

EFFECTOS DEL TIPO DE PROTEÍNA SUPLEMENTADA A VACAS DE LECHE EN PASTOREO SOBRE LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA LECHE

G. Salcedo

Dpto. de Tecnología Agraria del I.E.S. "La Granja",
39792 Heras. Cantabria, España

RESUMEN

Veinticuatro vacas Frisonas con partos agrupados a la salida del invierno fueron distribuidas en tres grupos de 8, según un diseño en cuadrado latino 3x3: 3 concentrados de diferente contenido en proteína indegradable, denominados [concentrado de pescado (CP: 48,6%); soja (CS: 37,7%) y algodón (CA: 42,5%)], durante tres períodos experimentales de 35 días cada uno y siete de adaptación, para estudiar los efectos sobre la producción y composición química de la leche, suero sanguíneo y líquido ruminal en condiciones de pastoreo. Cada una de las fuentes de proteína iba incluida en 4,5 kg de materia seca de concentrado por vaca y día.

Los resultados no mostraron diferencias en la producción de leche real, pero sí ($P < 0,05$) al 4% grasos; las concentraciones de proteína bruta, caseína y nitrógeno proteico no fueron diferentes entre fuentes de proteína y, sí ($P < 0,001$) para éste último entre períodos. El contenido de urea en leche fue igual entre CP y CS (329 mg/l) y diferente ($P < 0,01$) con respecto a CA. Las concentraciones séricas no presentaron diferencias significativas, con valores de urea (mg/dl), glucosa (mg/dl) y proteína bruta (g/dl) de 24,1, 58,1 y 6,82; 26, 59,2 y 6,85; 29,9, 60,3 y 6,81 respectivamente para los tratamientos CP, CS y CA. El pH y N-NH₃ del líquido ruminal no presentaron diferencias significativas entre tratamientos.

Palabras clave: Vacas lecheras, Pasto, Proteína indegradable.

SUMMARY

EFFECTS OF THE KIND OF PROTEIN GIVEN TO MILK COWS GRAZING ON THE PRODUCTION AND CHEMICAL COMPOSITION OF THE MILK

Twenty-four Friesian spring calving cows were divided into three groups of 8 cows, as a Latin square 3x3: 3 concentrates of different contents in non-degradable protein, called fish concentrate (CP:48.6%); soya (CS:37.7%) and cotton (CA:42.5%), during three experimental periods of 35 days each and seven for adaptation, to study the effects on the production and chemical composition of the milk, serum and ruminal liquid in grazing conditions. Each of the sources of protein was included in 4.5 kg of dry matter per cow and day. The results did not show any difference in the milk production, but difference was a ($P < 0.05$) in fat corrected milk₄; the concentrations of crude protein, casein and proteic nitrogen were not different between sources of protein, except ($P < 0.001$) for the last, between periods. The content of urea in milk was similar between CP and CS (329 mg/l) and different ($P < 0.01$) with respect to CA. The concentrations of serum have not very important differences, in urea values

(mg/dl), glucose (mg/dl) and crude protein (g/dl), 24.1, 58.1 and 6.82; 26, 59.2 and 6.85; 29.9, 60.3 and 6.81 for the treatments CP, CS and CA respectively. The pH and N-NH₃ of ruminal liquid had not important differences between treatments.

Key words: Dairy cows, Pasture, Non-degradable protein.

Introducción

El racionamiento proteico de las vacas lecheras ha sufrido grandes avances en los últimos años, debido a los numerosos experimentos realizados sobre la disponibilidad y calidad de la proteína absorbida en el intestino para síntesis de proteína en leche. La suplementación con proteína no degradable en rumen (PNDR) a vacas lecheras está justificada, porque la alta producción requiere más proteína que la proporcionada por los microbios ruminales. Esto, a veces no se cumple, puesto que la síntesis de proteína microbiana se ve reducida por la sustitución de fuentes más degradables por otras de menor degradabilidad que deprimen la adecuada disponibilidad de N a los microbios ruminales (ALDRICH *et al.*, 1993).

En la Cornisa Cantábrica, la hierba de pradera representa el recurso forrajero más importante en la dieta del vacuno lechero durante la mayor parte del año. Cuando es en pastoreo, su contenido en proteína bruta es alto (STAKELUM, 1984; NUÑO *et al.*, 1990; SALCEDO, 1994); además, muy degradable (STAKELUM, 1984; SALCEDO, 1998), lo que cabe pensar en un flujo bajo de proteína indegradable que llega al intestino delgado, corrigiéndose en parte con suplementos proteicos de baja degradabilidad, máxime cuando el contenido en proteína de la leche ha sido incorporado como factor de valoración económica.

Esta desigualdad entre N degradable e indegradable provoca desequilibrios nutricionales que pueden ocasionar alteraciones en la disponibilidad de nutrientes para síntesis de componentes lácteos, principalmente proteína. Así, el NRC (1989) señala que las necesidades PNDR para vacas lecheras de alta producción o al principio de lactación debe situarse entre 39 y 42% de la proteína total.

Los trabajos de ROGERS *et al.* (1979 y 1980) y SALAM *et al.* (1996) indican mejoras substanciales en la utilización del N de la dieta sobre la producción y composición química de leche, cuando el suministro de aminoácidos al intestino delgado se incrementa, bien sea por estimulación de la síntesis de proteína microbiana o por el suministro de proteínas de baja degradabilidad; por el contrario, ZERBINI *et al.* (1988) no observan respuestas significativas cuando se añade PNDR extra a dietas de vacas lecheras.

Por otro lado, el elevado consumo de proteína bruta y proteína degradable en pastoreo afecta directamente al contenido de urea en leche (GONZÁLEZ y VÁZQUEZ, 1997). Así, NAGEL (1994) sobre 16.000 muestras de leche encuentra una gran variabilidad de 150 a 300 mg de urea por kg de leche y, entre sistemas de alimentación CARLSSON *et al.* (1995) aprecian un menor contenido en estabulación que en pastoreo.

El objetivo del presente experimento fue determinar el efecto de la suplementación

con concentrados de diferente proteína indegradable en rumen de vacas lecheras en pastoreo al principio de la lactación, sobre la producción y composición química de la leche, perfil sérico y caracterización de la fermentación ruminal.

Material y métodos

Animales y dietas

Durante el pastoreo de primavera (3 de marzo al 7 de julio del 1998) veinticuatro vacas Frisonas con partos agrupados a la salida del invierno (fecha media de parto 22 de febrero \pm 18; peso vivo 611,3 \pm 22 kg; producción 18,6 \pm 2,95 litros; 2,98% \pm 0,10 de proteína y 4,82% \pm 0,38 de grasa) fueron distribuidas en tres lotes de 8 vacas a la hora de recibir el concentrado, según un diseño en Cuadrado Latino 3 x 3 (3 periodos x 3 concentrados). Los períodos experimentales son de 35 días y 7 de adaptación a los diferentes concentrados.

