

Ensilaje de alfalfa suplementado con distintos concentrados energéticos para alimentar cabras lecheras

J. L. Danelon¹, M. D'Alesio, L. Barletta, P. A. Allocati, M. Wawrzekiewicz,
E. Ceballos, C. Colatto, D. Victoria

Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina
Recibido Mayo 23, 2010 Aceptado Julio 25, 2010

Supplementation of alfalfa silage with different energy-rich concentrates in diets for lactating dairy goats

ABSTRACT. Lactating Saanen does were fed diets based on *ad libitum* alfalfa silage (SA) to study the effects of including fixed amounts of three different energy-rich concentrates: wheat grain (T), sorghum grain (S), and dehydrated citrus pulp (PC), in a 4 x 4 Latin Square with four replicates. Sixteen does (45 ± 10 d postpartum and producing 2.016 ± 0.58 kg/d of 4% fat corrected milk, FCM) housed in individual pens under roof, received the following diets: 1) SA (33.9% DM, 19.9% CP, 44% NDF); 2) SAT (52.4% DM, 19.8% CP, 33.7% NDF); 3) SAS (50.9% DM, 17.9% CP, 37% NDF); and 4) SAPC (52.5% DM, 16.1% CP, 39.1% NDF), resulting in respective forage-to-concentrate ratios (F:C) of 100:0, 65:35, 67:33, and 64:36. Daily DM intake from silage was greater for SA than for the other three treatments combined (2.55 vs. 2.33% of body weight, BW) whereas total DM intake (g/kg BW^{0.75}) was lower (74.9 vs. 95.4). Yields of FCM or fat-protein-corrected milk were affected positively by concentrate supplementation, but milk protein concentration (g/L) or yield (g/d) were not. Chewing efficiency (min/g NDF consumed per kg BW^{0.75}) improved from 20.4 to 15.0 (P <0.05) as a result of F:C decrease from 100:0 to 65:35, independent of the type of concentrate supplementation. Results suggest that the daily feeding routine (four offerings of alfalfa silage and two of concentrates) had greater impact on animal performance than the physical-chemical properties of dietary concentrates. In this study levels of 20 to 27% ADF and 33 to 44%NDF in diets for Saanen goats proved to be adequate to maintain normal rumen function and productive performance.

Key words: Alfalfa silage, Chewing efficiency, Concentrate supplements, Dairy goats, Milk composition

RESUMEN. Con cabras lecheras Saanen alimentadas con una dieta base de ensilaje de alfalfa (SA) se estudió el efecto de la inclusión de cantidades fijas de tres diferentes concentrados energéticos: granos de trigo (T), granos de sorgo (S) y pulpa de citrosa deshidratada (PC) en un diseño en cuadrado latino 4 x 4 con cuatro repeticiones. Dieciséis cabras (45 ± 10 d posparto y produciendo 2.016 ± 0.58 kg/d leche corregida a 4% grasa, LCG) alojadas en corrales individuales bajo galpón, recibieron las siguientes dietas: 1) SA (33.9%MS, 19.9% PB, 44% FDN); 2) SAT (52.4%MS, 19.8%PB, 33.7%FDN); 3) SAS (50.9% MS, 17.9% PB, 37%FDN) y 4) SAPC (52.5% MS, 16.1% PB, 39.1% FDN), resultando en relaciones forraje:concentrado (F:C) de 100:0, 65:35, 67:33 y 64:36, respectivamente. El consumo diario de MS de ensilaje fue mayor para SA que para los otros tres tratamientos combinados (2.55 vs 2.33% del peso vivo, PV), mientras el consumo de MS total (g/kg PV^{0.75}) fue menor (74.9 vs 95.4). El rendimiento de LCG o leche corregida por grasa y proteína (LCGP) acusó efecto positivo (P <0.05) de la complementación con concentrados, pero el contenido (g/L) y el rendimiento (g/d) de proteína en la leche no mostraron efecto de tratamiento. La eficiencia masticativa (min/g FDN ingerida por kg PV^{0.75}) mejoró de 20.4 a 15.0 como resultado de la disminución de F:C de 100:0 a 65:35, sin efecto (P >0.05) de la clase de concentrado complementario. La rutina de alimentación (ensilaje suministrado cuatro y concentrados dos veces por día) habría tenido más impacto sobre la respuesta animal que la naturaleza fisicoquímica de los concentrados dietéticos. En este

¹Autor para la correspondencia, e-mail: jdanelon@agro.uba.ar

trabajo, concentraciones de 20 a 27% FDA y 33 a 44% FDN en las dietas de cabras Saanen en lactancia, fueron apropiadas para mantener normal la función ruminal y el desempeño productivo.

Palabras clave: Cabras lecheras, Composición de leche, Concentrados suplementarios, Eficiencia masticatoria, Ensilaje de alfalfa

