, ésta podría no reflejar las variaciones diarias de la urea en sangre por efecto del tipo de alimento. La obtención de una única muestra diaria, durante la mañana no necesariamente refleja el sincronismo ruminal entre proteínas y energía, visto que las concentraciones de urea se incrementan a lo largo del d, alcanzando concentraciones máximas al final de la tarde en vacas a pastoreo [22], y disminuyen a lo largo del d en vacas suplementadas con concentrado [21].

La suplementación con concentrado amiláceo redujo la calcemia y aumentó la fosfatemia ($P<0,05$) sin modificar la magnesemia ($P>0,05$; TABLA III). Las menores calcemias podrían explicarse por el bajo contenido de Ca del concentrado amiláceo con una razón Ca: P de 0,7 (TABLA II) y por ende, la cantidad de P absorbido desde el rumen e intestino delgado sería mayor [13] junto al aumento de la movilización ósea derivada de la mayor síntesis de 1,25-hidroxivitamina D inducida por la disminución de la calcemia [11]. Por otro lado, la calcemia en am-

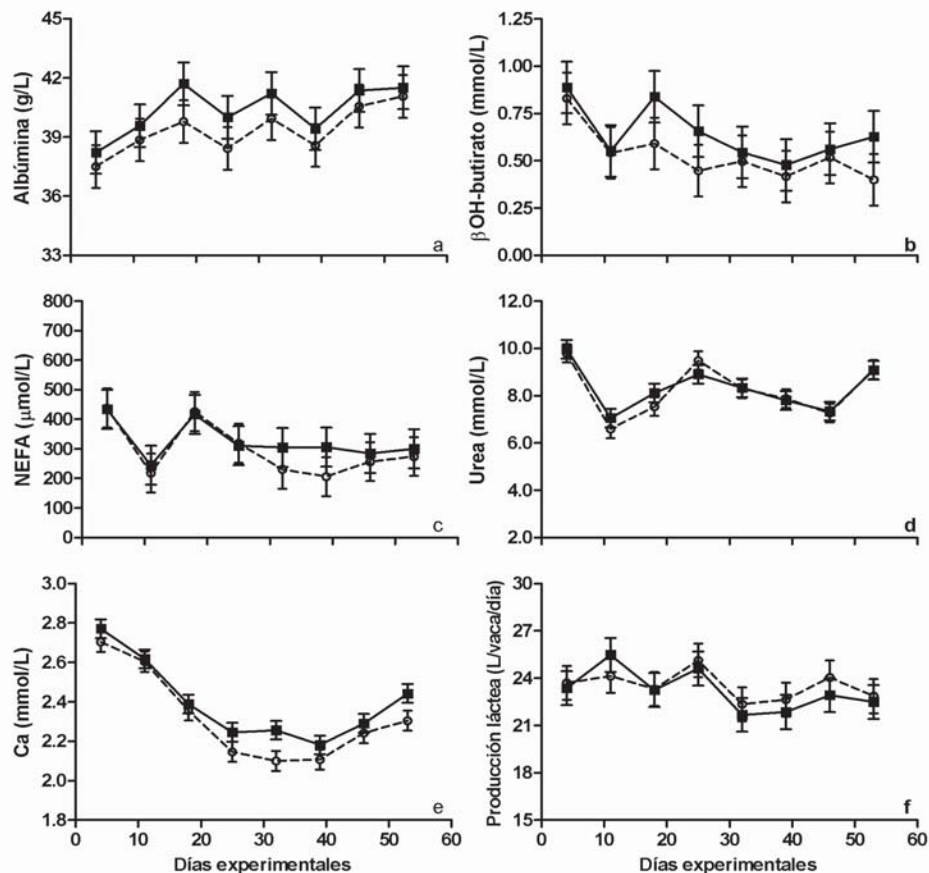


FIGURA 1. CONCENTRACIONES SÉRICAS DE ALBÚMINA (a), β OH BUTIRATO (b), ÁCIDOS GRASOS NO ESTERIFICADOS (NEFA) (c), UREA (d) Y CALCIO (e) Y PRODUCCIÓN LÁCTEA (f) DE VACAS A PASTOREO Y SUPLEMENTADAS CON CONCENTRADO AMILÁCEO (- - ○ - -) O FIBROSO (—■—).

bos grupos se redujo durante el ensayo (FIG.1e), compatible con el desgaste para sostener la producción láctea [12].

Las concentraciones séricas de glucosa, NEFA y Mg y la variación de PV y CC presentaron valores similares para los animales suplementados con uno u otro tipo de concentrado ($P>0,05$). No obstante, el 14 d del ensayo hubo un descenso de las concentraciones séricas de urea y de NEFA (FIG. 1 d y c, respectivamente) en las vacas que consumían concentrado fibroso y amiláceo, que podría ser explicado por la mayor cantidad de EM de la pastura en el segundo muestreo, en comparación al primero (2,39 a 2,66 Mcal/kg EM), lo que habría mejorado el aprovechamiento de la proteína de la pastura y consecuentemente, disminuiría la producción de urea.