La alimentación fue a base de pasto como base forrajera, formado por raigrás inglés

(cv. Huia) y trébol blanco (cv. Tove) y, suplementadas con 4,5 kg de materia seca de concentrado; éste último, formulado para suministrar tres aportes diferentes de proteína no degradable en rumen [Concentrado pescado (CP, 48,3%); Concentrado soja (CS, 37,8%) y Concentrado algodón (CA, 42,5%)], cuadro 2. El concentrado era ofrecido después del ordeño de mañana y en una sola toma.

Praderas

La superficie total fue de 8 has, distribuidas en otras tantas parcelas, dos de las cuales se cerraron dos veces para ensilado el 25% y 37,5% de la superficie hasta el 15 de abril y 22 de mayo para el primero y segundo corte respectivamente; después se incorporaron al pastoreo rotacional. El abonado de fondo consistió en la aportación de 40, 120 y 80 kg de N-P₂O₅-K₂O por ha. Después de cada de pastoreo las praderas recibieron 32 kg de N/ha. Los días de pastoreo/ha oscilaron desde 4,6 en el primer período a 2,4 el tercero. La decisión del cambio de parcela se hace cuando la hierba tiene una altura de 6 a 7 cm. Todas las par-

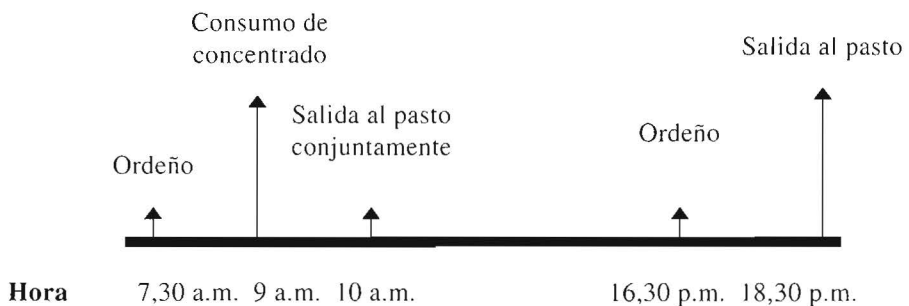


Figura 1. Manejo diario de las vacas.
 Figure 1. The daily manages the cows.

celas disponen de bebederos automáticos y puntos para la colocación de piedras minerales. La figura 1 representa el manejo diario del rebaño a lo largo de la experiencia.

Mediciones experimentales

La ingestión media diaria de hierba en kg materia seca (MS) vaca, día y pastoreo se estimó como $(Oferta_n - Rechazo_{n-1}) + VC_n (d_1 - d_2)/n$; donde d_1 y d_2 son las fechas de medición (una a la entrada del pastoreo y otra el día de salida) de la oferta y rechazos respectivamente y n el número de vacas; VC_n es la velocidad de crecimiento de la hierba en kg de MS/ha y día, estimada a partir de la expresión $(Oferta_n - Rechazo_{n-1}) + (d_1 - d_2)$.

En cada caso, la superficie muestreada se determinó segando cinco franjas de 10 cm de ancho a lo largo de un listón de 2 m, lanzada cinco veces al azar con segadora a pilas, repitiéndose esta operación dos veces de cada aprovechamiento de las parcelas abiertas a pastoreo para la oferta y una de rechazos.

Las vacas fueron ordeñadas dos veces al día (7,30 a.m. y 16,30 p.m.) y, una vez por semana (martes) se registraba la producción individual, donde una alícuota de cada ordeño era depositada en un contenedor hermético para su posterior análisis.

Quincenalmente los animales eran pesados antes de la salida al pasto.

Análisis de los alimentos

La materia seca se determinó en estufa a 60°C durante 48 horas; cenizas por incineración de la muestra a 550°C; fibra ácido y neutro detergente (FAD y FND), según

GOERING y VAN SOEST (1970) para el pasto y, la FND del concentrado determinado según VAN SOEST *et al.* (1991); proteína bruta (PB) como N-Kjeldhal x 6,25; el coeficiente de digestibilidad de la materia orgánica (Do) del pasto se estimó como $Do = 5,3 + 0,71D_{iv} + 0,35 FND$; D_{iv} es la digestibilidad enzimática de la materia orgánica determinada por el método FND-celulasa (RIVEROS y ARGAMENTERIA, 1987); la energía metabolizable (MJ/kg MS) = $k \times MOD$, donde $MOD = MO \times Do/100$ y $k = 0,16$ (MAFF, 1984); la energía neta de lactación como (Mcal/kg/MS) = $EM (Mcal/kg MS) \times kl (0,62)$ (MAFF, 1976). La concentración energética de los concentrados como ENI (Mcal/kg de MS) fue estimada según el NRC (1989). La composición química del pasto fue determinada dos veces por pastoreo (siempre de la oferta) y, los concentrados tres veces por período.

La cinética de degradación ruminal de la proteína bruta (PB) de los diferentes concentrados se estimó por regresión no lineal usando el PROC NLIN de SAS (1985) de forma independiente para cada animal, utilizando el modelo matemático $y = a + b [1 - e^{-(c \cdot t)}]$ descrito por ØRSKOV y McDONALD (1979). La degradabilidad efectiva (De) de la PB fue calculada para una velocidad de vaciado ruminal de $k = 0,06 h^{-1}$, $De = a + [(b \cdot c) / c + k]$. Para tal efecto se llevaron a cabo dos incubaciones con dos vacas fistulizadas en rumen por concentrado en cada período, introduciéndose las bolsas a las 8 a.m., retirándolas después de 2, 4, 8, 16, 24 y 48 horas. Para cada tiempo de incubación, réplica y vaca se introdujeron 6 bolsas. El tamaño de poro de la bolsa utilizada fue de 45 mm con medidas útiles de 13 x 7,7 cm, introduciéndose 3 g de alimento (33,3 cm² por gramo de muestra). Retiradas las bolsas, fueron lavadas con agua fría en una lavadora durante tres períodos de 5

minutos cambiando el agua entre ellos y secadas en estufa de aire forzado durante 48 horas a 60° C.

La degradabilidad de la PB del pasto fue tomada a partir de datos propios obtenidos en estudios de degradabilidad *in vivo* (SALCEDO, 1998) y de estas mismas praderas, con semejante manejo entre años.