Introducción

Para obtener altos rendimientos, las cabras lecheras deben consumir energía y proteína en cantidad y relación adecuada (Dijkstra *et al.*, 1998), condición que no es la más frecuente en los sistemas de producción de Argentina (Arias y Alonso, 2002). Para competir con los crecientes márgenes agrícolas, fue necesario aumentar la carga animal, la producción, la utilización de forrajes conservados y el uso de suplementos energéticos. Las dietas basadas en ensilaje de alfalfa enfrentan el problema de la alta degradabilidad de su proteína bruta (PB) y de la baja concentración de carbohidratos no estructurales (CNE) (Jaurena, 1996; Castillo, 1999). El proceso fermentativo del ensilado consume gran parte de los azúcares del forraje para producir los ácidos que aseguran su conservación, obligando a corregir la insuficiencia de energía metabolizable fermentecible (EMf) para la flora ruminal. Si la EMf disponible es insuficiente para captar el NH₃ presente, o si aquella se utiliza a un ritmo diferente del que es liberado éste, el excedente de NH₃ en sangre inducirá una menor utilización de la glucosa y una mayor resistencia insulínica (Beever, 1993; Lobley *et al.*, 1995). También se ha observado movilización de lípidos y proteínas corporales, aumento de ácidos grasos libres no esterificados (AGNE) y mayor catabolismo de aminoácidos que ocasionan una menor producción (Choung y Chamberlain, 1995; Kelly *et al.*, 1993). La estrategia para optimizar la síntesis de proteína microbiana (PM) consiste en sincronizar las tasas de suministro de NH₃ y EMf a los microorganismos del rumen (Herrera-Saldaña *et al.*, 1990; Hutjens, 1996), aunque algunos trabajos realizados con ese objetivo no resultaron satisfactorios (Herrera-Saldaña *et al.*, 1990; Sinclair *et al.*, 1995). Esto planteó que, o había otros factores involucrados o que la sincronización implementada no habría sido eficaz. Ambos efectos aún permanecen indocumentados en cabras lecheras. Teóricamente, al suplementar ensilaje de alfalfa con un concentrado

energético apropiado se podría capturar el exceso de NH₃ y aumentar la disponibilidad de EMf para el rumen. Petit y Tremblay (1995), encontraron que la síntesis de PM fue mayor en vacas consumiendo fibra digestible que almidones. Esto sugirió una mayor utilización del N cuando se utilizaban carbohidratos estructurales altamente degradables, como los aportados por algunos subproductos (Kawas *et al.*, 1991a; 1991b). Contrariamente, Adrich *et al.*, (1998) encontraron que los almidones tipo C₃ (rápidamente degradables) estimulaban más la síntesis de PM que los de degradación más lenta (tipo C₄). Sin embargo, un exceso de CNE rápidamente fermentecibles impulsa la caída del pH ruminal, una disminución del consumo por menor actividad celulolítica, y finalmente menor producción de leche. Esto explica el requerimiento de una mínima cantidad de fibra para asegurar un pH ruminal óptimo y para la homeostásis fisiológica mediante la producción de saliva generada por la masticación-rumia (Kawas *et al.*, 1991a). Como en todo rumiante, en las cabras lecheras un nivel mínimo de fibra efectiva es clave para asegurar un normal estado de salud y optimizar el contenido graso de la leche, pero a diferencia de otras especies, no existe una recomendación concreta sobre el nivel de fibra requerido por las cabras lecheras (AFRC, 1998; Sahlu y Goetsch, 1998). Las cabras difieren de los bovinos y ovinos en su comportamiento alimenticio, consumo, selectividad, preferencias y tasa de consumo (Lu, 1988; Reid *et al.*, 1990) por lo que los conocimientos válidos para otros ruminantes no son necesariamente extrapolables a las cabras.

El objetivo de este trabajo fue analizar la factibilidad de utilizar ensilaje de alfalfa de otoño para alimentar cabras lecheras Saanen, y la respuesta a la inclusión en la dieta de tres concentrados con carbohidratos de distintas características nutricionales sobre la producción y composición de la leche y las actividades masticatorias.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó entre los meses de junio y octubre de 2005 en un establecimiento comercial del

Partido de Gral. Rodríguez, Provincia de Buenos Aires.

Dieciséis cabras Saanen, de 1 a 3 lactancias, 45 ± 10 d posparto y una producción individual de $2.016 \text{ kg} \pm 0.48 \text{ kg}$ leche corregida a 4% grasa (LCG) por día, alojadas en corrales individuales, fueron asignadas al azar a los siguientes tratamientos en un diseño en cuadrado latino 4×4 con cuatro repeticiones: SA: Ensilaje alfalfa (único alimento), SAT: Ensilaje alfalfa + Grano de Trigo, SAS: Ensilaje alfalfa + Grano de Sorgo, SAPC: Ensilaje alfalfa + Pulpa de Citrosa. El ensilaje fue confeccionado a fines de otoño (mes de Mayo), con una pastura de alfalfa de segundo año que fue cortapicada (máquina Class 695 DT) y ensilada en una bolsa (Silotileno), de 235μ de espesor, e inoculado con bacterias ácido lácticas (Sil-All, ALLTECH).

El SA fue suministrado *ad libitum* cuatro veces por día (a las 8, 11, 14 y 17 h) en tanto que los concentrados, a razón de 1.2%PV en materia seca (MS), fueron ofrecidos por mitades, a las 11 y a las 17 h. La pulpa citrosa (deshidratada y peletizada) fue suministrada desintegrada, el trigo se ofreció quebrado, y el sorgo molido fino.

El estudio constó de cuatro períodos experimentales de 28 d de duración cada uno, donde los primeros 21 fueron de acostumbramiento y los últimos 7 d de recolección de datos. Diariamente se evaluó el consumo voluntario de silaje por diferencia entre la cantidad de MS ofertada y de los rechazos. Diariamente se tomaron muestras del ensilaje y de los concentrados, con las que se formaron muestras compuestas para evaluar su composición. Todos los animales fueron pesados dos veces antes de la comida de las 11 h, al comienzo y al final de la semana de colección de datos. En cada semana de colección de datos, con lactómetros individuales Waikato para pequeños rumiantes, se realizaron tres controles lecheros (base pm/am) registrándose la producción individual de cada ordeño, y en dos no consecutivos se tomaron dos muestras AM y dos muestras PM por animal y semana de medición. Un día de cada semana de colección, 3 h después de la primera comida, a dos cabras por tratamiento se les extrajeron dos muestras de sangre yugular. Sobre una de ellas (heparinizada, centrifugada y congelada a -18°C), se determinó uremia. Sobre la

restante, coagulada, centrifugada y congelada, glucosa y AGNE. Las determinaciones se realizaron con "kits" enzimáticos para uremia y glucemia (Weiner) y para AGNE (Randox). Un día de cada semana de colección, mediante observación directa cada 5 min durante 24 h seguidas, se registró el comportamiento ingestivo de cada animal (tiempo de rumia, consumo y descanso).

