

## EL ENSILADO EN LA ALIMENTACIÓN DEL VACUNO DE LECHE. RESULTADOS DE QUINCE AÑOS DE EXPERIENCIAS EN CANTABRIA

G. SALCEDO

Dpto. de Tecnología Agraria del I.E.S. "La Granja". E-39792 Heras. Cantabria (España). gregoriosalce@ono.com

### RESUMEN

Durante 15 años se analizaron 49 dietas de vacas lecheras con ensilados maíz, sorgo x Sudán, trigo, veza-avena, triticale, trébol rojo, alfalfa, hierba de prado sembrado de raigrás inglés y trébol blanco con mínimo aporte de concentrado de diferente fuente energética y proteica; tipo de conservante añadido al ensilado (ácido fórmico, ensilado de maíz y maíz deshidratado); fermentados en silos plataforma, rotopaca y macrobolsas y diferentes suplementos forrajeros (ensilados de maíz, maíz deshidratado y alfalfa deshidratada) con el objetivo de estudiar el consumo de materia seca, excreción de nitrógeno, producción de leche y características de la fermentación ruminal. Los resultados mostraron ingestiones medias diarias de materia seca total, ensilado y concentrado de  $16,6\pm 2,8$ ;  $11,9\pm 2,2$ ;  $4,13\pm 1,2$  kg respectivamente. El mayor consumo de proteína se registró en los de trébol  $3,32\pm 0,34$  y alfalfa  $3,11\pm 0,34$  kg d<sup>-1</sup> ( $P<0,05$ ), e intermedios los de pradera  $2,7\pm 0,60$  kg. Para el conjunto de dietas el porcentaje de proteína degradable en rumen respecto a la proteína bruta total fue del 82% ( $2,29\pm 0,64$  kg d<sup>-1</sup>) y  $0,95\pm 0,63$  kg d<sup>-1</sup> la proteína no degradable. La energía metabolizable ingerida fue  $175\pm 31$  MJ d<sup>-1</sup> y la relación nitrógeno degradable en rumen por MJ de energía metabolizable de  $1,99\pm 0,52$  g MJ<sup>-1</sup>, mayor en los ensilados de trébol  $2,37$  g MJ<sup>-1</sup> ( $P<0,05$ ). En todos los casos, la fibra neutro detergente no fue limitante ( $7,5\pm 1,1$  kg d<sup>-1</sup>), con máximos en los ensilados de triticale ( $9,55$  kg,  $P<0,05$ ) y mínimos ( $7,0$  kg) en los de trébol. El almidón ingerido fue bajo  $2,4\pm 0,69$  kg d<sup>-1</sup>. La digestibilidad *in vivo* de la materia orgánica y materia seca para el conjunto de dietas fue  $73,5\pm 6,3\%$  y  $70,4\pm 5,9\%$  respectivamente.

La ingestión diaria de nitrógeno, el excretado en heces, orina y leche fue  $444\pm 116$ ;  $156\pm 56$ ;  $138\pm 41$  y  $84\pm 116$  g respectivamente. El máximo consumo de N se registró en los ensilados de leguminosas  $528\pm 54$  g d<sup>-1</sup> y el mínimo de  $186\pm 63$  g en los cereales de primavera ( $P<0,05$ ). El consumo de N se relacionó positivamente con la ingestión de materia sea ( $r^2=0,70$ ) y, en menor medida, con el concentrado ( $r^2=0,33$ ). La variable mejor relacionada con la excreción de N en heces y orina es el N ingerido ( $r^2=0,72$  y  $r^2=0,64$ ) respectivamente, sin respuestas significativas para el N excretado en leche (g d<sup>-1</sup>). El porcentaje de N recuperado en leche respecto al ingerido disminuyó  $0,003$  unidades porcentuales por gramo de N ingerido, dentro del rango 90 a 650 g N ingerido por día.

La producción media de leche para el conjunto de experimentos fue  $17,8 \pm 3,7$  kg d<sup>-1</sup>, con máximos de 20,4 kg en ensilados de veza-avena y 19,9 kg los de alfalfa ( $P < 0,05$ ). Los mayores porcentajes de grasa se registraron en los ensilados de trébol 4,16% y 4,17% los de triticale ( $P < 0,05$ ) y la proteína de 3,18% en los de trébol ( $P < 0,05$ ). Ninguna variable nutricional manifestó relaciones robustas con la grasa, proteína y urea en leche; sin embargo, la concentración de fibra neutro detergente del ensilado se relacionó negativamente con la proteína de la leche y positivamente con la ingestión de energía metabolizable.

El pH ruminal fue fisiológicamente normal ( $6,45 \pm 0,25$ ), excepto para los ensilados de trigo (6,03), relacionado negativamente con el consumo de almidón ( $r = -0,21$   $P < 0,01$ ) y  $r = -0,19$   $P < 0,01$  con el porcentaje de concentrado incluido en la dieta. La concentración de N-NH<sub>3</sub> (mg l<sup>-1</sup>) fue elevada  $174,1 \pm 32,4$ , con máximos en los ensilados de alfalfa (198,2 mg l<sup>-1</sup>) y mínimos de 91,8 en los de trigo, siendo el almidón la variable mejor relacionada positivamente ( $r = 0,31$   $P < 0,01$ ) y, de forma negativa, la ingestión de fibra neutro detergente ( $r = -0,36$   $P < 0,01$ ).

**Palabras clave:** forraje conservado, ingestión, producción láctea, excreción.

## INTRODUCCIÓN

El descenso del número de explotaciones en la Cornisa Cantábrica ha conducido a un aumento de cuota por explotación e incrementos unitarios por vaca, dando lugar a mayores consumos de forrajes conservados, principalmente ensilados a expensas de la hierba verde.

El ensilado es la técnica de conservación de forrajes con elevado contenido en humedad, mediante un proceso controlado de fermentación anaerobia que promueve el desarrollo de fermentaciones lácticas e impide la actividad de bacterias. En Cantabria, al igual que en el resto la Cornisa Cantábrica es el método más utilizado, puesto que no requiere tiempo seco y soleado; además, en primavera las precipitaciones son frecuentes, coincidiendo con la máxima producción de las praderas.

Durante los procesos de fermentación del ensilado se producen pérdidas inevitables de contenido celular, como azúcares y proteína. Técnicas como el presecado; adición de conservantes; recolectar las gramíneas antes del espigado, inicio del botón floral en leguminosas y pastoso-vítreo en maíz; adecuado tamaño de picado; tipo de silo usado (rotopaca, trinchera), etc, pueden minimizarlas. Si los procesos de llenado, compactación, cierre y conservación del ensilado son correctos, la digestibilidad del forraje ensilado difiere poco de la del forraje inicial de partida.

El valor nutritivo y la ingestión del forraje ensilado depende, entre otros factores de: especie forrajera (gramíneas o leguminosas), digestibilidad (relacionada con la fibra neutro detergente y estado de madurez); tipo de fermentación (butírica y/o láctica), directamente relacionada con la ensilabilidad del forraje a conservar; conservación y apertura del silo (estabilidad aerobia). Además estos factores condicionarán la fermentación ruminal y la producción y calidad de la leche.

El contenido en fibra neutro detergente del ensilado es uno de los factores principales de la ingestión, retardando o acelerando el vaciado ruminal. Por añadidura, la suplementación con concentrados ejerce un efecto de sustitución del ensilado, máxime cuando es de baja digestibilidad. Los ensilados tienen alto contenido en proteína degradable en rumen y bajo en carbohidratos solubles, lo que reduce la síntesis de proteína microbiana. Por ello, la fuente energética incluida en el concentrado es importante para optimizar dicha síntesis y minimizar la acumulación de amoníaco en panza.

El objetivo del presente trabajo se centra en exponer el potencial productivo y valor nutritivo de alimentos ensilados utilizados en la alimentación de vacas lecheras, suplementados con cantidades bajas de concentrados.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

En este trabajo se exponen los resultados experimentales en materia de alimentación con ensilados y bajo aporte de concentrado sobre la producción de leche de vacuno, excreción de nitrógeno y características de la fermentación ruminal, realizados en el I.E.S. "La Granja" (Cantabria) durante 15 años, tanto en condiciones de estabulación como en nave metabólica. En total se estudiaron 49 dietas en 8 experimentos implicando 8 tipos de forrajes ensilados: maíz, sorgo x Sudán, trigo, triticale, veza-avena, trébol rojo, alfalfa y pradera de raigrás inglés y trébol blanco.

Las diferentes dietas se describen sintéticamente en la Tabla 1, en función de los factores siguientes: forraje ensilado (sorgo x pasto del Sudán, maíz forrajero, trigo, triticale, veza-avena, trébol rojo, alfalfa y pradera) tipo silo (plataforma, rotopaca, macrobolsa), estado de madurez, tipo de conservante (ácido fórmico, ensilado de maíz, maíz deshidratado), suplemento adicional (urea, soja, melazas de remolacha), suplemento concentrado (maíz, cebada, soja, pescado, algodón), suplemento forrajero (maíz forrajero deshidratado, ensilado de maíz, alfalfa), días de lactación, producción inicial de leche y días de duración del experimento.