Análisis de la leche

El análisis de la proteína bruta (N x 6,38), grasa, lactosa y sólidos no grasos fueron determinados en el Laboratorio Interprofesional Lechero de Santander con Milko-Scan 4000 y el contenido en urea (se estimó como Nitrógeno No Proteico) en el Laboratorio de Nutrición Animal del I.E.S. "La Granja" según norma del Diario Oficial de las Comunidades Europeas N° L 155 de 12 de julio de 1973. El N no caseínico fue determinado por análisis Kjeldahl del filtrado después de precipitar con ácido acético 10% y 1 N acetato de sodio (CASADO, 1982). El N caseínico estimado como la diferencia entre el N total y N no caseínico. El N proteico sobre el N total fue estimado por diferencia entre el porcentaje de N que representa la urea menos el N total.

Determinaciones séricas

Las muestras se obtuvieron por venopunción de la vena mamaria en el momento del ordeño de mañana (7,30 a.m.) sobre un venoject sin anticoagulante, siempre los martes, coincidiendo con el día de control lechero y análisis químico de la leche; sobre dicha muestra, fue realizada *in situ* el contenido en glucosa con glucómetro modelo Elite 3902, después en el laboratorio los tubos fueron colocados al baño

maría a 30°C y centrifugados; del sobrenadante, se determinó por espectrofotometría con kit de QCA (Química Clínica Aplicada) el contenido de urea y proteína bruta.

Líquido ruminal

Dos vacas provistas con cánula ruminal (10 cm; Bar Diamond Inc., Parma, ID), rotaban cada diez días por los diferentes tratamientos (CP, CS y CA), tomándose muestras del líquido ruminal durante los dos últimos para determinar el pH y N-amoniaco. Inmediatamente a la extracción se determinó *in situ* el pH con electrodo selectivo. No se adicionó conservante al líquido ruminal, puesto que el tiempo transcurrido entre la toma y llegada al laboratorio no superó los 5 minutos; seguidamente, fue centrifugado y del sobrenadante se analizó el N-amoniaco con óxido de magnesio, utilizándose para dicha técnica el destilador Kjeltac 1002 (Tecator). Las horas postprandiales de extracción fueron 0 (7,45 a.m.), 2, 4, 7,5, 8,5 y 10,5.

La eficiencia del N fue estimada como el contenido de N en leche sobre el porcentaje de N consumido según DINN *et al.* (1998).

Análisis estadístico

Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza con el PROC GLM de SAS (1985), usando el modelo: $Y_{ijkl} = m + C_i + P_j + V_k + E_{ijkl}$, donde: Y_{ijkl} = Variable estudiada, m = media del conjunto, C_i = concentrado, $i=1,2,3$; P_j = período, $j=1,2,3$; V_k = vaca, $k= 1.....8$ y E_{ijk} = error residual. Las medias fueron separadas mediante el Test de Duncan (STEEL, TORRIE, 1981).

El pH y la concentración de NH₃, en el líquido ruminal fueron analizados con el

PROC GLM de SAS (1985), usando el siguiente modelo: $Y_{ijkl} = m + C_i + P_j + V_k + H_l + E_{ijkl}$, donde: Y_{ijkl} = Variable estudiada, m = media del conjunto, C_i = concentrado, $i = 1,2,3$; P_j = período, $j = 1,2$; V_k = vaca, $k = 1,2,3$; H_l = hora, $H_l = 1,2,3,4,5,6$ y E_{ijkl} = error residual; separándose las medias mediante el Test de Duncan (STEEL, TORRIE, 1981).

Resultados y discusión

Producción y composición química de la hierba

La producción de materia seca ofertada y rechazada por hectárea en cada período figura en el cuadro 1, reduciéndose significativamente ($P < 0,05$) en el tiempo, coincidente con NUÑO *et al.* (1990) en praderas artificiales y aprovechadas exclusivamente

a diente. Así, la estimación de hierba ofertada por vaca y día resultó 13,7, 15,7 y 12,5 kg de MS para los períodos 1, 2 y 3 respectivamente, análoga a los resultados señalados por MOSQUERA (1993).

La composición química del pasto figura en el cuadro 2. La proteína bruta (PB) y fibra ácido detergente (FAD) no fueron significativamente diferentes entre períodos; por contra, la fibra neutro detergente (FND) resultó inferior ($P < 0,05$) en el tercero, imputable a una disminución de la MS/ha en oferta y al menor intervalo entre pastores. La estimación de la energía metabolizable (EM) del pasto (MJ/kg MS) resultó semejante entre períodos.

Consumo de nutrientes

La ingestión de nutrientes aparece reflejada en el cuadro 3. Se consideró un consumo de pasto semejante para todos los tres

Cuadro 1
Producción y composición química de la hierba
Table 1
Production and chemical composition of the grass

	Período 1	Período 2	Período 3	Total (sd)
MS oferta/ha	1.516a	1.369a	723b	1.119 ± 593
MS rechazada/ha	306a	275ab	128b	218 ± 187
MS neta/ha	1.210a	1.094b	595c	901 ± 432
Días pastoreo/ha	4,62a	3,63b	2,4c	3,32 ± 1,47
MS %	17,38ab	14,6b	18,27a	16,68 ± 3,38
MO %	87,8a	89,02a	89,04a	88,75 ± 1,4
PB %	24,34a	22,04a	23,95a	23,43 ± 4,17
FAD %	26,11a	28,58a	27,62a	27,58 ± 2,99
FND %	53,2a	52,58a	48,72b	51,97 ± 7,55
MOD %	64,21a	65,56a	67,24a	65,12 ± 3,38
EM (MJ/kg MS)	10,27a	10,48a	10,75a	10,56 ± 0,54
ENI (Mcal/kg MS)	1,52a	1,55a	1,5a	1,52 ± 0,07

(a,b,c) Valores acompañados de distinta letra dentro de cada fila difieren $P < 0,05$.

Cuadro 2
 Ingredientes y composición química de los concentrados
 Table 2
 Ingredient and chemical composition of the concentrate

Componente ¹	CP	CS	CA	
Harina cebada	30,5	31	10,45	
Maíz molido	36,45	25	20,1	
Harina soja	–	18	5	
Pulpa remolacha	18	20,45	9	
Grasa bypass	2	2	2	
Semilla de algodón	–	–	50	
Harina pescado	12	–	–	
Piedra caliza	0,5	2	2	
Fosfato bicálcico	0,5	1,2	1,1	
Corrector Mineral Vitamínico	0,35	0,35	0,35	
Nutrientes ²	CP	CS	CA	(sd)
MS %	91,18	90,84	88,06	1,39
PB %	17,48	17,49	17,46	0,012
FND %	19,18	22,17	26,38	5,6
FAD %	4,95	6,26	10,69	3,84
PDR % ³	51,73	62,2	57,48	4,28
PNDR % ³	48,26	37,79	42,51	4,28
EM (MJ/kg MS)	12,47	11,95	11,83	0,27
EN (Mcal/kg MS)	1,9	1,88	1,85	0,02

(1) En kg de materia fresca; (2) En % sobre materia seca; (3) En % de la proteína bruta.
 (sd): Desviación estándar.

lotes (los tres lotes pastan conjuntamente en el mismo prado), estimado a partir de la hierba en oferta menos rechazos más el crecimiento diario del pasto. A partir de la ingestión de materia seca, se estimó el balance de energía neta de lactación, siendo similar entre tratamientos, aunque ligeramente negativo en CS (-1,73 Mcal/d) y -0,82 en CA (cuadro 4).