El contenido de MS de alimentos y rechazos fue analizado secando en estufa 24 h a 105°C . Para los análisis de composición, las muestras se secaron a 65°C durante 48 h; el contenido de PB en alimentos (AOAC, 1991) y en leche (IDF, 1993), se determinó por Kjeldhal (Pro-Nitro); y fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) según Van Soest *et al.* (1991) en sistema ANKOM con adición de amilasa. Se obtuvo el nitrógeno no proteico (NNP) en leche, por Kjeldahl en sobrenadante luego de precipitar con ácido tricloroacético (AOAC, 1991; IDF, 1993). El contenido de caseína se estimó por diferencia entre N total y NNP. El contenido de grasa butirosa (GB) de la leche se analizó con Milkotester (Foss Hilert Denmark).

Se analizaron los resultados del experimento con la subrutina GLM (SAS-6.12-1996), de acuerdo al siguiente modelo de efectos fijos con interacciones: $Y_{ijkl} = \mu + C_i + A_{ij} + P_{ik} + T_l + (CT)_{il} + e_{ijkl}$, donde:

Y_{ijkl} = variable respuesta

μ = promedio del experimento

C_i = efecto del i-ésimo cuadrado (1,...,4)

A_{ij} = efecto del j-ésimo animal en el i-ésimo cuadrado

P_{ik} = efecto del k-ésimo período i-ésimo cuadrado

T_l = efecto del l-ésimo tratamiento (1,...,4)

$(CT)_{il}$ = interacción entre el i-ésimo cuadro por el l-ésimo tratamiento

e_{ijkl} = efecto aleatorio (error)

Los perfiles metabólicos se analizaron por ANVA (GLM-SAS 6.12) para un diseño en bloques completos aleatorizados seguido de la prueba de Tukey ($P < 0.05$) en el caso de detectar efectos significativos.

Resultados y Discusión

El Cuadro 1 contiene la composición química de los ingredientes y dietas. La composición de las dietas se estimó utilizando los datos de composición y consumo de los ingredientes. Los contenidos de

PB y fibra del ensilaje de alfalfa se mantuvieron muy cercanos a los del forraje original, destacándose un 33% de reducción del contenido de hemicelulosa, que pasó de 24.68 a 16.59%, sugiriendo su probable

Cuadro 1. Composición química de ingredientes y dietas

Alimento	Relación F:C	MS (%)	Composición (% MS)				
			PB	FDN	FDA	Hemicelulosa	Cenizas
<u>Ingrediente</u>							
Pastura de Alfalfa*		40.96	22.50	49.90	25.22	24.68	12.70
Ensilaje de Alfalfa		33.98	19.89	44.01	27.42	16.59	11.50
Pulpa Citrosa		85.42	6.01	30.62	17.11	13.51	6.22
Grano de Trigo		86.65	14.21	14.50	8.00	6.50	2.34
Grano de Sorgo		85.34	8.59	23.00	5.00	18.00	1.56
<u>Dieta</u>							
SA	100:0	35.88	14.89	43.90	27.32	16.56	11.72
SAPC	64:36	52.49	16.12	39.10	23.70	15.40	9.66
SAS	67:33	50.93	17.90	37.00	19.90	17.20	8.22
SAT	65:35	52.41	9.80	33.70	20.60	13.10	8.30

*Datos de la pastura al momento de ser ensilada.

SA: Ensilaje de Alfalfa; PC: Pulpa citrosa; S: Grano de sorgo; T: Grano de trigo; F:C: Relación forraje-concentrado; MS: Materia seca; PB: Proteína bruta; FDN: Fibra insoluble en detergente neutro; FDA: Fibra insoluble en detergente ácido.

participación en el proceso fermentativo. Los concentrados presentaron diferencias marcadas en su contenido proteico y de fibra, siendo T el de mayor PB y S y la PC los de mayor FDN. Entre éstos dos, la PC registró mayor FDN y FDA, y si bien con un alto contenido de hemicelulosa y contrariamente a lo esperado, su valor energético fue menor al S. Se entendió que el contenido de hemicelulosa de los granos de sorgo probablemente aparezca artificialmente alto debido a que la fracción FDN incluyó a los taninos (insolubles en el detergente neutro). A pesar de las diferencias entre ingredientes, todas las dietas cubrieron el requerimiento proteico recomendado (AFRC, 1998), siendo los tratamientos SAT y SA los de mayor (19.8%) y menor (14.89%) valor respectivamente. En cuanto a fibra, la dieta de mayor contenido de FDN fue la SA (43.9%), y en segundo lugar la de SAPC (39.1%). Los contenidos de FDN para SAS y SAT fueron 37% y 33.7% respectivamente. Todas cumplieron con la recomendación para bovinos lecheros de un mínimo de 25 a 28% de FDN en la dieta total, de la que el 75% debe ser aportado por forrajes (NRC, 2001). Esta recomendación no toma en cuenta la fibra de los concentrados ni la influencia del origen o del tamaño de partícula sobre su efectividad. Las diferencias en contenido de FDA fueron menos marcadas, siendo bastante similares entre las dietas suplementadas y algo mayor para la de puro ensilaje de alfalfa.

A pesar de que los concentrados se suministraron en cantidades conocidas y preestablecidas y que el ensilaje se ofreció *ad libitum*, todos los

tratamientos suplementados resultaron en relaciones forraje:concentrado (F:C) semejantes entre 64:36 y 67:33 (Cuadro 1).