TABLA 1  
 Descripción de las dietas experimentales.  
*Experimental diets studied.*

Ensilado	Tipo silo	Estado madurez	Conservante	Suplemento adicional	Suplemento concentrado <sup>1</sup>	Suplemento forrajero	Días en leche	Producción inicial de leche (kg/día)	Duración experimento (días)
Sorgo x pasto del Sudán	P	Grano Pastoso	-	-	1,5-3,0	-	45	16,5	100
Sorgo x pasto del Sudán	P	Grano Pastoso	-	0, 100 y 200 g Urea	-	-	-	-	90
Maíz	P	Grano Vítreo	-	-	1,5-3,0	-	45	16,5	100
Maíz	P	Grano Vítreo	-	0, 100 y 200 g Urea	-	-	-	-	90
Trigo	P	Inicio Espigado	*Ensilado maíz *A. fórmico	-	3,7	-	98	24,7	52
Trigo	R	Floración	-	300 g Soja 600 g Soja 900 g Soja 1200 g Soja	4,5	-	185	13	70
Trigo	R	Grano Pastoso Floración	-	-	4,5	-	41	20,8	74
Triticale	M-R	Inicio Espigado	-	-	5,0-10,0 5,0 Mz-Sj <sup>2</sup>	Alfalfa (2 kg)	60	27	60
Veza-Avena	P	Plena Floración Inicio Espigado	A. fórmico	-	5,0 Tr-Ag <sup>3</sup> 5,0 Cb-Gr <sup>4</sup>	-	123	23	70
Trébol rojo	R	Inicio Floración	Maíz Deshidratado	-	4,5	-	90	22,5	100
Trébol rojo	R	Inicio Floración	-	-	4,5	-	90	22,5	100
Trébol rojo	R	Inicio Floración	-	-	4,5	Maíz Deshidratado Ensilado Maíz	242 242	18,9 18,9	60
Alfalfa	R	Inicio Floración	-	-	4,5	-	90	22,5	100
Alfalfa	R	Inicio Floración	A. fórmico	0-600 g Melazas	4,5	-	78	24,8	50
Hierba <sup>5</sup>	P	Inicio Espigado	A. fórmico	-	4,5	-	90	22,5	100
Hierba <sup>5</sup>	P	Inicio Espigado	A. fórmico	-	4	Maíz Deshidratado (0, 2 y 4 kg)	172	16	75
Hierba <sup>5</sup>	P	Inicio Espigado	A. fórmico	-	4,5 Pescado 4,5 Soja	-	125	15,5	84
Hierba <sup>5</sup>	P	Inicio Espigado Espigado	A. fórmico	-	0 4,5 Cebada 4,5 Maíz	-	150	15	71
Hierba <sup>5</sup>	R	Espigado	-	0-600 g Melazas	4,5	-	78	24,8	50
Hierba <sup>5</sup>	P	Inicio Espigado	A. fórmico	-	7,0 (14-18% PB)	Maíz Deshidratado Alfalfa	78	18	108
Hierba <sup>5</sup>	P	Inicio Espigado	Ensilado maíz A. fórmico Sin conservante	-	3,62	Ensilado maíz	88	22	50
Hierba <sup>5</sup>	P	Encañado Inicio Espigado Espigado	A. fórmico	-	-	-	0	-	75

<sup>1</sup>kg de materia seca; P: Plataforma; R: Rotopaca; M: Macrobolsa; <sup>2</sup>Mz-Sj: Maíz y Soja; <sup>3</sup>Tr-Ag: Trigo y Algodón; <sup>4</sup>Cb-Gr: Cebada y Girasol; <sup>5</sup>Hierba: pradera de raigrás inglés y trébol blanco

Los resultados y discusión de los diferentes experimentos se sintetizan en los apartados siguientes:

- 1.- Composición química de los ensilados
- 2.- Ingestión de materia seca
- 3.- Ingestión de nutrientes
- 4.- Excreción y utilización del N
- 5.- Producción y composición química de la leche
- 6.- Características de la fermentación ruminal

### 1.- Composición química de los ensilados

La composición química de los ensilados utilizados en las dietas experimentales figura en la Tabla 2 y, agrupados por grupos de cultivo, en la Tabla 3.

TABLA 2  
Composición química de los ensilados experimentales.  
*Experimental silage chemical composition.*

	Maíz	Sorgo x pasto Sudán	Trigo	Triticale	Veza- Avena	Trébol rojo	Alfalfa	Pradera
MS	21,9c	19,4d	28,4b	24,6b	21,8c	26,4b	38,9a	20,5c
FAD1	32,3c	44,1a	42,5a	42,0a	31,2d	30,9d	38,7b	35,9c
FND <sup>1</sup>	65,6e	68,3f	61,2d	64,6b	57,1c	45,2a	49,2b	56,5c
EM <sup>2</sup>	9,84f	9,02ab	8,79a	9,34cd	9,15bc	9,63fg	9,54de	10,3g
PB <sup>3</sup>	9,29a	9,95a	13,2bc	14,1c	13,0b	18,2e	16,1d	16,7d
CNF <sup>1</sup>	10,8b	7,65a	7,42a	7,1a	15,6d	21,7e	20,4e	13,3c
PDR <sup>3</sup>	61,8a	-	80,7d	73,2b	79,2d	63,7a	78,2cd	75,9c
PNDR <sup>3</sup>	38,2d	-	19,2a	26,7c	20,7a	36,2d	21,7bc	24,0b
Almidón <sup>1</sup>	-	-	3,66b	7,08c	3,12b	3,92b	0,74a	2,97b
pH	3,42c	3,76d	4,22b	4,19b	4,51a	4,06b	4,53a	4,08b
N-NH <sub>3</sub> <sup>3</sup>	-	-	56,4c	1654,a	128b	117,2c	159,3a	113,4c
(g kg <sup>-1</sup> Nt)								
Láctico	-	-	60,7c	49,3	-	79,3a	30,6e	70,8b
(g kg <sup>-1</sup> MS)								
Acético	-	-	17,1a	-	-	21,6a	18,2b	21,8a
(g kg <sup>-1</sup> MS)								
Butírico	-	-	1,07b	-	-	-	0,82b	9,99a
(g kg <sup>-1</sup> MS)								

Pradera de raigrás inglés y trébol blanco; <sup>1</sup>% sobre materia seca; <sup>2</sup>MJ/kg MS; <sup>3</sup>% de la PB; MS: materia seca; FAD: fibra ácido detergente; FND: fibra neutro detergente; EM: energía metabolizable; PB: proteína bruta; CNF: carbohidratos no fibrosos; PDR: proteína degradable en rumen; PNDR: proteína no degradable en rumen; N<sub>t</sub>: Nitrógeno total; Cifras seguidas de letras distintas dentro de cada fila difieren significativamente (P<0,05).

TABLA 3  
**Composición química media de los ensilados experimentales según tipo de cultivo.**  
*Experimental silage chemical composition depending on the crop.*

	Cereales de invierno	Cereales de verano	Leguminosas	Pradera
MS	24,5b	20,3c	31,6a	20,6c
FAD <sup>1</sup>	36,8a	36,2a	33,6b	35,9a
FND <sup>1</sup>	60,7b	66,8a	45,7d	56,5c
EM <sup>2</sup>	8,9d	9,45c	9,63b	10,3a
PB <sup>3</sup>	13,6c	9,46d	18,0a	16,7b
CNF <sup>3</sup>	8,8c	9,52c	21,6a	13,3b
PDR <sup>3</sup>	79,9a	69,6b	66,1b	75,9a
PNDR <sup>3</sup>	20,1b	30,3a	33,9a	24,1b
Almidónl	4,7a	-	1,12c	2,44b
pH	4,2a	3,51c	4,21a	4,08b
N-NH <sub>3</sub> (g kg <sup>-1</sup> Nt)	116b	-	138a	113b
Láctico (g kg <sup>-1</sup> MS)	52,1b	-	51,2b	70,8a
Acético (g kg <sup>-1</sup> MS)	-	-	20,2a	21,8a
Butírico (g kg <sup>-1</sup> MS)	-	-	0,77b	9,99b

*Pradera: de raigrás inglés y trébol blanco; <sup>1</sup>% sobre materia seca; <sup>2</sup>MJ/kg MS; <sup>3</sup>% de la PB; MS: materia seca; FAD: fibra ácido detergente; FND: fibra neutro detergente; EM: energía metabolizable; PB: proteína bruta; CNF: carbohidratos no fibrosos; PDR: proteína degradable en rumen; PNDR: proteína no degradable en rumen; a, b, c, d, e, f, g dentro de cada fila difieren P<0,05.*

Los ensilados de leguminosas mostraron mayor contenido de proteína y materia seca (P<0,05) e inferior concentración de carbohidratos estructurales (P<0,05). Los de invierno (trigo, triticale y la asociación veza-avena) a los estados de madurez recolectados, presentaron menos proteína bruta que los de hierba de pradera (13,6% vs 16,7%), sin diferencias entre ellos la proteína degradable en rumen (Tabla 3).

## 2.- Ingestión de materia seca

La ingestión de alimento es la variable más directamente relacionada con la producción animal en sistemas de alimentación con forrajes, e íntimamente vinculada a la digestibilidad (Illius, 1998). La reducción media de consumo entre forraje verde y ensilado ha sido fijada en un 27% (Mayne y Cushnahan, 1995). En la ingesta de ensilado influyen entre otros factores: contenido de fibra neutro detergente (Mertens, 1987); porcentaje de humedad (Demarquilly y Dulphy, 1977; Chase, 1979); estado de madurez (Salcedo, 2000; Huhtanen *et al.*, 2002a); productos finales de la fermentación (Steen *et al.*, 1995; Huhtanen, 2002); tasa de sustitución (Huhtanen *et al.*, 2002b); suplementación

proteica, (Oldham, 1984); especie forrajera, leguminosas vs gramíneas (Van Soest, 1965; Weiss y Shockey, 1991) y fase de lactación (NRC, 2001).