El balance más negativo de CS puede ser imputable a una mayor pérdida de N excretado en orina y heces como consecuencia

de un mayor consumo de proteína degradable con respecto a CA y CP; por otro lado, la relación nitrógeno degradable en rumen (NDR): Mcal Energía Neta de lactación (ENI) fue superior que en CP de menor degradabilidad (16,66 vs 14,41 g de NDR: Mcal). Por contra, la ganancia de peso vivo resultó superior en CA ($P < 0,001$), imputable a una menor lipólisis del tejido graso, aunque la concentración de glucosa sérica no fue significativamente diferente (cuadro 5). En cualquier caso, el balance energético se situó muy al límite respecto a las reco-

mendaciones del NRC (1989) para las producciones conseguidas.

Para la proteína bruta ingerida no se apreciaron diferencias significativas entre concentrados y períodos, pero sí ($P < 0,001$) en las fracciones degradable (PDR) e indegradable (PNDR); para ésta última resultó ser 38,5%, 30,41% y 32,10% en CP, CS y CA respectivamente, e inferiores a las señaladas por el NRC (1989) excepto en CP. El exceso de PDR tiene su origen en el pasto, apreciándose un balance proteico positivo entre concentrados (cuadro 4).

La ingestión de carbohidratos no estructurales (CNF) Cuadro 3, resultó significativamente mayor ($P < 0,001$) en CP, siendo CA el de menor aporte, debido al mayor contenido en FND del algodón. Para los estructurales (FND) y según MOE y TYRREL (1979); MERTENS y LOFTEN (1980) y MERTENS (1983), fueron adecuados para maximizar la producción de leche, obteniéndose proporciones de 1,2 kg/100 kg de peso vivo en CP; 1,27 con CS y 1,29 en CA.

niéndose proporciones de 1,2 kg/100 kg de peso vivo en CP; 1,27 con CS y 1,29 en CA.

Producción y composición química de la leche

La producción de leche no fue diferente entre concentrados y períodos (Cuadro 5), pero sí, en el experimento completo cuando se expresa al 4% graso ($P < 0,05$). Los resultados aquí obtenidos son coincidentes con los señalados por SALAM *et al.* (1996) con vacas en pastoreo y suplementadas con concentrados proteicos de alto contenido en PNDR. Los trabajos de CHRISTENSEN *et al.* (1993) no apreciaron incrementos significativos con incluir en los concentrados fuentes de proteína de menor degradabilidad; aunque otros, como VAN HORN y HARRIS (1993) señalan aumentos de un litro al sus-

Cuadro 3
Ingestión de nutrientes
Table 3
Nutrient intake

Pescado	Soja	Algodón	sd	
MS kg cab y día	16,63	16,44	16,51	2,29
ENI (Mcal/d)	27,98	27,75	27,26	4,08
CNF (kg/d)	3,5	3,5	2,56	0,77
PB (kg/d)	4,10	4,11	4,08	0,56
PB:ENL (g/Mcal)	145,9	148,9	148,09	13,15
FND (kg/d)	7,36	7,79	7,9	0,69
FAD (kg/d)	3,55	3,69	4,5	0,92
PDR (kg/d)	2,52	2,89	2,77	0,73
PNDR (kg/d)	1,58	1,25	1,31	0,32
Eficiencia bruta (litros leche 4% graso/kg MS ingerida)	2,2	2,17	2,23	0,15
Cambio peso (kg/día)	+0,124	+0,092	+0,136	***

(***) $P < 0,001$; (sd) Desviación estándar.

Cuadro 4
Eficiencia energética y proteica en producción de leche
Table 4
Energy and protein efficiency in milk production

	Período				Fuente de proteína			
	1	2	3	sd	CP	CS	CA	sd
ENLI ⁽¹⁾	28,04	27,17	28,19	3,95	27,98	27,75	27,26	4,06
ENLS ⁽²⁾	29,76a	29,4a	25,59b	2,72	27,75	29,48	28,38	1,78
Balance energía ⁽³⁾	-1,73b	-2,23b	+2,59a	3,98	0,03c	-1,73d	-0,82e	0,25
EPE para leche ⁽⁴⁾	0,91b	0,88b	1,16a	0,12	1,01	1,01	0,95	0,02
PBI ⁽¹⁾	4,22	3,87	3,87	0,79	4,10	4,10	4,01	0,82
PBS ⁽²⁾	2,22a	2,2a	1,82b	0,15	2,05	2,03	2,1	0,23
Balance protéico ⁽³⁾	1,99a	1,72b	1,93a	0,8	2,06	2,07	1,9	0,77
EPPB para leche ⁽⁴⁾	2,14b	1,98b	2,4a	0,66	2,31	2,33	2,17	0,71

(1) ENLI y PBI = ENL y PB ingerida.

(2) ENLS, PBS = ENL y EB salida para mantenimiento, producción de leche y cambio de peso vivo (NRC, 1989).

(3) Balance energía y proteína = ENLI - ENL para mantenimiento y producción de leche; PBI - PB para mantenimiento y producción de leche.

(4) Eficiencia parcial energética (EPE) para producción de leche = (ENLI - ENL para mantenimiento)/ENL para leche.

Eficiencia parcial proteína bruta para producción de leche = (PBI - PB para mantenimiento)/PB para leche.

(sd) Desviación estándar.

(ab) Dentro de cada parámetro los valores con distinta letra difieren significativamente ($P < 0,05$).

(cde) Dentro de cada parámetro los valores con distinta letra difieren significativamente ($P < 0,05$).

tituir parte de la harina de soja por harina de pescado. En el presente trabajo, el concentrado que incluye harina de pescado, se obtuvo 0,94 litros más con respecto al de soja.

La eficiencia bruta expresada en litros de leche por kg de materia seca ingerida no fue diferente entre tratamientos, obteniéndose valores de 2,2, 2,17 y 2,23 litros para CP, CS y CA respectivamente. De igual forma, el rendimiento individual por vaca durante los primeros 126 días de lactación

no fue significativo entre fuentes de PNDR (cuadro 5).