En el Cuadro 2 se muestran los datos de producción y composición de la leche.

La producción de leche de los tratamientos suplementados fue mayor ($P < 0.05$) que en el SA sin detectarse diferencias significativas entre sí ($P > 0.05$). Resultados similares se observaron para la LCG y para la leche corregida por grasa y proteína (LCGP). Entre otros factores, el alto contenido de FDN del tratamiento SA junto a la acidez propia de los forrajes ensilados habría limitado el consumo de MS y en consecuencia el aporte de energía para la producción de leche. En cuanto a la grasa butirosa (GB), el mayor contenido se registró en el tratamiento SA y sólo hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos SA y SAPC. El valor mínimo encontrado (3.50 %) fue superior al citado por el AFRC (1998) como normal para la raza Saanen (2.88 %) o para la British Saanen (2.92 %), y fue coherente con el consumo de fibra del tratamiento SA. De acuerdo con Mephan (1983) y Palmquist *et al.* (1993) ello también pudo deberse a la contribución de la pérdida de peso de los animales de ese tratamiento (-96.6 g/d). En efecto, en los precursores de la síntesis de GB a partir de la movilización de reservas corporales, los ácidos grasos provienen de los quilomicrones y las lipoproteínas de baja densidad (LDLP), parte de las cuáles se originan en hígado a partir de los ácidos grasos no esterificados (AGNE, Cuadro 3) de las reservas corporales (Bauman y Griinari, 2003). El

Cuadro 2. Medias por dieta de la producción y composición de la leche y cambio de peso vivo de las cabras

Variable	Dieta				E.E.
	SA	SAPC	SAT	SAS	
Producción Leche (L/d)	1.4 a	1.7 b	1.7 b	1.6 b	0.09
GB ¹ (%)	4.1 a	3.5 b	3.6 ab	3.7 ab	0.18
GB (g/día)	57.4	56.6	60.8	60.5	0.22
LCG 4% ² (L/d)	1.4 a	1.5 b	1.6 b	1.6 b	0.02
LCCP ³ (L/d) _s	1.5 a	1.6 b	1.6 b	1.6 b	0.09
NT ⁴ (%)	3.3	3.2	3.1	3.3	0.69
NNP ⁵ (%)	0.05	0.06	0.06	0.05	0.01
Proteína bruta total (%) ⁶	3.26	3.23	3.12	3.31	0.78
Proteína bruta total (g/d) ⁷	0.05	0.06	0.05	0.05	0.01
Caseína (%) ⁸	2.9	2.8	2.7	2.9	ND ⁹
Variación de peso vivo (g/d)	-96.6 a	38 b	22.1 b	97.5 b	13

¹GB: Grasa butirosa

²LCG 4%: Leche corregida al 4% de grasa = (Litros x 0.4) + (kg GB x 15)

³LCCP: Leche corregida por grasa y proteína = (0.349 + 0.107*%GB + 0.067*% prot)*1 leche)

⁴NT: Nitrógeno total;

⁵NNP: Nitrógeno no proteico

⁶Proteína total (%) = NT*6.38

⁷Proteína total (g/d) = NT*6.38 * Prod. Leche (l/d)

⁸Caseína (%) = (NT-NNP)*6.38

⁹ND: No determinado

Cuadro 3 resume los resultados de los perfiles metabólicos.

Claramente, las concentraciones de AGNE reflejaron el efecto dieta ($P < 0.05$) pero no del tipo de carbohidrato ($P > 0.05$). Tampoco hubo efecto de tratamiento en la uremia ni en la glucemia ($P > 0.05$), ambos dentro de límites normales. El promedio de AGNE de los tratamientos suplementados (112.5 mEq/L) fue un 55% inferior al del SA, coherente con la pérdida de peso de los animales de ese tratamiento (-96.6 ± 3.25 g/d) vs. la ganancia promedio de RR (52.5 ± 39.7 g/d) de los suplementados, confirmando la lipomovilización producida. Contra lo esperado, la uremia del SA no fue diferente a los tratamientos suplementados, ubicándose en los extremos más altos del rango normal. Aunque el ensilaje de alfalfa se valoró como de alta calidad por su composición química, y por sus características organolépticas, como único alimento no permitió un consumo de MS y de energía suficiente para cubrir los requerimientos de mantenimiento y producción, insuficiencia reflejada en la pérdida de peso (Cuadro 2).

El consumo de MS procedente de ensilaje de alfalfa en tratamiento SA (2.5% PV) fue menor ($P < 0.05$) al promedio de MS total en los otros tres tratamientos (3.5% PV) lo que expresado relativo al peso metabólico es igual a 74.9 ± 1.7 vs. 95.4 ± 0.9 g/kg PV^{0.75} (Cuadro 4). El consumo de MS en SA

fue apenas un 4.5% menor a los 78.4 g MS/kg PV^{0.75} informado por Morand-Fehr y Sauvant (1980) obtenidos con un primer crecimiento de pasturas de raigras (*Lolium multiflorum*), pasto ovilla (*Dactylis glomerata*), festuca (*Festuca arundinacea*) y trébol rojo (*Trifolium pratense*), cuya calidad y características organolépticas son diferentes al ensilaje de alfalfa. En cabras lecheras, se conoce que el impacto del tipo de forraje (especie, número de corte, estado ontológico al corte y método de conservación), depende del consumo que permite lograr y de su contenido energético. Morand-Fehr y Sauvant (1980) encontraron una correlación positiva entre el rendimiento de leche y la EN de los forrajes y una negativa con el contenido de fibra de los mismos, con un efecto mínimo de su contenido proteico. Pocos estudios han comparado el efecto del tipo de forraje en función de su forma de conservación, y no se encontró ninguno realizado con alfalfa cortada y ensilada en otoño. Así, los forrajes consumidos frescos y los henos peletizados son los que sostienen una mayor producción de leche. Por sí solo, el ensilaje de maíz reduce la producción de 5-15%, en tanto que los henos de leguminosas de calidad media son los que tienen la mayor influencia negativa (Morand-Fehr y Sauvant, 1980). En todos los casos, las variaciones en el contenido de fibra parece haber sido la causa de las diferencias encontradas en consumo y producción de leche. Esto, sin embargo, no explica la similitud de