### 2.1.- Ensilados de cereales de verano

En la mayoría de las comparaciones el sorgo x pasto del Sudán (SxS) se considera de inferior valor nutritivo que el maíz, como consecuencia de su menor digestibilidad y, a veces, menor ingestión (Lusk *et al.*, 1984). Así, Bennofoy y Didier (1978) y McCullogh *et al.* (1981), lo sitúan entre el 75 al 80% respecto a los ensilados de maíz.

En vacas secas alimentadas con ensilados de maíz o sorgo x pasto del Sudán el mayor consumo de ensilado ( $C_s$ ) se registró en el de maíz (11,7 kg MS) y el menor, 9,7 kg en SxS, (Tabla 4), atribuido a la inferior concentración de fibra neutro detergente y superior contenido energético (Tabla 2). Por el contrario, cuando las vacas recibieron una suplementación extra en forma de urea a las dosis ensayadas de 0, 100 y 200 g d<sup>-1</sup>,  $C_s$  incrementó 9 g MS g<sup>-1</sup> de urea añadida en el SxS y 6,5 g g<sup>-1</sup> el ensilado de maíz, pero la digestibilidad es mayor en éste último con independencia de la dosis (Tabla 4). La adición de 200 g de urea respecto a la dosis 0 al SxS  $dMS_{vivo}$ ,  $dMO_{vivo}$ ,  $dFND_{vivo}$  y  $dN_{vivo}$  mejoró en 0,036; 0,033; 0,032 y 0,054 unidades porcentuales por gramo de urea añadida y 0,041; 0,048; 0,056 y 0,066 el ensilado de maíz.

TABLA 4  
Ingestión de materia seca y digestibilidad in vivo de ensilados de maíz  
y sorgo x pasto del Sudán.

*Dry matter intake and in vivo digestibility of corn silage and sorghum x Sudan grass silage.*

Urea, g <sup>1</sup> d <sup>-1</sup>	Maíz					Sorgo x Sudán				
	0	100	200	L	C	0	100	200	L	C
MS, kg d <sup>-1</sup>	11,7c	12,3b	13,0a	***	NS	9,7c	10,1b	11,6a	***	NS
dMS, %	60,1c	65,1b	68,3a	***	NS	50,7b	54,0b	57,9a	***	NS
dFND, %	63,1c	67,7b	72,7a	***	NS	51,9c	56,7b	58,5a	***	NS
dMO, %	60,3c	64,1b	71,5a	***	NS	53,1b	58,2a	59,6a	***	NS
dN, %	55,8c	64,6b	69,1a	***	***	57,4	61,4a	68,3b	***	***

*dMS: digestibilidad in vivo de la materia seca; dFND: digestibilidad in vivo de la fibra neutro detergente; dMO: digestibilidad in vivo de la materia orgánica y dN: digestibilidad in vivo del nitrógeno; L: término lineal, C: término cuadrático; \*\*\* (P<0,001); NS: no significativo; a,b,c: Valores acompañados de distinta letra en cada fila y ensilado difieren P<0,05.*

En otro experimento con vacas lactantes y primíparas alimentadas con los ensilados anteriormente descritos, fueron suplementadas con 1,5 ó 2,7 kg de MS de concentrado, los resultados no fueron estadísticamente diferentes, con valores medios de 10,6 kg para el SxS y 11,8 kg el ensilado de maíz y consumos totales de 12,9 y 14,1 kg MS respectivamente, sin diferencias significativas para las dosis de concentrado ensayadas.

## 2.2.- Ensilados de cereales de invierno

Generalmente los cereales de invierno son cultivados para grano (MAPA, 1999), utilizándose también como forraje verde, ensilado o henificado. En Galicia, Gómez-Ibarlucea y Lloveras (1983) y Lloveras (1982) señalan al centeno, la avena y la asociación veza-avena como los más interesantes para la alimentación animal. En la actualidad, se utiliza cada vez más la asociación triticale con guisante para ensilar en rotación con maíz forrajero (Fernández *et al.*, 2007); señalándolo como el método de conservación más adecuado, debido a su producción estacional y condicionada por la fecha de siembra del maíz (Zea y Díaz, 1989).

Durante los años 2000 y 2001 se desarrolló un experimento con trigo 'Sideral', orientado a estudiar su potencial nutritivo, comprobándose que el inicio del espigado coincide cuando el cultivo ha acumulado 585 horas de calor (principios de abril) en la zona costera de Cantabria. Adogla-Bessa y Owen (1995) señalaron para su aprovechamiento un rango amplio de madurez, aunque otras referencias indican el aprovechamiento en estado de grano pastoso como el más recomendable (Corral *et al.*, 1977). No obstante y para las condiciones climáticas de la Cornisa Cantábrica no parece aconsejable extender el cultivo más allá del final del espigado, sin comprometer la siembra de maíz.

La Tabla 5 señala la ingestión de ensilado, el consumo total y digestibilidad en 3 experimentos y 8 dietas con ensilados de trigo: Experimento 1) floración vs pastoso, ensilados en la modalidad de rotopaca sin adición de conservante; Experimento 2) recolectado al inicio del espigado [fermentado en silo de plataforma, sin presecado previo, picado a una longitud variable de 10-15 cm y conservado con ácido fórmico ( $3,5 \text{ L t}^{-1}$ ) o ensilado de maíz al 10%] y el Experimento 3), recolectado en floración y fermentado en rotopacas, con un suplemento adicional de 0,3; 0,6; 0,9 y 1,2 kg de harina de soja vaca y día.

El consumo de ensilado disminuyó cuadráticamente ( $P < 0,001$ ) respecto a su concentración en FND (Figura 1), con valores medios de 12,7; 11,6 y 9,89 kg MS al inicio espigado, floración y grano pastoso respectivamente. En el experimento 1 no se apreciaron diferencias en la ingestión de ensilado y posiblemente, el menor consumo numérico del ensilado en fase pastosa tenga su origen en el contenido de grano, que favoreció mayor producción de ácido láctico en panza (6,9 mol/100 mol vs 1,0 en floración), pH ruminal medio de 5,78 vs 6,29 respectivamente y no a la digestibilidad *in vivo* de la materia orgánica (Tabla 5), determinada con ovinos alimentados a nivel de mantenimiento. En el experimento 2, el consumo de materia seca fue mayor ( $P < 0,001$ ) con ensilado de trigo conservado con ácido fórmico (Tabla 5). En el Experimento 3 la ingestión de ensilado y materia seca total mejoran de forma lineal hasta la dosis de 0,6 kg de harina de soja  $r^2=0,688$ .

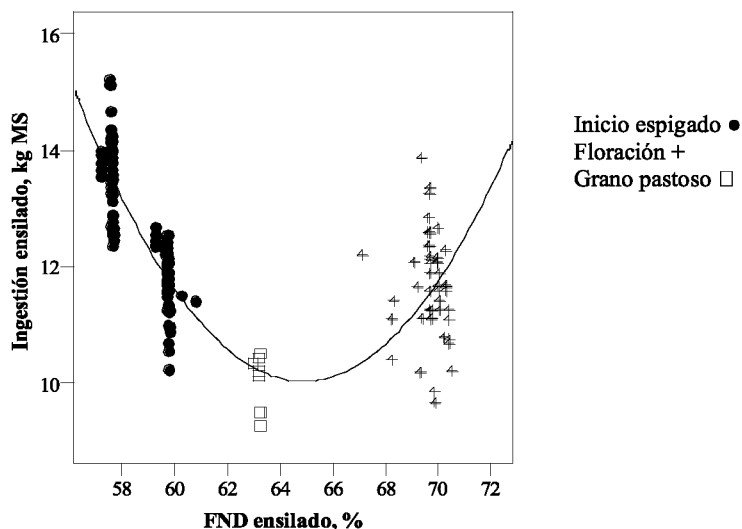


FIGURA 1  
Relación FND (%) de forraje de trigo ensilado e ingestión.  
de ensilado (kg MS vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>)

*NDF (%) and forage intake (kg DM cow<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>) of wheat silage relationship.*

La adición de ácido fórmico mejoró la digestibilidad *in vivo* de la MS, MO, FND y FAD para el conjunto de la dieta en 4,5; 4,2; 8; y 9,1 unidades porcentuales respecto al empleo de ensilado de maíz, atribuido a la superior degradabilidad ruminal de la materia seca (63,4% vs 58,3%); sin diferencias significativas la del N (Tabla 5). Según la clasificación de Dulphy y Demarquilly (1981), ambos ensilados presentaron buenos índices de conservación, valor nitrogenado y de ingestibilidad medios de 8,25; 7,5 y 7,5 respectivamente. A las dosis ensayadas de 3,5 litros de ácido fórmico y 100 kg de ensilado de maíz por tonelada de forraje verde, el coste del conservante equivale a 4,27 y 1,09 € t<sup>-1</sup> respectivamente, cuando éste último es producido en la propia explotación.