El contenido graso de la leche del experimento completo fue significativamente mayor ($P < 0,05$) en CA (cuadro 5), atribuido al superior consumo de FND. Así, SHARON *et al.* (1983) señalan un descenso en grasa cuando disminuye la ingestión de fibra, en ocasiones, con aumento de sólidos no grasos (SNG); además, estos autores aprecian incrementos de glucosa sérica. En el presente trabajo, dicho azúcar no fue significativamente diferente entre tratamientos

Cuadro 5
Producción y composición química de la leche y del suero sanguíneo
Table 5
Milk yield and composition and plasma composition

Períodos	Item	CP	CS	CA	sd
Período 1	Litros leche	25,31	26,37	27,52	6,7
	% Grasa	4,34	4,32	4,03	0,9
	Grasa:Proteína (leche)	1,39	1,36	1,35	0,33
	% Lactosa	4,86	4,76	4,87	0,18
	% Magro	8,69	8,58	8,55	0,27
	% Proteína (Nt x 6,38)	3,11	3,16	2,97	0,33
	Caseína %	2,44	2,48	2,34	0,26
	Urea leche (mg/l)	309	272	329	55
	N Protéico % sobre N total	92,9	94,3	92,7	1,39
	N Protéico ‰	2,89	2,97	2,75	1,39
	Urea sérica (mg/dl)	26,7	30,4	31	2,80
	Glucosa (mg/dl)	53,10	54,1	56,1	1,04
	Proteína bruta sérica (g/dl)	6,74	6,85	6,74	0,17
Período 2	Litros leche	26,94	26,56	24,02	5,82
	% Grasa	3,89	3,91	4,49	0,87
	Grasa:Proteína (leche)	1,24	1,30	1,39	0,30
	% Lactosa	4,83	4,92	4,87	0,20
	% Magro	8,63	8,62	8,66	0,32
	% Proteína (Nt x 6,38)	3,12	3,00	3,23	0,34
	Caseína %	2,45	2,36	2,55	0,27
	Urea leche (mg/l)	313	349	395	92
	N Protéico % sobre N total	93,37	92,41	91,81	2,01
	N Protéico ‰	2,91	2,77	2,96	2,01
	Urea sérica (mg/dl)	21,8	19,38	20,3	2,36
	Glucosa (mg/dl)	58,3	59,3	60,1	1,30
	Proteína bruta sérica (g/dl)	6,67	6,77	6,63	0,10
Período 3	Litros leche	25,95	23,02	27,41	4,72
	% Grasa	3,42	3,82	3,64	0,49
	Grasa:Proteína (leche)	1,14	1,24	1,20	0,18
	% Lactosa	4,83	4,87	4,85	0,19
	% Magro	8,47	8,56	8,53	0,32
	% Proteína (Nt x 6,38)	2,98	3,06	3,01	0,26
	Caseína %	2,34	2,41	2,37	0,21
	Urea leche (mg/l)	360	414	393	73
	N Protéico % sobre N total	92,19	90,92	91,38	1,82
	N Protéico ‰	2,74	2,78	2,75	1,82
	Urea sérica (mg/dl)	20,9	25	27,8	2,12
	Glucosa (mg/dl)	61,3	62,4	62,8	1,03
	Proteína bruta sérica (g/dl)	6,79	6,88	6,96	0,14

Cuadro 5
Producción y composición química de la leche y del suero sanguíneo (continuación)
Table 5
Milk yield and composition and plasma composition

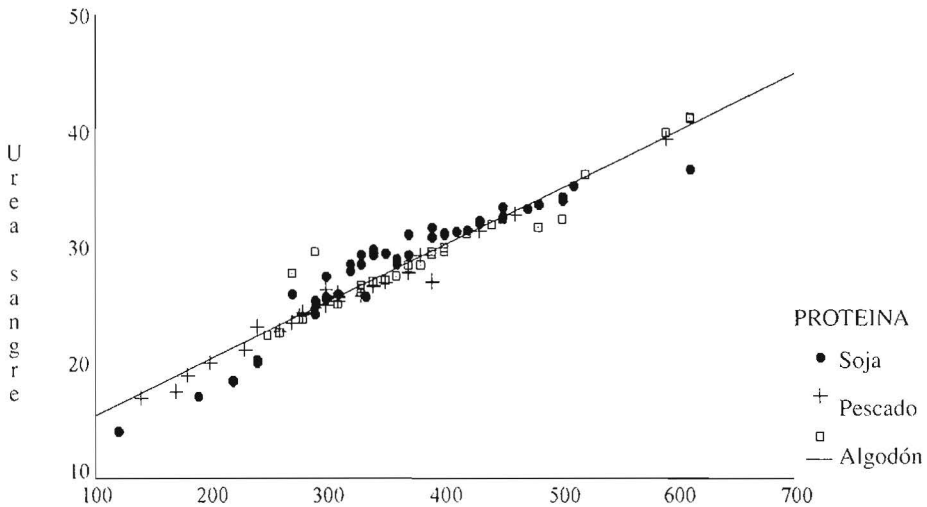
Períodos	Item	CP	CS	CA	sd
Período 3	Litros leche	25,95	23,02	27,41	4,72
	% Grasa	3,42	3,82	3,64	0,49
	Grasa: Proteína (leche)	1,14	1,24	1,20	0,18
	% Lactosa	4,83	4,87	4,85	0,19
	% Magro	8,47	8,56	8,53	0,32
	% Proteína (Nt x 6,38)	2,98	3,06	3,01	0,26
	Caseína %	2,34	2,41	2,37	0,21
	Urea leche (mg/l)	360	414	393	73
	N Protéico % sobre N total	92,19	90,92	91,38	1,82
	N Protéico %	2,74	2,78	2,75	1,82
	Urea sérica (mg/dl)	20,9	25	27,8	2,12
	Glucosa (mg/dl)	61,3	62,4	62,8	1,03
	Proteína bruta sérica (g/dl)	6,79	6,88	6,96	0,14

(cuadro 5). Además, el mayor contenido de grasa registrado en CA coincide con la máxima concentración de urea sérica, aunque sin diferencias significativas entre tratamientos, coincidente con ISMAEL *et al.* (1995), quienes señalan una correlación positiva entre ambas.

Los porcentajes de proteína bruta, caseína y nitrógeno proteico no variaron según la fuente de PNDR suplementada (Cuadro 5); de igual forma, el N caseínico resultó semejante entre tratamientos, obteniéndose valores de 78,4%, 78,7% y 79,01% en CP, CS y CA respectivamente, coincidentes con los obtenidos por RODRÍGUEZ *et al.* (1997), CALSAMIGLIA *et al.* (1997) y ligeramente inferior a los señalados por SALAM *et al.* (1996). Por el contrario, la concentración de urea fue significativamente mayor ($P < 0,01$) en CA, no apreciándose diferencias entre CP y CS. Por su parte, ROTH *et al.* (1996) aprecian diferencias al comparar

vacas alimentadas con pasto frente a raciones mezcladas. Así, COUSTOMER (1996) indican que los niveles altos de urea en leche pueden ser debidos a desequilibrios entre el N y la energía y, en particular, al exceso de nitrógeno degradable en rumen (NDR), señalando niveles aceptables los comprendidos entre 240 y 330 mg/l. Pudo apreciarse una relación lineal positiva entre la concentración de urea en sangre y la urea en leche (figura 2).