Cuadro 3. Concentraciones de Urea, Glucosa, y AGNE* en sangre de cabras lecheras en producción

Tratamiento	Urea (mg/L)	Glucosa (mg/L)	AGNE (mEq/L)
SA	498 ± (0.04)	553 ± (0.04)	250.8 ± (47.6)a
SAPC	452 ± (0.03)	569 ± (0.03)	107.4 ± (29.9)b
SAS	509 ± (0.03)	529 ± (0.02)	135.5 ± (21.2)b
SAT	497 ± (0.05)	542 ± (0.02)	94.5 ± (14.4)b

¹En columnas, medias ± (Error Estándar), seguidas con letras distintas difieren significativamente (Tukey, P < 0.05).

*AGNE: ácidos grasos no esterificados

concentraciones e indiferencia entre los suplementos energéticos en la uremia y glucemia, lo que erróneamente podría llevar a concluir que los diferentes carbohidratos fueron equivalentes.

Los consumos registrados en los tratamientos con concentrado no fueron diferentes entre sí (P > 0.05, Cuadro 4), aunque el agregado de los mismos redujo el de MS de ensilaje. El promedio total de los tres tratamientos fue de 1.9 kg MS/d compuesto por 1.2 kg MS/d de ensilaje de alfalfa y 0.66 kg MS/d de concentrado. Morand-Fehr y Sauvant (1980) encontraron que consumiendo cantidades similares de MS de concentrado (0.64 kg MS/d) las cabras lecheras consumieron un 38% más forraje (1.7 kg MS/d) que en el estudio presente, lo que les permitió alcanzar un consumo total de MS un 18% mayor (2.25 kg MS/d) y una producción de leche un 74% superior (2.9 vs. 1.7 L/d), pero con menor contenido de grasa y proteína. Esto último podría atribuirse a diferencias de raza (Saanen vs. Alpina), de mérito genético y de dieta.

Los porcentajes de PB, de caseína y de NNP de la leche no fueron diferentes entre tratamientos (P > 0.05), aunque superiores a los reportados por Morand-Fehr y Sauvant (1980) y similares a los que encontraron Sampelayo *et al.* (1998) al evaluar concentrados energéticos de distinta naturaleza con cabras lecheras de raza Granadina. Comparando los porcentajes de proteína obtenidos en este trabajo (3.1 a 3.3%) con los citados en bibliografía (Sampelayo *et al.*, 1998; AFRC, 1998; British Milk Marketing Board,

1991) se puede apreciar que para este componente las cabras habrían alcanzado por lo menos, el promedio publicado para la especie y raza, planteando así que la eficiencia de conversión del N de las dietas experimentales habría sido distinta a la esperada, sobre todo con los concentrados energéticos de menor tasa de degradación ruminal. Dado que en este estudio el ensilaje se suministró en cuatro porciones diarias, y que las muestras de sangre se tomaron 3 h después de la primera comida diaria antes del primer suministro de concentrado, se supuso que el régimen de alimentación habría generado picos de NH₃ de magnitud insuficiente como para superar la capacidad de metabolizarlo, enmascarando la diferente capacidad de los concentrados para captar el amoníaco ruminal justo en el pico de absorción del mismo.

Castillo (1999) en una revisión sobre el tema, concluyó que si bien algunos autores encontraron resultados positivos en términos de producción de N microbiano (Sinclair *et al.*, 1995) o cambios en la producción y composición de la leche (Herrera-Saldaña *et al.*, 1990; Shabi *et al.*, 1998), otros encontraron exactamente lo contrario (Kolver *et al.*, 1998; Witt *et al.*, 1999). En particular Kolver *et al.* (1998) con vacas lecheras encontraron que aunque la sincronización entre la degradación ruminal de los carbohidratos con la liberación del nitrógeno de los alimentos aparentemente mejoraba la captura del N y la producción de proteína microbiana, dicha circunstancia era transitoria y no cambiaba el estatus

Cuadro 4. Consumos diarios de ensilaje de alfalfa y de diferentes suplementos por cabras lecheras en producción

Tratamiento	MS ensilaje (% PV)	MS concentrado (% PV)	MS total g (% PV)	MS total (g/kg PV ^{0.75})
SA	2.5a	0.0	2.5	74.9±1.7a
SAT	2.3b	1.2	3.5	95.1±1.1b
SAS	2.4b	1.2	3.6	96.6±0.9b
SAPC	2.3b	1.2	3.5	94.5±0.9b
Promedio*	2.3	1.2	3.5	95.4±0.9

*No incluye al SA. En columnas, medias seguidas de distinta letra difieren P < 0.05.