Un forraje de veza-avena recolectado en plena floración la leguminosa e inicio del espigado la gramínea, segado con picadora de mayales a longitud variable de 2 a 15 cm, ensilado en plataforma y conservado con ácido fórmico a la dosis de 3,5 L t<sup>-1</sup>, fue suministrado a vacas lecheras suplementadas con 4,5 kg de concentrado de diferente composición elemental en la fuente energética y proteica: maíz – soja (M-S); trigo – algodón (T-A) y cebada – girasol (C-G). El consumo de materia seca de ensilado y la total no difiere entre concentrados (Tabla 6), con ingestiones medias de 12,3 y 16,7 kg vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, respectivamente; por el contrario, el almidón ingerido fue inferior (P<0,001) en T-A. Posiblemente, la pequeña variación de almidón en los concentrados de este

experimento (M-S: 58,4%; T-A: 54,9% y C-G: 54,9%), no fue suficiente para apreciar las diferencias obtenidas por Cameron *et al.* (1991), quienes señalan descensos de consumo cuando aumenta la concentración de almidón. Las digestibilidades *in vivo* de la MS, MO y FND, para el conjunto de la dieta, mostraron diferencias significativas entre dietas, siendo superiores en C-G. No hubo diferencias significativas entre dietas para la digestibilidad del N.

**TABLA 5**  
**Ingestión de ensilado de trigo (kg MS vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>) y digestibilidad *in vivo* en tres experimentos.**

*Three experiments wheat silage intake (kg DM cow<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>) and *in vivo* digestibility.*

<b>Experimento 1</b>							
<b>Estado madurez</b>	<b>Trigo floración</b>	<b>Trigo pastoso</b>	<b>Conjunto</b>	<b>Signif.</b>			
C <sub>s</sub> , kg MS	11,7	10,6	11,1	NS			
C <sub>t</sub> , kg MS	16,2	15,1	15,6	NS			
dMO, % <sup>1</sup>	49,1	54,6	51,8	***			
<b>Experimento 2</b>							
<b>Estado madurez</b>	<b>Inicio espigado</b>	<b>Inicio espigado</b>					
Conservante	Ensilado maíz	Ácido fórmico					
C <sub>s</sub> , kg MS	11,8	13,6	12,7	***			
C <sub>t</sub> , kg MS	15,5	17,3	16,4	***			
dMS, % <sup>2</sup>	68,4	73,4	71,3	***			
dMO, % <sup>2</sup>	71,8	76,0	74,2	***			
dFND, % <sup>2</sup>	58,9	66,9	63,6	***			
dFAD, % <sup>2</sup>	55,7	64,8	59,7	***			
dN, % <sup>2</sup>	61,4	62,1	61,7	NS			
<b>Experimento 3</b>							
<b>Suplemento (Soja)/ trigo floración</b>	<b>0,3 kg</b>	<b>0,6 kg</b>	<b>0,9 kg</b>	<b>1,2 kg</b>	<b>Conjunto</b>	<b>L</b>	<b>C</b>
C <sub>s</sub> , kg MS	11,6	12,1	11,7	11,2	11,7	NS	**
C <sub>t</sub> , kg MS	16,3	17,2	17,0	16,5	16,7	NS	*

C<sub>s</sub>: consumo de materia seca de ensilado; C<sub>t</sub>: consumo de materia seca total; dMS: digestibilidad de la materia seca; dMO: digestibilidad de la materia orgánica; dFND: digestibilidad de la fibra neutro detergente; dFAD: digestibilidad de la fibra ácido detergente; dN: digestibilidad del N; <sup>1</sup>in vivo determinado con ovinos alimentados a nivel de mantenimiento; <sup>2</sup>conjunto dieta en vacas lecheras; NS: no significativo; \*\*\* (P<0,001); L: término lineal; C: término cuadrático; \* P<0,05; \*\* P<0,01; \*\*\* P<0,001; NS: no significativo

TABLA 6

**Ingestión y digestibilidad in vivo de dietas de veza avena suplementadas con 4,5 kg vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> de tres tipos de concentrado.**

*Vetch-oat diets supplemented with three concentrate types (4.5 kg cow<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>) intake and in vivo digestibility*

<b>Tipos de concentrado</b>	<b>Maíz y Soja</b>	<b>Trigo y Algodón</b>	<b>Cebada y Girasol</b>	<b>Media</b>	<b>Sig.</b>
C <sub>s</sub> , kg MS	11,8	13,0	12,2	12,3	NS
C <sub>t</sub> , kg MS	16,3	17,4	16,5	16,7	NS
Almidón, kg MS	2,88	2,25	2,99	2,7	***
dMS, % <sup>1</sup>	77,7	78,2	80,1	78,6	**
dN, % <sup>1</sup>	73,4	73,6	71,9	72,9	NS
dMO, % <sup>1</sup>	78,7	79,8	80,7	79,7	***
dFND, % <sup>1</sup>	74,7	76,4	77,2	76,1	***

*C<sub>s</sub>: consumo de materia seca de ensilado; C<sub>t</sub>: consumo de materia seca total; dMS: digestibilidad de la materia seca; dMO: digestibilidad de la materia orgánica; dFND: digestibilidad de la fibra neutro detergente; dN: digestibilidad del N; <sup>1</sup>dieta completa; \*\* P<0,01; \*\*\* P<0,001; NS: no significativo;*

Con ensilados de triticale (*xTriticosecale*) se realizaron dos experimentos. El primero, conservado en la modalidad de macrobolsa y picado a una longitud variable de 1,5 a 3 cm, fue administrado a vacas lecheras con 82±37 días de lactación, suplementadas con 5 ó 10 kg de concentrado y 2 kg de alfalfa deshidratada. El C<sub>s</sub> y C<sub>t</sub> fue diferente según la dosis de concentrado administrado (P<0,001), con ingestiones medias de 10,7 y 9,1 kg para C<sub>s</sub> y 17,1 y 20,1 kg C<sub>t</sub> para 5 y 10 kg de concentrado respectivamente. La tasa de sustitución fue de 0,34 kg MS de ensilado por kilo de concentrado.

El segundo experimento compara dos ensilados (hierba de pradera sembrada vs triticale), recolectados al inicio del espigado, fermentados en silo plataforma y conservados con ensilado de maíz a la dosis de 100 kg t<sup>-1</sup>. En este estudio las vacas tuvieron acceso al pasto durante cinco horas por la mañana tras recibir 3,5 kg de concentrado. Por la tarde fueron suplementadas con 0,89; 1,84 y 2,8 kg de paja, heno de alfalfa y maíz deshidratado respectivamente, más ensilado de triticale o de hierba. La ingestión de materia seca total no fue diferente entre tipo de ensilado suministrado, registrándose consumos medios de 19,8 kg en las dietas formadas con ensilados de hierba y 19,7 kg con los de triticale; por el contrario, la ingestión de ensilado fue significativamente menor con triticale (4,7 kg) que con de hierba (5,3 kg) (P<0,01).

### 2.3.- Ensilados de leguminosas

El consumo de materia seca es superior con ensilados de leguminosas que con los de gramíneas (Akin, 1979), debido a la mayor velocidad de degradación de la fracción potencialmente degradable de la fibra neutro detergente y, al ritmo fraccional de salida de la fracción no degradada (Van Soest, 1982). Como consecuencia del menor grado de lignificación de la pared celular, los forrajes de gramíneas se rompen durante la rumia en trozos filamentosos largos y delgados; mientras que los de leguminosas originan formas irregulares más macizas y sin ejes definidos (Mosely, 1981). Esta forma diferente de fracturarse las partículas de las leguminosas favorece una mayor colonización de microorganismos ruminales, a la vez que facilita la preparación para abandonar el rumen.

Dos forrajes de leguminosas (alfalfa y trébol rojo) fueron conservados en la modalidad de rotopacas, realizándose tres experimentos implicando un total de 7 dietas. En el primero, se estudiaron los efectos de la adición de melazas de remolacha ( $0$  ó  $600 \text{ g}^{-1} \text{ vaca}^{-1} \text{ y día}^{-1}$ ) al ensilado de alfalfa vs de hierba de pradera, sobre el consumo de materia seca; en ambos casos el aporte de concentrado fue  $4,5$  kilos. En el segundo, se utilizaron cuatro ensilados: trébol rojo, conservado o no con maíz deshidratado ( $53 \text{ kg t}^{-1}$ ), alfalfa y hierba de pradera. En el tercero, con ensilados de trébol rojo, se analizaron los efectos de la suplementación con ensilado de maíz o con maíz deshidratado (Tabla 7), también con vacas lactantes suplementadas en ambos casos con  $4,5$  kg de concentrado.

La adición de  $600 \text{ g}$  de melaza de remolacha en el primer experimento, no mejoró el consumo de ensilado (Tabla 7). Semejante ingestión se observó en el segundo experimento con ensilados de trébol, alfalfa y de hierba, aunque numéricamente superior en los ensilados de alfalfa (Tabla 7). Para los ensilados de leguminosas, los resultados aquí obtenidos son coincidentes con Minson (1990). Broderick *et al.* (2000) observaron consumos inferiores en ensilados de trébol ( $1,2 \text{ kg}$  de materia seca) que en los de alfalfa; sin embargo, cuando la ingestión se expresa en términos de materia orgánica digestible, es superior en los de trébol ( $13,5$  vs  $13,8 \text{ kg}$ ), contrario a los obtenidos en nuestras condiciones, con ingestiones medias de  $12,1 \text{ kg}$  materia orgánica digestible en los ensilados de trébol y  $12,9 \text{ kg}$  los de alfalfa.