En primavera las vacas lecheras alimentadas con pasto ingieren elevadas sumas de N, eliminándose gran parte por la orina y, en menor medida, a través de la leche (ARGAMENTERÍA *et al.*, 1993). Bajo este aspecto, la eficiencia del N (eje x) estimada como la relación entre el N total presente en leche y el consumido, desciende cuando incrementa la ingestión de N (eje y) (figura 3). Atendiendo a la degradabilidad del tipo de proteína incluida en el concentrado, las



$$\text{Urea sangre (mg/dl)} = 10,47 + 0,049 \text{ urea leche (mg/l)}; r^2 = 0,92, P < 0,001$$

Figura 2. Relación entre urea leche y urea sangre.
 Figure 2. Relationship between milk urea and plasma urea.

mejores respuestas se obtienen con la harina de pescado (cuadro 5), coincidente con las apreciaciones de WRIGHT *et al.* (1998) y DINN *et al.* (1998) en dietas de diferente concentración proteica y suplementadas con metionina y lisina. Estos autores concluyen que es posible hacer más eficiente el uso de la proteína bruta de la dieta con incluir aminoácidos protegidos.

Perfil sanguíneo

Las concentraciones de urea, glucosa y proteína bruta del suero no resultaron diferentes entre tratamientos (cuadro 5). Para la primera, los niveles más elevados ($P < 0,001$), se registraron durante el primer período, e independientemente del tipo de proteína suplementada, imputable al eleva-

do consumo de proteína degradable procedente del pasto. Los valores aquí obtenidos son inferiores a los señalados por COTE y HOFF (1991) en vacas Holstein al principio de lactación.

La mayor degradabilidad de CS no originó un aumento significativo de urea sérica con respecto a los concentrados de menor degradabilidad, posiblemente por el elevado consumo de PDR en todas las dietas. Varios son los factores que inducen mayor concentración de urea en suero, como diferente degradabilidad, velocidad de degradación de la proteína y almidón de la dieta (HERRERA y HUBER, 1989); concentración de amoníaco en rumen (CRISTENSEN *et al.*, 1993); el nivel de proteína bruta de la ración y la relación PDR/CNF (Carbohidratos No Fibrosos) (HUBER *et al.*, 1994).

En la presente experiencia dicha relación resultó significativamente superior ($P < 0,001$) en CA, la razón es justificada por un menor porcentaje de CNF en la semilla de algodón ($P < 0,001$).

La concentración de glucosa fue semejante entre tratamientos (cuadro 5) y, diferente entre períodos ($P < 0,05$). Los resultados aquí obtenidos son coincidentes con los señalados por HÉLÈNE *et al.* (1991) en vacas lecheras, cuando sustituyen harina de soja por harina de pescado y se encuentran dentro de los niveles normales establecidos por COTE y HOFF (1991) en vacas Holstein en semejante estado de lactación. Las diferencias entre períodos dentro de cada concentrado pueden tener su origen en la estación del año (PAYNE *et al.*, 1973, 1974) y, estado fisiológico (TAINTURIER, 1984). Por otro lado, en los dos primeros meses de lactación ROWLANDS *et al.* (1975) aprecian una disminución importante de glucosa sérica, aunque con el transcurso de la misma se produce una utilización más efi-

ciente de los nutrientes por la glándula mamaria, acentuándose la lipólisis y decreciendo la lipogénesis en tejido adiposo, aumentando la glucogénesis y glucogenólisis en el hígado, descendiendo el uso de glucosa e incrementando el uso de lípidos como fuente de energía (BENNINK *et al.*, 1972).

La concentración de proteína bruta en el suero sanguíneo resultó coincidente con trabajos previos de (SALCEDO, 1997), también en pastoreo.

Composición del líquido ruminal

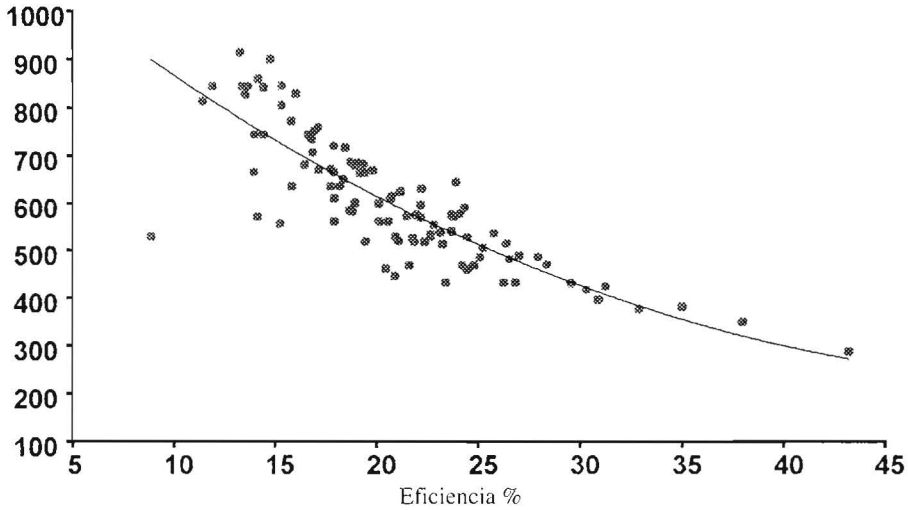
El cuadro 6 recoge los valores medios de pH y N-NH₃ (mg/l) para cada tratamiento y período, no apreciándose diferencias significativas entre ellos, pero sí a diferente intervalo horario ($P < 0,001$), imputable a la propia fermentación de los carbohidratos solubles del concentrado. CHRISTENSEN *et*

Cuadro 6
pH y N-NH₃ del líquido ruminal
Table 6
pH and N-NH₃ in rumen liquid

Valor	Concentrado			Fuente proteína	Significación	
	Soja	Pescado	Algodón		Período	C*P
NH ₃ (mg/l)	281,5	268,3	277,3	NS	nS	NS
Período 1	280,7	264,5	273,2			
Período 2	284,2	271,7	280,5			
Período 3	279,5	268,7	278,2			
pH	6,66	6,56	6,59	NS	NS	NS
Período 1	6,6	6,52	6,57			
Período 2	6,66	6,57	6,61			
Período 3	6,72	6,59	6,60			

NS: no significativo.

g de N ingerido/día



$$Y(\%) = 66,34 + 0,0000628 x^2 - 0,11 x; \quad {}^{2,76}r^2 = 0,76; \quad P < 0,0001.$$

Figura 3. Eficiencia del N para la producción de leche.