Cuadro 5. Comportamiento ingestivo y eficiencia de masticación de cabras lecheras

Tratamiento (Forraje:Concentrado)	SA (100:0)	SAPC (64:36)	SAT (65:35)	SAS (67:33)	E. E.
<u>Actividad de Masticación, min./d</u>					
Tiempo de rumia	393a	335a	321a	333a	10.88
Tiempo de consumo	153a	177b	161ab	173ab	3.5
Tiempo total	516a	525a	507b	506b	10.5
<u>Eficiencia de Masticación</u>					
Total min/kg MS consumida	421a	302b	273b	278b	6
min/kg MS forraje consumido	458ab	470a	420b	418b	10
min/g FDN consumido/kg PV ^{0.75}	20.4a	15.4b	16b	15b	1.8

a, b En renglones, medias seguidas de distintas letras difieren ($P < 0.05$).

nutricional del animal. Castillo (1999) evaluó con vacas el contenido de N en orina y heces, derivado del consumo de concentrados de distinta degradabilidad como suplementos de ensilaje de alfalfa, encontrando que los carbohidratos de alta degradabilidad (como el del trigo) aumentaban la excreción de N por vía urinaria y lo reducían en heces, con efectos mínimos sobre el rendimiento y calidad de la leche. Esto permitiría suponer que en este experimento, donde no se detectaron efectos en producción o composición de la leche, los pudo haber habido en la composición de las excretas, aspecto que no fue evaluado. Cabe mencionar que el de Castillo (1999) fue el primer y único estudio encontrado en bibliografía que haya estudiado el problema desde ese enfoque. Por otra parte, Henning *et al.* (1993) han sugerido que más eficiente que sincronizar la liberación ruminal de energía y N sería asegurar un suministro uniforme de concentrado a lo largo del día, manipulando los horarios de alimentación. Consecuentemente, en este trabajo el manejo de la alimentación implementado parece haber sido más importante sobre las concentraciones sanguíneas de urea y glucosa que el tipo de concentrado complementario, dado que en tales condiciones, ninguno de ellos se diferenció de los demás, puesto que aparentemente todos habrían permitido utilizar eficientemente el NH_3 generado en rumen.

El análisis de los cambios de PV de los animales a lo largo del experimento reveló que en el tratamiento SA perdieron peso, mientras que con todas las dietas complementadas se registraron aumentos, en coincidencia con los resultados de Kondos (1972. citado por Morand-Fehr y Sauvant, 1980). A pesar de la variabilidad de incrementos

entre tratamientos (22.1 a 97.5 g/d) no se detectó efectos significativos, y aunque el SAS produjo el mayor aumento de peso, el alto coeficiente de variación impide sacar conclusiones consistentes respecto a éste concentrado energético. Morand-Fehr y Sauvant (1980) analizando la utilización de la energía de las cabras lecheras en mitad de lactancia, destacaron que con consumos de concentrado similares a los de éste estudio, la proporción de energía retenida como reservas corporales fue mayor a la secretada en la leche, con aumentos de peso vivo de la misma magnitud que los aquí encontrados.

Al evaluar el comportamiento ingestivo de cabras alimentadas con heno de alfalfa, avena, y pulpa de remolacha, con distintos tipos de concentrados proteicos como vicia (*Vicia faba*) y garbanzos (*Cicer arietinum*) *ad libitum*, Fedele *et al.* (2002), encontraron que las cabras en lactancia seleccionaron dietas con cantidades variables de energía y proteína en función de su cambiante demanda energética. El empleo de almidón rápidamente degradable permitió atenuar las deficiencias fisiológicas, y las cabras modificaron las concentraciones de energía y proteína consumida, pero la cantidad de MS consumida fue similar en todas las dietas, así como el contenido de FDN al que mantuvieron casi constante en ca. 40%.

Sobre la base de este antecedente, se pensó que en este experimento las cabras podrían haber sido capaces de ajustar el contenido de nutrientes de las dietas variando el consumo de ensilaje, único alimento ofrecido *ad libitum*, y que esto podría haber enmascarado reales efectos de tratamiento. Sin embargo los consumos de MS de ensilaje y de concentrado como %PV fue similar en todos los tratamientos suplementados (2.3% y 1.2% respectiv-

amente, $P > 0.05$; Cuadro 4). El consumo de MS total de los tratamientos suplementados como %PV y en g/kg $PV^{0.75}$ fue un 40% superior al SA, diferencia consistente con su producción de leche y la pérdida de PV. Resultados semejantes encontraron Petit y Tremblay (1995), Keady *et al.* (1998) y Castillo (1999), con vacas lecheras consumiendo ensilaje de alfalfa suplementadas con concentrados de distinta composición y degradabilidad.

El Cuadro 5 contiene los registros de actividad masticatoria. El análisis del tiempo de rumia no mostró diferencias significativas entre tratamientos ($P > 0.05$).

En el tiempo dedicado al consumo sólo hubo diferencia ($P < 0.05$) entre SA y el suplementado con pulpa citrosa. En tiempo total de masticación los mayores registros fueron para SA y SAPC; se encontró diferencia ($P < 0.03$) entre SA y los suplementados con trigo y sorgo, pero no entre SA y SAPC ni entre SAT y SAS ($P > 0.05$). El mayor tiempo de masticación de SA y SAPC coincidió con su mayor contenido de FDN y FDA, en tanto que el menor tiempo de masticación y consumo fue para SAT. Las actividades masticatorias pueden ser influenciadas por la relación forraje a concentrado (F:C) de la dieta. Con cabras Saanen y cruza con Marota alimentadas con relaciones F:C desde 45:55 a 75:25, Kawas *et al.* (1991b) encontraron tiempos de consumo entre 188 y 207 min/d y tiempos de rumia desde 299 a 363 min/d. En cabras lecheras está demostrada una relación lineal entre el consumo de fibra y las actividades masticatorias. A mayor consumo de fibra, aumentan todos los tiempos masticatorios (consumo, rumia y total) (Santini *et al.*, 1991, 1992).