En el tercer experimento, el consumo de ensilado de trébol fue inferior al del segundo (Tabla 7), atribuido al efecto de sustitución del ensilado de maíz o maíz deshidratado. Las tasas de sustitución observadas de ensilado de trébol por maíz deshidratado o ensilado de maíz respecto al primer experimento fueron  $0,96$  y  $0,84 \text{ kg MS}$  respectivamente.

Cuando la ingestión de materia orgánica digestible se sitúa en el rango de  $6$  a  $12 \text{ kg}$ , del  $60\%$  al  $65\%$  fermenta en rumen (Hagesmeister *et al.*, 1988), obteniéndose relaciones lineales entre la materia orgánica digestible ingerida ( $\text{MOD}_i$ ) y la fermentada en rumen ( $\text{MOF}_i$ ) del tipo:  $Y = 0,7x - 0,68$ , siendo  $x = \text{kg de MOD}_i$ . Para el conjunto de experimentos

con ensilados de leguminosas, la  $MOF_r$  resultó mayor en los ensilados de alfalfa (9,8 kg) que en los de trébol (9,2 kg).

TABLA 7  
Ingestión (kg MS vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>) y digestibilidad *in vivo* de ensilados de leguminosas.  
*Legume silage intake (kg DM cow<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>) and in vivo digestibility.*

Experimento	Ensilado	MS total, kg	Ensilado, kg	dMS, % <sup>1</sup>	dMO, % <sup>1</sup>	dN, % <sup>1</sup>	dFAD, % <sup>1</sup>	dFND, % <sup>1</sup>
1	Alfalfa, 0 <sup>2</sup>	18	13,1	-	-	-	-	-
	Alfalfa, 600 g <sup>2</sup>	18,8	13,2	-	-	-	-	-
	Hierba, 0 <sup>2</sup>	18,1	13,1	-	-	-	-	-
	Hierba, 600 g <sup>2</sup>	17,3	12,3	-	-	-	-	-
	Sig.	NS	NS	-	-	-	-	-
2	Trébol	18,2	13,7	68,9ab	69,8b	52,4a	54,1a	49,3
	Alfalfa	19,2	14,7	71,8b	74,1bc	67,8b	61,8b	56,3
	Trébol <sup>3</sup>	18,7	14,2	72,9b	76,5c	57,7a	66,3c	61,8
	Hierba	18,2	13,7	65,1a	62,3a	68,8b	51,5a	52,0
	Sig.	NS	NS	**	**	**	*	NS
3	MD <sup>4</sup>	17,9	10,8	67,6	72,9	60,2	48,6	55,8
	EMa <sup>5</sup>	18,3	10,4	69,6	74,4	59,2	52,6	60,0
	Sig.	**	NS	**	**	NS	**	***

<sup>1</sup>digestibilidad *in vivo* para el conjunto dieta; <sup>2</sup>g de melazas por vaca y día; <sup>3</sup>ensilado de trébol conservado con maíz; deshidratado (53 kg t<sup>-1</sup>); <sup>4</sup>3,41 kg de MS en forma de maíz; deshidratado (MD); <sup>5</sup>3,46 kg MS en forma de ensilado de maíz; (EMa); a, b, dentro de cada columna difieren  $P < 0,05$ ; \* ( $P < 0,05$ ); \*\* ( $P < 0,01$ ); \*\*\* ( $P < 0,001$ ); NS: no significativo

## 2.4.- Ensilados de pradera

Seis experimentos implicando 21 dietas fueron realizados con ensilados de pradera de raigrás inglés y trébol blanco (Tabla 8). Las vacas fueron suplementadas con dosis variables de concentrados: 0 a 7,2 kg; diferentes fuentes de almidón incluido en el concentrado: cebada o maíz; forrajes deshidratados: alfalfa deshidratada (AD) o maíz deshidratado (MD). Los forrajes fueron fermentados en silos de rotopaca o plataforma, usándose como conservante en éstos últimos ácido fórmico a la dosis de 3,5 L t<sup>-1</sup> o ensilado de maíz (100 kg t<sup>-1</sup>); recolectada la hierba desde las fases hojosas a las de espigado. La tabla 8 recoge el consumo de ensilado, materia seca y la digestibilidad *in vivo* de la dieta en algunos experimentos.

**TABLA 8**  
**Ingestión (kg MS vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>) y digestibilidad in vivo de ensilados de hierba de pradera**  
**suplementados con diferente fuente de energía y proteína.**  
*Grass silage supplemented with different source of energy and protein intake (kg DM cow<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>)*  
*and in vivo digestibility.*

Exper. *	Suplemento	Estado madurez	Aditivo	MS total, kg	Ensilado, kg MS	dMS, % <sup>1</sup>	dMO, % <sup>1</sup>	dN, % <sup>1</sup>	dFAD, % <sup>1</sup>	dFND, % <sup>1</sup>
1		Enc.		12,1	-	78,6	80-	71,4	82,5	79,9
		In. Esp.	A. Fórmico	11,1	-	67,1	68,3	61,2	77,6	78,3
		Esp.		8,8	-	62	58,6	52,8	69,6	69,6
		Sig		***	-	***	***	**	***	***
2	MD									
	0 kg		A. Fórmico	19,5	16	69,4	-	80,3	-	-
	2 kg			20,6	14,8	68,9	-	81,0	-	-
	4 kg			21,2	13,8	68,6	-	81,2	-	-
	Sig			*	***	NS	-	NS	-	-
3	Soja Pescado		A. Fórmico	17,1	11,9					
				16,8	12,5	-	-	-	-	-
	Sig			NS	NS					
4	0 kg	In. Esp.		12,1b	12,1d	-	-	-	-	-
	0 kg	Esp.		10,9a	10,9c	-	-	-	-	-
	FE: Cebada	In. Esp.	A. Fórmico	14,1e	9,7b	-	-	-	-	-
	Cebada	Esp.		12,8c	8,3a	-	-	-	-	-
	FE: Maíz	In. Esp.		13,8e	9,4b	-	-	-	-	-
	Maíz	Esp.		13,3d	8,7a	-	-	-	-	-
5				***	***					
	MD: 14% PB		A. Fórmico	18,2	9,2	62,3	68,2	67,8	52,3	53,1
	MD: 18% PB			18,3	9,3	67,7	66,6	65,0	54,2	53,9
	Alfalfa: 14%PB			18,7	9,8	65,5	71,2	65,4	47,5	56,8
	Alfalfa: 18%PB			18,7	9,8	69,7	65,4	62,8	50,6	58,5
Sig			***	**	NS	NS	***	***	NS	
6	Ensilado de maíz		*Sin aditivo	17,8	14,2	70,2	73,2	67,3	67,3	62,8
			*A. Fórmico	19,8	16,2	70,2	74,8	62,3	62,2	62,8
			*Ensilado maíz	18,5	14,9	71,4	69,4	63,5	65,0	65,0
	Sig			*	*	***	***	***	*	*

\* (Experimento 1): sin concentrado; (Experimento 2): 4 kg concentrado; (Experimentos 3): 4,5 kg concentrado; (Experimento 4): 0 y 4,5 kg concentrado; (Experimento 5): 7 kg concentrado y 3 kg del suplemento forrajero (Maíz, Deshidratado o Alfalfa); (Experimento 6): 3,6 kg concentrado; MD: maíz deshidratado; FE: fuente energética; Enc: Encañado; In. Esp.: Inicio espigado; Esp.: espigado. PB: Proteína bruta; dMS: digestibilidad in vivo de la materia seca; dMO digestibilidad in vivo materia orgánica; dN: digestibilidad in vivo nitrógeno; dFAD: digestibilidad in vivo fibra ácido detergente y dFND: digestibilidad in vivo fibra neutro detergente; <sup>1</sup>porcentajes referidos a dieta completa.

### 2.4.1.- Experimento 1

Este experimento fue desarrollado durante los años 1997 y 1998 con vacas secas sin adición de concentrado, cuyo objetivo era estudiar los efectos del estado de madurez del ensilado (encañado, inicio del espigado y espigado) sobre la ingestión voluntaria de materia seca, digestibilidad *in vivo* y degradabilidad ruminal *in sacco*. La hierba sin presecado previo fue fermentada en silos de plataforma y conservada con ácido fórmico. La composición química, digestibilidad y degradabilidad ruminal de cada ensilado figura en la Tabla 9.

Con el avance de la madurez se reduce significativamente el consumo de materia seca ( $P < 0,001$ ), con ingestiones medias diarias de 12,1; 11,2 y 8,8 kg de MS para los ensilados encañado, inicio del espigado y espigado respectivamente, imputable al aumento de fibra neutro detergente (Figura 2). Así, cada punto superior a 52,1% de FND, la ingestión disminuyó 0,33 kg MS vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> según la ecuación: kg MS = 30,5 ( $\pm 0,87$  \*\*\*) - 0,33 ( $\pm 0,015$  \*\*\*) FND;  $\pm 0,59$ ;  $r^2 = 0,85$ , coincidente con Khorasani *et al.* (1996) para vacas en media lactación.