Figure 3. Efficiency of N for the production of milk.

al. (1992) en dietas de vacas lecheras con bajo contenido en PNDR obtienen valores más bajos que en las de mayor concentración. En la presente experiencia, el que no se aprecien variaciones de pH entre dietas puede tener su origen en el estrecho margen de ingestión de PNDR y al elevado consumo de proteína degradable procedente del pasto, aunque el pH observado está dentro de los niveles óptimos de 6,8 (CAMERON *et al.*, (1991) para alcanzar la máxima actividad de las bacterias celulolíticas encargadas de degradar fibra. Según STEWARD (1977), cuando el pH queda por debajo de 6 este proceso disminuye.

La concentración de N-amoniacal (mg/l) en el líquido ruminal no fue diferente entre dietas y períodos. Los valores medios fue-

ron 268,3, 281,5, y 277,3 mg/l para CP, CS y CA respectivamente. La semejanza entre concentraciones puede estar originada por el estrecho margen de consumo de PNDR. En cualquier caso resultan superiores al umbral de 50 mg de N-NH₃/l de líquido ruminal señalado por SATTER y SLYTER (1974) como limitante para la actividad celulolítica microbiana en el rumen.

Conclusiones

En esta experiencia se reflejó que cuando el 80% del consumo total de proteína bruta degradable procede del pasto, la adición de proteínas menos degradables, no afecta a la

producción de leche, proteína, sólidos no grasos, caseína y nitrógeno no proteico. Por contra, las concentraciones de urea en leche fueron semejantes entre proteínas de degradabilidad extrema (Soja-Pescado). La eficiencia del nitrógeno en leche expresada con relación al porcentaje de N consumido, es mayor cuando éste último decrece. De igual forma, los valores de pH y N-NH₃ del líquido ruminal resultaron parecidos.

Como implicaciones prácticas, pueden señalarse entre otras, que los mayores porcentajes de proteína bruta indegradable en los concentrados incrementan los costes de producción de leche; aunque posiblemente, las respuestas pudieran ser diferentes si se restringe el tiempo de pastoreo, esto implica el suministro de otras fuentes de forraje, pero la proteína del pasto de primavera y aprovechado en fases hojosas es tan degradable que quizá tenga un efecto diluyente sobre los beneficios que aporta la proteína indegradable de los concentrados.

Son necesarios más trabajos para corroborar las apreciaciones de esta experiencia, aunque a la vista de los resultados, posiblemente las mejoras de la producción y composición química de la leche cuando la base forrajera es pasto, tengan su origen en la ingestión de energía en lugar de proteína indegradable; de esta forma, se aprovecharía mejor el exceso de amoníaco acumulado en panza a través del almidón rápidamente fermentable, favoreciendo mayor síntesis de proteína microbiana procedente del N degradable del pasto.

Agradecimientos

Mi agradecimiento a Javier Cruchaga y Julián Marrupe por el cuidado del ganado

y, en especial a Raul Bolado por la ayuda prestada en la realización de los análisis.

Bibliografía

- ALDRICH J., MULLER L., VARGA G., 1993. Nonstructural carbohydrate and protein effects on rumen fermentation, nutrient flow, and performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76:1091-1105.
- ARGAMENTERÍA A., SÁNCHEZ L., GARCÍA J.A., DE LA ROZA B., MARTÍNEZ A., SANZ E., MODROÑO S., FERNÁNDEZ O., 1993. Optimización de sistemas de producción de leche con partos agrupados a la salida del invierno, en base exclusivamente a hierba o a hierba y concentrado. *Memoria CIATA*, 85-91.
- BENNINK R., MELLEBERGER R., FROBISH R., BAUMAN D., 1972. Glucose oxidation and entry rate as affected by the initiation of lactation. *J. Dairy Sci.* 55:712 (Abstr).
- CALSAMIGLIA S., CAJA G., GAFO C., PERIS S., TORRE C., GINER G., 1997. Efecto del nivel de concentrado y degradabilidad ruminal de la proteína en la producción y composición de leche en el vacuno lechero. *ITEA. VII Jornadas sobre Producción Animal. Vol. Extra. N.º 18-Tomo 1*, 70-72.
- CAMERON M., KLUSMEYER T., LYNCH G., CLARK J., NELSON D., 1991. Effects of urea and starch on rumen fermentation, nutrient passage to the duodenum, and performance of cows. *J. Dairy Sci.* 74: 1321-1336.
- CARLSSON J., BERGSTROM J., PERHSON B., 1995. Variations and breed, age, season, yield, stage of lactation and herd in the concentration of urea in bulk milk and individual cows milk. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 36:2, 245-254.
- CASADO P., 1982. Métodos de Análisis lactológicos. *Industrias Lácteas Españolas (ILE)*.
- COSUTUMIER J., 1996. Il en dit pas tout sur l'équilibre de la ration. *Production Laitiere Moderne* N.º 261, 96-97.
- CRISTENSEN R., CAMERON M., KLUSMEYER T., ELLIOTT J., CLARK J., YU Y., 1992. Influence of amount and degradability of dietary protein on nitrogen utilization by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76:3497-3513.