Santini *et al.* (1992) encontraron que cabras lecheras en lactación dedicaron 183 a 263 min/d al consumo, y 249 a 364 min/d a la rumia, consumiendo dietas de heno de alfalfa suplementado con una premezcla de maíz y harina de soja, y con contenidos de fibra total entre 14 y 26%. Con la información publicada, Lu *et al.* (2005) desarrollaron

modelos para predecir el tiempo total de masticación en función de la FDA consumida, en porcentaje o en g/d, con valores de $r^2 = 0.69$ y 0.36 , respectivamente. Con los datos del presente estudio, el modelo que utiliza el % FDA de la dieta (que es el más robusto) predijo tiempos totales de masticación que superaron en un 66% al valor observado en SA y en 32% al promedio a los otros tratamientos. Esta aparente discrepancia podría deberse a que los modelos de predicción se desarrollaron utilizando esencialmente dietas con forrajes henificados (secos, no picados) y no con dietas en base a ensilaje de alfalfa. Por otra parte se ha informado que el tamaño corporal per se explica más del 50% de las variaciones de las actividades masticatorias (Bae *et al.*, 1979); y Welch (1982) mostró que los animales más grandes requerían menos tiempo de masticación por unidad de fibra consumida, corregido por su tamaño metabólico. Así el tiempo total de masticación por g de FDN y corregido por el $PV^{0.75}$ disminuyó de 21.2 a 16.3 min/g $FDN^*(kg PV^{0.75})^{-1}$ al disminuir la relación F:C de 75:25 a 45:55 (Kawas *et al.*, 1999). Los tiempos de masticación registrados, de algún modo reflejados en el contenido de GB de la leche producida, sugieren (pero no prueban porque no se evaluó) que la cantidad de fibra consumida por los animales, así como el tamaño de partícula del forraje suministrado habrían sido suficientes como para generar una producción de saliva que regulara adecuadamente el pH ruminal (Kawas *et al.*, 1991a). La otra posibilidad es que la rutina de alimentación haya contribuido a reducir no sólo los picos de NH_3 en rumen sino también a controlar posibles cuadros de acidosis subclínica. Recientemente Lu *et al.* (2005), con la salvedad de que la información acumulada es todavía insuficiente como para proponer estándares definitivos, han sugerido que 18-20% FDA o 41% FDN son los niveles nutricionalmente adecuados para cabras lecheras en producción. Los resultados de este trabajo respaldan esa sugerencia.

Conclusión

Se demostró que es factible alimentar adecuadamente cabras lecheras en producción con dietas basadas en ensilaje de alfalfa de otoño, complementadas con diferentes concentrados energéticos, pero no con el ensilaje como único alimento.

A pesar de la diferente naturaleza de los concentrados suministrados en cantidades fijas, las cabras regularon el consumo de ensilaje, ofrecido *ad*

limitum cuatro veces por día, tal que las relaciones F:C fueron similares, con niveles nutricionales adecuados a sus requerimientos. Los resultados obtenidos sugieren que los distintos concentrados energéticos habrían sido funcionalmente equivalentes al no permitir destacar ninguna diferencia significativa entre ellos en producción, composición de la leche o en comportamiento ingestivo.

En las condiciones en que se condujo este estudio, la rutina de alimentación habría tenido más impacto que las características fisicoquímicas de los alimentos.

Concentraciones de 20 a 27% de FDA y de 33 a 44% de FDN en las dietas de cabras Saanen parecerían ser apropiados para normalizar la función ruminal y el desempeño productivo.

Agradecimientos

Trabajo financiado por el Proyecto UBACyT T-AG 012 (1998-2000) "Mejoramiento de la calidad de

leche de cabra" y por la Fundación "Pedro F. Mosoteguy".

Literatura Citada

- Adrich, J., C. Akey, and O. Lewisburg. 1998. Putting the carbohydrates and protein (amino acids) together for optimum profit and performance. Disponible en: <http://www.das.psu.edu/dairymap/publication/dadmc97/paper10.htm>
- AFRC 1998. The Nutrition of Goats. Technical Committee on Responses to Nutrients, Report No. 10. CAB International, Wallingford, UK, pp. 1-32.
- AOAC. 1991. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington DC.
- Arias, M. y A. Alonso. 2002. Estudio sobre sistemas caprinos del norte de la provincia de Córdoba, Argentina. Arch. Zootec. 51(195): 341-349.
- Bae, D. H., J. G. Welch, and A. M. Smith. 1979. Forage intake and rumination by sheep. J. Anim. Sci. 49:1292-1299.
- Bauman, D. E. and M. Griinari. 2003. Nutritional regulation of milk fat synthesis. Annu. Rev. Nutr. 23: 203-227.
- Beever, D. E. 1993. Rumen function. In: Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism. C.A.B. International, Wallingford, U. K. pp. 187-215.
- British Milk Marketing Board. 1991. <http://www.adga.org>
- Castillo A. 1999. Improving nitrogen utilisation in dairy cows. PhD Thesis, The University of Reading (U.K.).105 p.
- Choung, J. J. and D. G. Chamberlain. 1995. Effects of intraruminal infusion of propionate on the concentrations of ammonia and insulin in peripheral blood of cows receiving an intraruminal infusion of urea. J. Dairy Res. 62:549-557.
- Dijkstra, J., J. France, and D. R. Davies. 1998. Different mathematical approaches to estimating microbial protein supply in ruminants. J. Dairy Sci. 81(12):3370-3384.
- Fedele, V., S. Claps, R. Rubino, M. Calandrelli, and A. M. Pilla. 2002. Effect of free-choice and traditional feeding systems on goat feeding behaviour and intake. Livest. Prod. Sci. 74(1): 19-31.
- Henning, P. H., D. G. Steyn, and H. H. Meissner. 1993. Effect of synchronization of energy and nitrogen supply on ruminant characteristics and microbial growth. J. Anim. Sci. 71:2516.
- Herrera-Saldaña, R., J. T. Huber, and M. H. Poore. 1990. Dry matter, crude protein and starch degradability of cereal grains. J. Dairy Sci. 73(9):2386-2393.
- Hutjens, M. F. 1996. Practical approaches to feeding the high producing cow. Anim. Feed Sci. Tech. 59(1-3):199-206.
- IDF. 1993. International Dairy Federation. Methods of analysis N° 20 B.
- Jaurena, G. 1996. Análisis de la contribución de los granos como aditivos para ensilajes de alfalfa. Tesis Maestría. Pontif. Univ. Católica de Chile. 77p.
- Kawas, J. R., N. Jorgensen, and J. L. Danelón. 1991a. Fiber requirements of dairy cows: optimum fiber level in alfalfa based diets for high producing cows. Livest. Prod. Sci. 28:107-119.
- Kawas, J. R., J. Lopes, J. L. Danelón, and C. D. Lu. 1991b. Influence of forage to concentrate ratio on intake digestibility, chewing and milk production of dairy goats. Small Rumin. Res. 4:11-18.
- Kawas, J. R., W. H. Schacht, J. M. Shelton, E. Olivares, and C. D. Lu. 1999. Effects of grain supplementation on the intake and digestibility of range diets consumed by goats. Small Rumin. Res. 34, 49-56.
- Keady, T. W. J., C. S. Mayne, and M. Marsden. 1998. The effects of concentrate energy source on silage intake and animal performance with