TABLA 9  
Composición química, degradabilidad ruminal *in sacco* y digestibilidad *in vivo* de diversas dietas con ensilado de hierba de pradera.

*Grass silage diets chemical composition, in sacco rumen degradability and in vivo digestibility*

	Año 1997			Año 1998			std	Sig.	Año
	Encañado	Inicio espigado	Espigado	Encañado	Inicio espigado	Espigado			
MS	19,6	21,8	24,8	20,1	23,4	27,6	0,1	***	***
Cenizas <sup>1</sup>	9,5	9,4	9,1	10,0	9,6	9,4	0,01	***	***
PB <sup>1</sup>	17,0	12,9	12,3	18,2	14,7	13,5	0,1	***	***
FND <sup>1</sup>	54,0	57,8	63,8	52,7	57,5	63,2	0,1	***	***
pH	4,32	4,09	3,96	4,1	3,98	3,9	0,05	***	***
N-NH <sub>3</sub> N <sup>2</sup>	128,4	106,3	81,9	146,7	125,1	98,1	0,7	***	***
DMS <sup>3</sup>	70,7	64,7	52,1	70,1	66,2	54,9	2,06	***	***
DMO <sup>3</sup>	69,5	59,7	48,0	69,2	67,4	48,7	18,6	NS	***
DFND <sup>4</sup>	46,5	38,5	30,5	47,8	39,5	32,3	2,21	***	***
DN <sup>5</sup>	83,0	75,9	53,8	80,9	73,3	53,2	2,6	***	***
dMS <sup>1</sup>	78,3	67,2	62,0	79,05	66,1	62,8	0,14	***	NS
dMO <sup>3</sup>	79,9	68,5	58,3	82,0	71,8	59,7	0,12	***	***
dFND <sup>4</sup>	80,1	74,1	66,9	76,5	64,2	61,3	0,33	***	***
dN <sup>5</sup>	71,7	62,1	52,2	72,0	62,5	59,1	0,25	***	***

MS: Materia seca; PB: Proteína bruta; FND: fibra neutro detergente; N-NH<sub>3</sub> N: g de N amoniacal por kg de N total; DMS: Degradabilidad efectiva de la materia seca; DMO: Degradabilidad efectiva de la materia orgánica; DFND: Degradabilidad efectiva de la fibra neutro detergente; DN: Degradabilidad efectiva del nitrógeno; dMS: digestibilidad *in vivo* de la materia seca; dMO: digestibilidad *in vivo* de la materia orgánica; dFND: digestibilidad *in vivo* de la fibra neutro detergente; dN: digestibilidad *in vivo* del nitrógeno; <sup>1</sup>% sobre materia seca; <sup>2</sup>g kg<sup>-1</sup> N; <sup>3</sup>% sobre materia orgánica; <sup>4</sup>% sobre fibra neutro detergente; <sup>5</sup>% sobre N total; \*\* ( $P < 0,001$ ); NS: no significativo

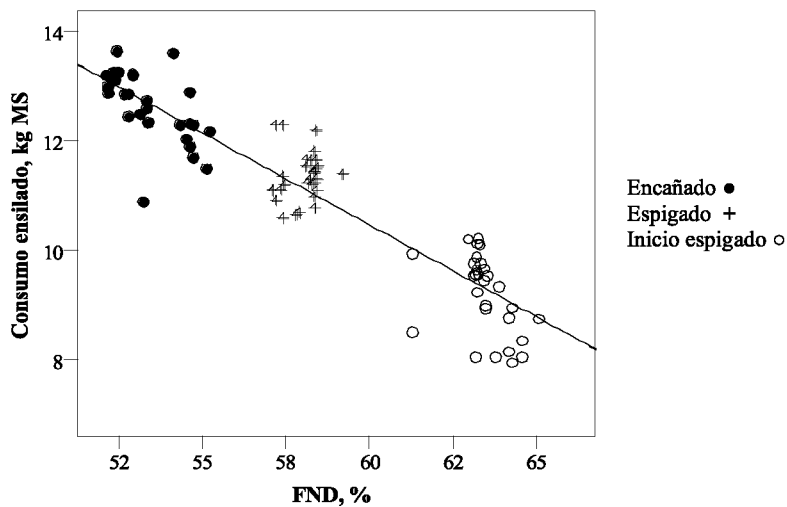


FIGURA 2

Relación entre el consumo de materia seca (kg MS vaca<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>) y la Fibra Neutro Detergente (FND, %) del ensilado.

*Silage dry matter intake (kg DM cow<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>) and NDF (%) relationship.*

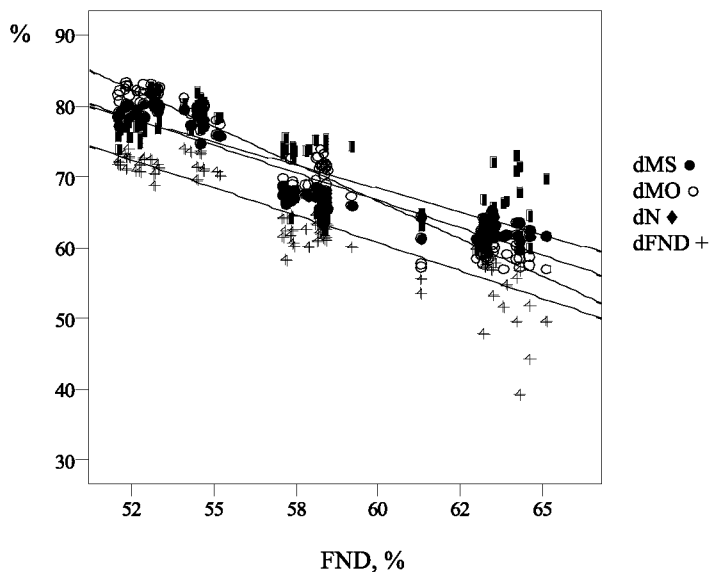


FIGURA 3

Relación entre la digestibilidad in vivo y la concentración de fibra neutro detergente

*Silage in vivo digestibility and NDF (%) relationship*

La digestibilidad *in vivo* y la degradabilidad ruminal *in sacco* de la materia seca, materia orgánica, fibra neutro detergente y nitrógeno disminuyeron con el avance la madurez (Tabla 9). La variable mejor relacionada con la digestibilidad es la concentración de fibra neutro detergente del ensilado (Tabla 10). La digestibilidad de la materia orgánica en la materia seca (DOMD) *in vivo* a partir del contenido en pared celular y digestibilidad (De) *in vitro* (Neutro Detergente-Celulosa):

DOMD= - 0,9 FND ( $\pm 0,078$ ) + 0,65 De<sub>vitro</sub> ( $\pm 0,047$ ) + 72,9 ( $\pm 7,51$ );  $r^2 = 0,97$ ;  $P < 0,001$

TABLA 10  
Relación entre la digestibilidad *in vivo* y la fibra neutro detergente (FND, %)   
*In vivo digestibility and NDF (%) relationship*

Variable Dependiente	Y = a + bx	R <sup>2</sup>	et	n
dMS, %	Y = 159,9 - 1,55 FND s.e. 3,8*** 0,06***	0,86	2,61	90
dFND, %	Y = 147 - 6,5 FND s.e. 6,5*** 0,11***	0,61	4,43	90
dMO, %	Y = 193,3 - 2,11 FND s.e. 3,03*** 0,05***	0,95	2,06	90
dN, %	Y = 154,6 - 1,56 FND s.e. 5,12*** 0,08***	0,78	3,49	90

dMS: digestibilidad de la materia seca; dFND: digestibilidad de la fibra neutro detergente; dMO: digestibilidad de la materia orgánica; dN: digestibilidad del nitrógeno; et: error típico de la estimación; s.e.: error estándar del parámetro estimado; n: número de casos; R<sup>2</sup>: coeficiente de determinación; \*\*\* P<0,001

La Tabla 11 señala la relación entre la digestibilidad *in vivo* de la MS, MO, FND y N con respecto a la degradabilidad (DMS, DFND, DMO y DN) efectiva y cinética de degradación (aMS, aMO, aN) y la fracción lentamente degradable (bFND). Más del 65% de la variación de digestibilidad *in vivo* es explicado por la técnica *in sacco*.