Interacción entre oferta de pastura y tipo de concentrado. Las concentraciones séricas de urea fueron más elevadas ($P<0,05$) en el grupo con menor oferta de pastura 25,5 kg y suplementadas con concentrado fibroso ($8,70 \pm 0,20$ mmol/L), comparadas con las suplementadas con concentrado amiláceo ($8,05 \pm 0,20$ mmol/L). Las vacas 38,5 kg de oferta de pastura y suplementadas con concentrado amiláceo presentaron concentraciones de urea ($8,43 \pm 0,20$ mmol/L) similares ($P>0,05$) a las otras interacciones. Las mayores concentraciones séricas de urea en las vacas con una oferta de pastura de 25,5 kg y suplementadas con concentrado fibroso, se asociaría a la fermentación más lenta de este tipo de concentrado [33, 37] que no logró su máxima tasa de sincronismo a la hora de muestreo de sangre, la cual se realizó posterior al ordeño de la mañana, cuando las concentraciones de urea son más elevadas [21]. Por lo anterior, se requiere mayor investigación del efecto del concentrado fibroso en la fermentación ruminal y su efecto durante el d.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones de este ensayo, la oferta de 38,5 kg de pastura, comparado a la de 25,5 kg, no afecta el balance metabólico de energía, proteínas y macro mineral, sin embargo aumenta la producción láctea de las vacas; y el uso de concentrado amiláceo no afecta la producción láctea si bien mejora el aprovechamiento de la proteína de la dieta.

AGRADECIMIENTO

Al Proyecto FONDECYT 1070391 por financiar el estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ALARCON, R.E. Estimación de eficiencia técnica de productores lecheros del sur de Chile, utilizando fronteras de producción estocásticas. Instituto de Economía Agraria. Universidad Austral de Chile: Valdivia, Chile. 75 pp. 2009.
- [2] ANRIQUE, R.; FUSCHSLOCHER, R.; IRAIRA, S.; SALDAÑA, R. Tablas de composición. En: **Composición de alimentos para el ganado bovino**. 4 Ed., Valdivia: Imprenta America. Pp 11-30. 2010.
- [3] ASCHENBACH, J.R.; KRISTENSEN, N.B.; DONKIN, S.S.; HAMMON, H.M.; PENNER, G.B. Gluconeogenesis in dairy cows: the secret of making sweet milk from sour dough. **IUBMB Life**. 62: 869-877. 2011.
- [4] ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST (AOAC). **Official Methods of Analysis**. 17th Ed., Washington, DC, USA: 10 pp. 2003.
- [5] BARGO, F.; MULLER, L.D.; KOLVER, E.S.; DELAHOY, J.E. Invited review: production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. **J. Dairy Sci**. 86: 1-42. 2003.
- [6] BRUSS, M.L. Lipids and Ketones. In: Kaneko, J.J.; HARVEY, J.W., BRUSS, M.L., (Eds). **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**, Academic Press San Diego, California. Pp 81-115. 2008.
- [7] DIRECCIÓN METEOROLÓGICA DE CHILE. Informe de precipitaciones 2012. En línea: <http://www.meteochile.cl/precipitacion.html>. 20 enero 2012.
- [8] DIXON, R.M.; STOCKDALE, C.R. Associative effects between forages and grains: consequences for feed utilization. **Aust. J. Agric. Res**. 50: 757-773. 1999.
- [9] FERGUSON, J.D.; GALLIGAN, D.T.; THOMSEN, N. Principal descriptors of body condition score in Holstein cows. **J. Dairy Sci**. 77: 2695-2703. 1994.
- [10] GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications). Washington, USA: U.S. Agricultural Research Service. 20 pp. 1970.
- [11] GOFF, J. Macromineral physiology and application to the feeding of the dairy cow for prevention of milk fever and other periparturient mineral disorders. **Anim. Feed Sci. Technol**. 126: 237-257. 2006.
- [12] GOFF, J.P. The monitoring, prevention, and treatment of milk fever and subclinical hypocalcemia in dairy cows. **Vet. J**. 176: 50-57. 2008.
- [13] HORST, R.L. Regulation of calcium and phosphorus homeostasis in the dairy cow. **J. Dairy Sci**. 69: 604-616. 1986.
- [14] KANEKO, J.J. Serum proteins and the dysproteinemias. In: Kaneko, J.J.; Harvey, J.W., Bruss, M.L., (Eds). **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**, Academic Press: San Diego. Pp 117-138. 1997.
- [15] KENNEDY, E.; O'DONOVAN, M.; DELABY, L.; O'MARA, F.P. Effect of herbage allowance and concentrate supplementation on dry matter intake, milk production and energy balance of early lactating dairy cows. **Livest. Sci**. 117: 275-286. 2008.
- [16] KENNEDY, E.; O'DONOVAN, M.; MURPHY, J.P.; DELABY, L.; O'MARA, F.P. Effect of spring grazing date and stocking