- CRISTENSEN R., LYNCH G., CLARK J., YU Y., 1993. Influence of amount and degradability of protein on production of milk and milk components by lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 76:3490-3496.
- COTE J., HOFF B., 1991. Interpretation of blood profiles in problem dairy herds. 24 th annual Conference. AABP. Orlando, Florida: 7-11
- DINN N., SHELFORD J., FISHER L., 1998. Use of the Cornell Net Carbohydrate and Protein System and rumen protected lysine and methionine to reduce nitrogen excretion from lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 81: 1, 229-237.
- GOERING H.K., VAN SOEST P.J., 1970. Forage fiber analysis. *Ag. Handbook n.º 379*. A.R.S. U.S.D.A.
- GONZÁLEZ A., VÁZQUEZ O., 1997. Determinación de la urea en leche como indicador del contenido protéico de la ración del vacuno lechero. *Buiatría española*, Vol. 7, N.º 2, 279-284.
- HÉLÈNE V., PETTIT D., VEIRA M., 1991. Effects of grain level and protein source on yield, feed intake and blood traits of lactating cows fed alfalfa silage. *J. Dairy Sci.* 74:2256-2267.
- HERRERA-SALDANA R., HUBER J.T., 1989. Influence of varying protein and starch degradations on performance of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 72:1477-1483.
- HUBER J., HIGGINBOTHAM G., GOMEZ-ALARCON R., TAYLOR R., CHEN K., WU Z., 1994. Heat stress interactions with protein, supplemental fat, and fungal cultures. *J. Dairy Sci.* 77:2080-2090.
- ISMAEL A., DIAB K., HILLERS J., 1995. Effect of selection for milk yield and dietary energy on yield traits bovine somatotropin, and plasma urea nitrogen in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 79:682-688.
- MAFF, 1976. Energy Allowances and Feeding Systems for Ruminants. MAFF (Technical Bulletin 33, HMSO, London).
- MAFF, 1984. Energy Allowances and Feeding Systems for Ruminants. Reference Book 433. Her Majesty's Stationery Office, London (U.K.)
- MERTENS D.R., LOFTEN J.R., 1980. The effect of starch on forage fiber digestion kinetics in vitro. *J. Dairy Sci.* 63:1437-1446.
- MERTENS D.R., 1983. Using neutral detergent fiber to formulate dairy rations an estimate the energy content forages. Pg 60 in *Proc. Cornell Nut. Conf. Feed Manuf.* Syracuse, NY.
- MOE P.W., TYRRELL H.F., 1979 Methane production in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 62:1583:1586
- MOSQUERA R., 1993 Producción y manejo de forrajes en un sistema de producción lechera. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago.
- NAGEL S., 1994 Feeding diagnosis from milk. *Neue Landwirtschaft.* N.º 5, 63-65.
- NRC, 1989. Nutrient requirements of dairy cattle. 6th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.
- NIÑO Y., SÁNCHEZ L., DE LA ROZA B., MARTÍNEZ A., ANTUÑA A., CORNEJO E.S., ARGUMENTARÍA A., 1990. Evolución de la producción y valor nutritivo de praderas naturales y sembradas aprovechadas en pastoreo rotacional en la zona costera de Asturias. *Actas de la XXX R.C. de la S.E.E.P.* San Sebastián, 419-425.
- ARSKOV E.R., McDONALD P., 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci. Camb.* 92, 499-503.
- RIVEROS E., y ARGUMENTARÍA A., 1987. Enzymatic methods for predicting organic matter in vivo digestibility. *In vitro News Letter.* 3:11-14.
- PAYME J., ROWLANDS G., MANSTON R., DEW S., PARKER, W., 1974. A statistical appraisal of the results of metabolic profile tests on 191 HERDS IN THE B.V.A./A.D.A.S. joint exercise in animal health and productivity. *Brit. Vet. J.*, 130:34-44.
- PAYNE J., ROWLANDS G., MANSTON R., DEW S., 1973. A statistical appraisal of the results of metabolic profile tests on 75 dairy herds. *Brit. Vet. J.*, 129:372-381.
- ROBINSON, P., McQUEEN, R., BURGESS, L., 1991. Influence of rumen undegradable protein levels on feed intake and milk production of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 74:1623-1631.
- RODRÍGUEZ L., STALLINS C., HERBEN J., MCGILLIARDS M., 1997. Effect of degradability of dietary protein and fat on ruminal blood, and milk components of Jersey and Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 80:353-363.
- ROGERS A., BRYANT, McLEA L., 1979. Silage and dairy cow production. III Abomasal infusion of casein, methionine, and glucose on milk yield and composition. *New Zealand J. Agri. Res.* 22, 533-541.
- ROGERS A., PORTER R., CARKE T., STEARDT J., 1980. Effect of protected casein supplements on pasture intake, milk yield and composition of cows in early lactation. *Aust. J. Agri. Res.* 31, 1147-1152.

- RORTH A., GUSTAFSSON A., EMANUELSON M., BERTILSON J., 1996. The urea concentration in milk and aid to milk production. *Fakta-Husdjur* N.º 14, 4 pp.
- ROWLANDS G., MANSTON R., POCOCK R., DEW S., 1975. Relationships between stage of lactation and pregnancy and blood composition in a herd of dairy cows and the influences of seasonal changes in management on these relationships. *J. Dairy Res.*, 42:349-362.
- SALAM R., KOOL A., MACBETH F., HOUIERT M., VAN HOUIERT M., WILSON G., 1996. Amino acids for lactating dairy cows. Proceedings of the 48 Meeting of dairy farmers, Canterbury, New Zeland 27-29 My, 48:150-158.
- SALCEDO G., 1994. Composición nutritiva de las praderas aprovechadas bajo pastoreo rotacional, en la zona costera de Cantabria. *Actas de la XXXIV R.C. de la S.E.E.P. Santander*, 313-317.
- SALCEDO G., 1997. Perfil metabólico de vacas en pastoreo con mínima suplementación de concentrado. *AYMA*, Vol. 37, N.º 4-5, 3-8
- SALCEDO G., 1998. Protein degradability in prairies for rotational grazing in the coast of Cantabria an dits prediction. Seminar notes FAO/CJHEAM European. CIAM, A Coruña.
- SAS, 1985. User's Guide: Statistics. Version 5 Edition. SAS. Inst., Inc., Cary, N.C.
- SATTER L., SLYTTER L., 1974. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. *Br. J. Nutr.* 32:199-208.
- SHARN R., JAMES W., RAKES A., LINNERU A., BRITT J., 1983. Effects of methionine hidroxy analog on milk secretion an ruminal and blood variables of dairy cows fed a low fiber diet. *J. Dairy Sci.* 66:2084-2092.
- STAKELUM G., 1984. Grass as a feed for the dairy cow. Moorepark Farmer's Conference, 59-81.
- STEEL R., TORRIE J., 1981. Principles and procedures of statistics. McGraw Hill Book Company Inc. New York.
- STEWART C., 1977. Factors affecting the cellulolytic activity of rumen contents. *Appl. Environ. Microbiol.* 33:497.
- TAINURIER D., 1984. Variations in blood composition in dairy cows during pregnancy and after calving. *Res. Vet. Sci.* 37:129-131.
- VAN HORN H., HARRIS B., 1993. Selecting different feedstuffs to provide the indegradable intake protein needs of high producing dairy cows. Page 13 in Proc. 4 th Florida Ruminant Symp. Univ. Florida, Gainesville.
- VAN SOEST P.J., ROBERTSON, J.B., LEWIS, B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583-3597.
- WRIGHT T., MOSCARDINI S., LUMES P., SUSMEL P., McBRIDE B., 1998. Effects of rumen undegradable protein and feed intake on nitrogen balance and milk protein production in dairy. *J. Dairy Sci.* 81:784-793.
- ZERBINI E., POLAN C., HERBELN J., 1988. Effect of dietary soybean meal and fish meal an protein digesta flow in Holstein cows duraing early and midlactation. *J. Dairy Sci.* 71:1248-1258.

(Aceptado para publicación el 27 de junio de 2000)