TABLA 11  
**Estimación de la digestibilidad in vivo a partir de la degradabilidad in sacco**  
*Estimation of in vivo digestibility from in sacco degradability*

Variable Dependiente	Y = a + bx	R <sup>2</sup>	Et	n
dMS, %	Y = 48,8 + 0,669 aMS s.e. 4,9*** 0,15**	0,45	5,32	24
	Y = 22,9 + 460,3 cMS s.e. 6,9*** 67,9***	0,67	4,10	24
	Y = 16,3 + 0,84 DMS s.e. 6,3** 0,1***	0,76	3,50	24
dFND, %	Y = 19,9 + 0,66 bFND s.e. 5,7*** 0,07**	0,78	3,44	24
	Y = 21,7 + 914,7 cFND s.e. 10,7NS 0,15**	0,48	5,29	24
	Y = 36,4 + 0,87 DFND s.e. 5,4*** 0,13**	0,65	4,38	24
dMO, %	Y = 55,3 + 0,68 aMO s.e. 2,4*** 0,10**	0,67	5,39	24
	Y = 140,2 - 1,14 bMO s.e. 9,6*** 0,15**	0,70	5,13	24
	Y = 31,5 + 352,1 cMO s.e. 2,6*** 23,3**	0,91	2,82	24
	Y = 28,8 + 0,68 DOM s.e. 6,6*** 0,11**	0,65	5,65	24
dN, %	Y = 39,9 + 0,50 aN s.e. 2,7*** 0,05**	0,78	3,54	24
	Y = 46,6 + 106,5 cN s.e. 2,1*** 12,9**	0,75	3,76	24
	Y = 26,7 + 0,52 DN s.e. 4,5*** 0,06**	0,75	3,78	24

aMS; aFND; aMO; aN: fracción soluble de la materia seca, fibra neutro detergente, materia orgánica y nitrógeno; bMS; bFND; bMO; bN: fracción lentamente degradable; cMS; cFND; cMO; cN: constante de la degradación; DMS: degradabilidad efectiva de la materia seca; DMO: degradabilidad efectiva de la materia orgánica; DFND: degradabilidad efectiva de la fibra neutro detergente; DN: degradabilidad efectiva del nitrógeno; et: error típico de la estimación; s.e.: error estándar del parámetro estimado; n: número de casos; R<sup>2</sup>: coeficiente de determinación; \*\* P<0,01; \*\*\* P<0,001; NS: no significativo

#### 2.4.2.- Experimento 2

La adición de 2 ó 4 kg de maíz deshidratado (MD) incrementó el consumo de materia seca total en 1,1 y 1,7 kg (P<0,05) y disminuyó el del ensilado de hierba en 1,1 y 2,2 kg MS (P<0,001), respectivamente. Estos resultados son imputables al descenso lineal de

humedad en la dieta ( $P < 0,001$ ), equivalentes a 3,8 y 2,5 unidades porcentuales respecto a la dieta sin MD. Por su parte Chase (1979), señala reducciones del 0,02% sobre el peso vivo del consumo cuando la dieta supera el 50% de humedad. A la dosis de MD ensayadas no se observaron mejoras significativas para la digestibilidad de la materia seca y del nitrógeno (Tabla 8). El efecto de sustitución del maíz deshidratado fue de 0,54 y 0,59 kg de MS  $\text{kg}^{-1}$ , inferiores a los señalados por Stockdale (1996) y Salcedo (1999) cuando suplementan ensilado de maíz a vacas en pastoreo, y dentro del rango de 0,47 a 1,4 señalado por Phillips (1998).

#### 2.4.3.- Experimento 3

En este experimento la hierba fue recolectada al inicio del espigado, fermentada en silo plataforma y conservada con ácido fórmico. El ensilado resultante fue administrado a vacas lecheras en media lactación (Tabla 1) y suplementadas con 4,5 kilos de concentrado de diferente proteína degradable en rumen (harina de soja vs harina pescado, (prohibida en la actualidad), con el objetivo de analizar los efectos sobre el consumo, producción de leche, perfil ruminal y sérico. Los resultados mostraron que la sustitución de 1,08 kg de soja por 0,72 kg de pescado (4,20% de MS consumida) no mejora significativamente el consumo de ensilado, con ingestiones medias de 11,9 y 12,5 kg, para el forraje ensilado, y de 17,1 y 16,8 kg, para la materia seca total (Tabla 8). Conclusiones semejantes fueron obtenidas por Oldham *et al.* (1985) y Poole *et al.* (1992), quienes señalan que un 5% de harina de pescado sobre materia seca de la ración no disminuye el consumo voluntario, pero con un 8% sí.

#### 2.4.4.- Experimento 4

Dos ensilados de hierba recolectados al inicio del espigado y espigado, fermentados en silo plataforma y conservados con ácido fórmico, fueron utilizados como base forrajera en la ración de vacas lecheras en lactación suplementadas con 0 ó 4,5 kg de concentrado de diferente fuente energética (cebada o maíz), para estudiar los efectos del retraso en la fecha de corte de la hierba sobre ingestión y producción de leche. Los resultados mostraron menor consumo en las vacas no suplementadas ( $P < 0,001$ ), con ingestiones medias de 12,1 y 10,9 kg MS al inicio del espigado y espigado, respectivamente (Tabla 8). Independientemente de la fuente energética incluida en el concentrado, la suplementación incrementó el consumo de materia seca total en 1,9 kg en el primero y 2,1 kg el segundo ensilado, sin diferencias significativas entre fuentes de energía. La tasa de sustitución del concentrado para el ensilado al inicio del espigado fue de 0,48 y 0,41 kg  $\text{kg}^{-1}$  en el de cebada y maíz respectivamente, similares a las del ensilado espigado de 0,40 y 0,43 kg  $\text{kg}^{-1}$  para los mismos concentrados.

#### 2.4.5.- Experimento 5

Con ánimo de intensificar la producción de leche en dietas con ensilados de hierba mediante la adición de forrajes deshidratados (3 kg d<sup>-1</sup>), se diseñó un experimento suplementando a las vacas con forrajes de alto o bajo contenido en proteína (alfalfa vs maíz deshidratado), en combinación con concentrados de bajo o alto contenido en proteína bruta (14% vs 18%); en ambos casos, las vacas recibieron una suplementación extra de 7 kg de concentrado. La ingestión de ensilado de hierba y la materia seca total fue mayor (P<0,01) con alfalfa (9,8 y 18,7 kg MS d<sup>-1</sup>) y 9,2 y 18,2 kg MS con maíz deshidratado (Tabla 8); sin diferencias significativas entre porcentajes de proteína incluida en el concentrado. Posiblemente, el mayor consumo de ensilado de hierba con alfalfa tenga su origen en la mayor degradabilidad efectiva de la fibra neutro detergente (57,7% vs 42,7%) y no a la degradabilidad de la materia seca 57,3% para la alfalfa y 57,6% maíz deshidratado.

#### 2.4.6.- Experimento 6

En este experimento se analizó el efecto del tipo de conservante añadido al ensilado de hierba (ensilado de maíz, 100 kg t<sup>-1</sup>; ácido fórmico 3,5 l t<sup>-1</sup> o sin él), en vacas con 98 días de lactación, suplementadas con 3,6 kg de concentrado y 5 kg de MS de ensilado de maíz sobre la ingestión y producción de leche. Los resultados no mostraron diferencias de consumo entre conservantes (Tabla 8) y, P<0,05 respecto al ensilado sin conservante, con ingestiones medias de ensilados (hierba y maíz) 14,2; 16,2 y 14,9 kg de MS y 17,8; 19,8 y 18,3 kilos para los ensilados sin conservante y los conservados con ensilado de maíz y ácido fórmico respectivamente.

### 3.- Ingestión de nutrientes

Aproximadamente el 85% de la energía metabolizable que suministra el ensilado está en forma de ácidos grasos volátiles que se absorben en el rumen (Zea y Díaz, 1996). El nivel con que se producen en la fermentación ruminal es similar a los del forraje original en verde, su producción es mucho más rápida, lo que puede afectar a la síntesis de proteína microbiana y posterior utilización de la energía (Zea y Díaz, 1996). La baja eficiencia que presentan los ensilados para el desarrollo microbiano es atribuida a la elevada solubilidad del N y, consecuentemente, a la mayor concentración de amoníaco en rumen, imputable a su degradabilidad proteica.

Los ensilados de sorgo x pasto del Sudan aportan menos energía y proteína *per se* (Tabla 12). Los trabajos de Bennofoy y Didier, (1978) y McCullogh *et al.* (1981) señalan reducciones del 20% al 25% de valor nutritivo en el sorgo x Sudán respecto a los de maíz. Los resultados observados con vacas lecheras de primer parto alimentadas con ensilado de maíz ó sorgo x Sudán y mínimo aporte de concentrado (1,5 y 2,7 kg) mostraron, que la

menor dosis de concentrado con ensilado de maíz, aporta la misma energía metabolizable y proteína bruta que la mayor con sorgo x Sudán, imputable al menor consumo de materia seca señalado anteriormente en la Tabla 4. Para la fibra neutro detergente, el consumo es superior a las necesidades teóricas señaladas por el NRC (2001) en vacas al principio o media lactación.

En los ensilados de trigo recolectados en floración o grano pastoso, el consumo de almidón (AI), energía metabolizable (EM), proteína bruta (PB), proteína degradable en rumen (PDR) y no degradable (PNDR) es inferior a los recolectados al inicio del espigado, siendo necesario en aquellos estados de madurez una suplementación de 600 g de harina de soja que satisfagan las necesidades nitrogenadas de las vacas para producciones próximas a 20 kg de leche. Cuando las dietas del vacuno lechero incluyen como única base forrajera el ensilado de trigo o veza-avena, ambos recolectados al inicio del espigado y suplementadas con 4 kg de concentrado, la ingestión media diaria de EM, PB, PDR y PNDR y AI fue 170 MJ; 2,89; 2,4; 0,58; 2,4 kg respectivamente. Por el contrario, la fibra neutro detergente por 100 kg de peso vivo resultó elevada (1,3%), superior a 0,9%-1,2% señalado por Bach (2002) para maximizar la producción de leche.