- rate on sward characteristics and dairy cow production during midlactation. **J. Dairy Sci.** 90: 2035-2046. 2007.
- [17] KENNEDY, J.; DILLON, P.; DELABY, L.; FAVERDIN, P.; STAKELUM, G.; RATH, M. Effect of genetic merit and concentrate supplementation on grass intake and milk production with Holstein Friesian dairy cows. **J. Dairy Sci.** 86: 610-621. 2003.
- [18] KHALILI, H.; SAIRANEN, A. Effect of concentrate type on rumen fermentation and milk production of cows at pasture. **Anim. Feed Sci. Technol.** 84: 199-212. 2000.
- [19] KOLVER, E.S.; MULLER, L.D. Performance and nutrient intake of high producing Holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. **J. Dairy Sci.** 81: 1403-1411. 1998.
- [20] MCEVOY, M.; DELABY, L.; MURPHY, J.P.; BOLAND, T.M.; O'DONOVAN, M. Effect of herbage mass and allowance on sward characteristics, milk production, intake and rumen volatile fatty acid concentration. **Grass Forage Sci.** 65: 335-347. 2010.
- [21] NORO, M.; BORKERT, J.; HINOSTROZA, G.A.; PULIDO, R.; WITTEWER, F. Variaciones diarias de metabolitos sanguíneos y su relación con el comportamiento alimenticio en vacas lecheras a pastoreo primaveral. **Rev. Cientif. FCV-LUZ.** XXI (2): 125-130. 2011.
- [22] NORO, M.; STRIEDER-BARBOZA, C.; KUSCHEL, D.; PULIDO, R.G.; WITTEWER, F.G. Variaciones diarias de parámetros ruminales y sanguíneos en vacas lecheras a pastoreo de primavera suplementadas con dos fuentes de nitrógeno no proteínico. **Rev. Cientif. FCV-LUZ.** XXI (2): 154-162. 2012.
- [23] NORO, M.; VARGAS, V.; PULIDO, R.G.; WITTEWER, F. Efecto del tipo de concentrado sobre indicadores sanguíneos del metabolismo de energía y de proteínas en vacas lecheras en pastoreo primaveral. **Arch. Med. Vet.** 38: 227-232. 2006.
- [24] NORO, M.; WITTEWER, F. Relationships between urea-genesis and gluconeogenesis in ruminants fed a high content of nitrogen. **Vet. Méx.** 42: 143-154. 2012.
- [25] 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.
- [26] 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.
- [27] PEYRAUD, J.L.; DELABY, L. Ideal concentrate feeds for grazing dairy cows responses to supplementation in interaction with grazing management and grass quality. In: Garnsworthy, P.C., Wiseman, J., (Eds). **Recent Advances in Animal Nutrition**, Nottingham University Press, UK. Pp. 203-204. 2001.
- [28] PULIDO, R.G.; FELMER, E.; HINOSTROZA, A. Efecto del tipo de carbohidrato en el concentrado sobre el consumo de alimento en vacas lecheras a pastoreo. **Arch. Med. Vet.** 38: 123-128. 2006.
- [29] PULIDO, R.G.; LEAVER, J.D. Quantifying the influence of sward height, concentrate level and initial milk yield on the milk production and grazing behavior of continuously stocked dairy cows. **Grass Forage Sci.** 56: 57-67. 2001.
- [30] RUIZ-ALBARRÁN, M.; BALOCCHI, O.A.; NORO, M.; WITTEWER, F.; PULIDO, R.G. Effect of increasing pasture allowance and grass silage on animal performance, grazing behaviour and rumen fermentation parameters of dairy cows in early lactation during autumn. **Liv. Sci.** 150: 407-413. 2012.
- [31] RUSSELL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.G.; VAN SOEST, P.J.; SNIFFEN, C.J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminant fermentation. **J. Anim. Sci.** 70: 3551-3561. 1992.
- [32] SINCLAIR, K.D.; SINCLAIR, L.A.; ROBINSON, J.J. Nitrogen metabolism and fertility in cattle: I. Adaptive changes in intake and metabolism to diets differing in their rate of energy and nitrogen release in the rumen. **J. Anim. Sci.** 78: 2659-2669. 2000.
- [33] SOTELO, J.; NORO, M.; WITTEWER, F.; PULIDO, R.G. Evaluación de la oferta de pradera y tipo de concentrado sobre algunos parámetros ruminales en vacas lecheras a pastoreo otoñal. **Arch. Med. Vet.** 44: 167-172. 2012.
- [34] STATISTIX. Statistix 8.0: User's manual. Tallahassee, FL, USA. 396 pp. 2003
- [35] TEUBER, N.; BALOCCHI, O. Recursos forrajeros en producción de leche. I. Balance alimenticio con los recursos del sur. In: Teuber, N.; Uribe, H., Opazo, L., (Eds). **Seminario "Hagamos de la lechería un mejor negocio"**, Instituto de Investigación Agropecuaria, Centro Regional de Investigación Remehue. Osorno 22 septiembre, Chile. Pp 1-12. 2003.
- [36] VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **J. Dairy Sci.** 74: 3583-3597. 1991.
- [37] VOELKER, J.A.; ALLEN, M.S. Pelleted beet pulp substituted for high-moisture corn: 3. Effects on ruminal fermentation, pH, and microbial protein efficiency in lactating dairy cows. **J. Dairy Sci.** 86: 3562-3570. 2003.