- lactation dairy cows offered a range of grass silages. *Anim. Sci.* 66:21-33.
- Kelly, J. M., B. W. McBride, and L. P. Milligan. 1993. *In vitro* ouabain-sensitive respiration and protein synthesis in ruminal epithelial papillae of Hereford steers fed either alfalfa or brome grass hay once daily. *J. Anim. Sci.* 1(10):2799-2808.
- Kolver, E., L. D. Muller, G. A. Varga, and T. J. Cassidy. 1998. Synchronization of ruminal degradation of supplemental carbohydrate with pasture nitrogen in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 81(7):2017-2028.
- Lobley, G. E., A. Connell, M. A. Lomax, D. S. Brown, E. Milne, A. G. Calder, and D. A. H. Farningham. 1995. Hepatic detoxification of ammonia in the ovine liver: possible consequences for amino acid catabolism. *Br. J. Nutr.* 3(5):667-685.
- Lu, C. 1988. Grazing behaviour and diet selection of goats. *Small Rumin. Res.* 1(3): 205-216.
- Lu, C., J. R. Kawas and O. G. Mahgoub. 2005. Fibre digestion and utilization in goats. *Small Rumin. Res.* 60 (1-2): 45-52.
- Mephan, T. B. 1983. Physiological aspect of lactation. In: T. B. Mephan (Ed.) *Biochemistry of lactation*. Elsevier, Amsterdam. Cap. 1, pp. 3-29.
- Morand-Fehr, P. and D. Sauvant. 1980. Composition and yield of goat milk as affected by nutritional manipulation. *J. Dairy Sci.* 63(10):1671-1980.
- NRC. 1981. *Nutrient Requirements for Goats*. Nat. Acad. Sci. Washington DC.
- Palmquist, D. L., A. D. Beaulieu, and D. M. Barbano. 1993. ADSA Foundation Symposium: Milk Fat Synthesis and Modification: Feed and animal factors influencing milk fat composition. *J. Dairy Sci.* 76:1753-1771.
- Petit, H. V. and G. F. Tremblay. 1995. Milk production and intake of lactating cows fed grass silage with protein and energy supplements. *J. Dairy Sci.* 78(2):353-361.
- Reid, R. L., G.A. Jung, J. M. Cox-Ganser, B. F. Rybeck, and E. Townsend. 1990. Comparative utilization of warm-and cool-season forages by cattle, sheep and goats. *J. Anim. Sci.* 68(4): 2986-2994.
- Sampelayo, M. R., L. Perez, J. Boza, and L. Amigo. 1998. Forage of different physical form in the diets of lactating Granadina goats: Nutrient digestibility and milk production and composition. *J. Dairy Sci.* 81(2):492-498.
- Santini, F. J., C. D. Lu, M. J. Potchoiba, and S. W. Coleman. 1991. Effects of acid detergent fibre intake on early postpartum milk production and chewing activities in dairy goats fed alfalfa hay. *Small Rumin. Res.* 6(1-2): 63-71.
- Santini, F. J., C. Lu, M. J. Potchoiba, J. Fernandez, and S. Coleman. 1992. Dietary fibre and milk yield, mastication, digestion and rate of passage in high Alpine goats fed alfalfa hay. *J. Dairy Sci.* 75(1), 209-219
- Sahlu T. and A. Goetsch. 1998. Feeding the pregnant and milking doe. In: *Proc. 13th Ann. Goat Field Day*, Langston University, Langston, OK. p. 4-20
- Shabi, Z., A. Arieli, I. Bruckental, Y. Aharoni, S. Zamwel, A. Bor, and H. Tagari. 1998. Effect of the synchronization of the degradation of dietary crude protein and organic matter and feeding frequency on ruminal fermentation and flow of digesta in the abomasum of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 81(1):1991-2000.
- Sinclair, L. A., P. C. Garnsworthy, J. R. Newbold, and P. J. Buttery. 1995. Effect of synchronizing the rate of dietary energy and nitrogen release in diets with a similar carbohydrate composition on rumen fermentation and microbial protein synthesis in sheep. *J. Agric. Sci.* 124:463-472.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583.
- Welch, J. G., 1982. Rumination, particle size, and passage from the rumen. *J. Anim. Sci.* 54(2): 885-894.
- Witt, M. W., L. A. Sinclair, R. G. Wilkinson, and P. J. Buttery. 1999. The effect of synchronizing the rate of release of dietary energy and nitrogen to the rumen on the metabolism and growth of ram lambs given food at restricted level. *Anim. Sci.* 69(2):627-636.