El máximo consumo de nutrientes se registró en los ensilados de leguminosas y entre ellos, los de alfalfa, atribuido a la mayor ingestión de materia seca discutido anteriormente, con aportes medios de 3,11; 2,40; 0,70 kg para PB, PDR, PNDR respectivamente y 201 MJ de energía metabolizable. En cualquier caso, la PB y PDR fue superior a las necesidades teóricas señaladas por el NRC (2001) y, ligeramente inferior la PNDR, sin diferencias la energía metabolizable para producciones de 20 kg de leche. No obstante, los ensilados de trébol aportan más proteína no degradable en rumen. La sustitución parcial de ensilado de trébol rojo por maíz deshidratado o ensilado de maíz, a la dosis de 4 kg de MS vaca y 4,5 kg de concentrado, reduce los consumos de PB, PDR y PNDR en 0,5, 0,47, 0,12 kg d<sup>-1</sup> respectivamente, incrementando el del almidón y la energía metabolizable en 1,35 kg y 24 MJ por vaca y día respectivamente.

**TABLA 12**  
**Ingestión media de nutrientes para el conjunto de experimentos y tipo de forraje ensilado.**  
*Average nutrient intake for all experiments and silage studied.*

	Maíz	S x S	Trigo	V - A	Triticale	Trébol	Alfalfa	Pradera	Medias
MStotal, kg d <sup>-1</sup>	12,9b	11,3a	16,4cd	17,1d	18,6c	18,4e	19,4e	15,9c	16,6 <sub>(22.7-6.8)</sub>
MSensilado, kg d <sup>-1</sup>	12,1bc	10,5a	12,3c	12,5c	9,9a	12,4c	14,5e	11,4b	11,9 <sub>(17.6-4.9)</sub>
MSforraje, kg d <sup>-1</sup>	12,1bc	12,1a	12,3bc	12,5c	11,7b	13,9d	15,0d	11,9bc	12,6 <sub>(18.8-4.9)</sub>
MSconcentrado, kg d <sup>-1</sup>	0,82a	0,79a	3,92b	4,5c	6,9d	4,5c	4,2c	4,61c	4,13 <sub>(9.2-0)</sub>
PB, kg d <sup>-1</sup>	1,26b	1,10a	2,85d	2,53c	2,82d	3,32e	3,11e	2,70d	2,78 <sub>(4.0-0.5)</sub>
PDR, kg d <sup>-1</sup>	-	-	2,25c	2,0d	2,03d	2,81a	2,40b	2,01d	2,28 <sub>(3.9-0.8)</sub>
PNDR, kg d <sup>-1</sup>	-	-	0,61b	0,52c	0,79b	1,67a	0,70b	0,68b	0,94 <sub>(2.8-0.4)</sub>
PBS, kg d <sup>-1</sup>	-	-	0,90d	-	1,02c	1,41a	1,46a	1,26b	1,34 <sub>(2.1-0.6)</sub>
PDI, kg d <sup>-1</sup>	-	-	1,99b	1,79c	1,57c	2,06b	2,27a	2,29a	2,17 <sub>(3.8-0.7)</sub>
NDR/MJ EM	-	-	2,25d	1,82ab	1,69a	2,37d	1,91b	1,80ab	1,99 <sub>(2.2-3.4)</sub>
EM, MJ d <sup>-1</sup>	133b	99a	158c	175d	192e	193e	201e	176d	175 <sub>(240-63.5)</sub>
MOI, kg d <sup>-1</sup>	11,5b	9,7a	14,8c	14,9c	16,1d	16,7de	17,6e	14,4c	15,1 <sub>(20.3-6.0)</sub>
FND, kg d <sup>-1</sup>	8,2c	7,4ab	8,2c	8,37c	9,55d	7,0a	8,09b	7,43b	7,56 <sub>(11.3-3.7)</sub>
CNF, kg d <sup>-1</sup>	-	2,5d	3,5c	4,4b	3,46c	5,8a	5,58a	4,77b	5,0 <sub>(6.8-2.4)</sub>
Almidón, kg d <sup>-1</sup>	-	-	2,4c	2,7b	3,22a	2,7b	2,6b	2,24c	2,46 <sub>(4.2-0.1)</sub>
MOD, kg d <sup>-1</sup>	7,4d	5,5e	10,5c	11,0c	11,1c	12,1b	12,8a	11,0c	11,1 <sub>(16.3-3.63)</sub>
MSD, kg d <sup>-1</sup>	8,0e	5,51f	11,9c	13,5a	11,0d	12,8b	13,7a	10,8c	11,7 <sub>(15.9-3.7)</sub>
N/kg MO, g d <sup>-1</sup>	18,1a	16,8a	30,6de	26,7b	28,0bc	31,9e	28,2cd	29,9d	29,6 <sub>(43.9-10.1)</sub>
PB/MJ, g/MJ EM	10,3a	10,9a	17,9d	14,4b	14,7b	17,3d	15,5c	15,2bc	15,9 <sub>(23.3-5.7)</sub>
% forraje	93,7c	93,3c	75,2b	72,4b	63,4a	75,4b	77,0b	74,5b	76,5 <sub>(100-50.1)</sub>
% concentrado	6,3a	6,6a	24,7b	27,5b	36,6c	24,5b	22,9b	25,5b	23,4 <sub>(49.9-0)</sub>

*S x S: sorgo x pasto del Sudán; V - A: Veza-Avena; Pradera de: Raigrás inglés + Trébol blanco; PB: Proteína bruta; PDR: Proteína degradable en rumen; PNDR: Proteína no degradable en rumen; PBS: Proteína soluble; PDI: Proteína digestible; NDR/MJ EM: gr de N degradable en rumen por MJ de energía metabolizable; EM: energía metabolizable; MOI: Materia orgánica ingerida; FND: Fibra neutro detergente; CNF: Carbohidratos no fibrosos; MOD: Materia orgánica digestible; MSD: Materia seca digestible; N/kg MO: Nitrógeno/kg de materia orgánica; PB/MJ: Proteína bruta/MJ de energía metabolizable; a, b, c, d, e, f dentro de cada fila difieren  $P < 0,05$ .*

En líneas generales y para el conjunto de dietas, la ingestión de materia seca total, energía metabolizable y proteína bruta observada respecto a las teóricas señaladas por el NRC (1989) y CNCPS 5.0 (Fox *et al.*, 2003) para las producciones obtenidas, se observan diferencias significativas entre sistemas ( $P < 0,001$ ), imputables a la diversidad de dietas, forrajes, suplementos, etc. (Tabla 13) y las Figuras 4, 5, 6 y 7 según el tipo de ensilado.

**TABLA 13**  
**Valores medios de ingestión de MS, EM, PB vaca<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, producción de leche (kg d<sup>-1</sup>)**  
**observados en el conjunto de las 49 dietas estudiadas y valores estimados según el NRC**  
**(1989) y el CNCPS 5,0.**

*Average DM intake, metabolic energy, CP per cow and day and milk yield (kg d<sup>-1</sup>) observed in all the 49 diets studied and estimated values according to the NRC (1989) and CNCPS 5,0.*

	Observado	NRC (1989)	CNCPS 5.0	Sig.
<b>MS, kg d<sup>-1</sup></b>				
Media	16,7	16,9	18,1	
Mínimo	8,4	13,4	17,2	***
Máximo	22,8	25,4	18,9	
sd	2,8	1,28	0,6	
<b>EM, MJ d<sup>-1</sup></b>				
Media	176	164	174	
Mínimo	63	104	157	***
Máximo	240	306	184	
sd	31.5	22	10	
<b>PB, kg d<sup>-1</sup></b>				
Media	2,79	2,06	2,14	
Mínimo	0,56	1,17	1,1	***
Máximo	4,07	4,19	3,93	
sd	0,72	0,32	0,37	
<b>Leche, kg d<sup>-1</sup></b>				
Media	17,8	18,6	17,4	
Mínimo	8,0	6,7	8,0	***
Máximo	37,5	47,2	29,8	
Máximo sd	3,74	4,3	6,3	

*MS: materia seca; EM: energía metabolizable; PB: proteína bruta; sd: desviación estándar; \*\*\* P<0,001*

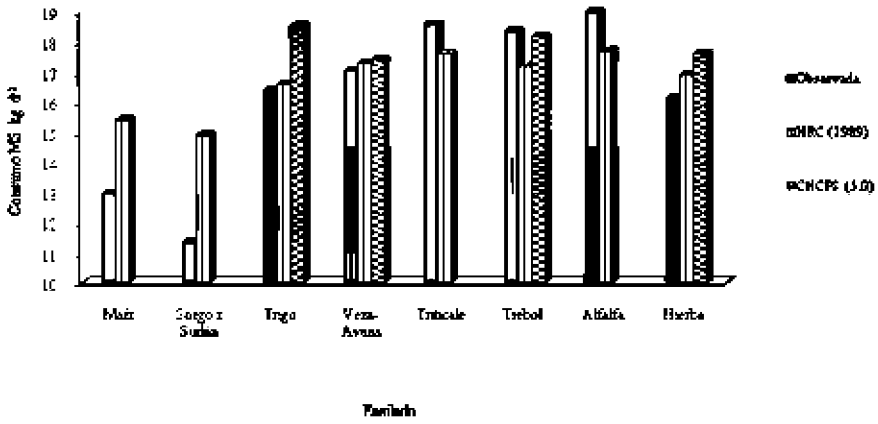


FIGURA 4  
Ingestión de materia seca observada vs estimada (kg d<sup>-1</sup>)  
*Observed vs estimated dry matter intake (kg d<sup>-1</sup>)*

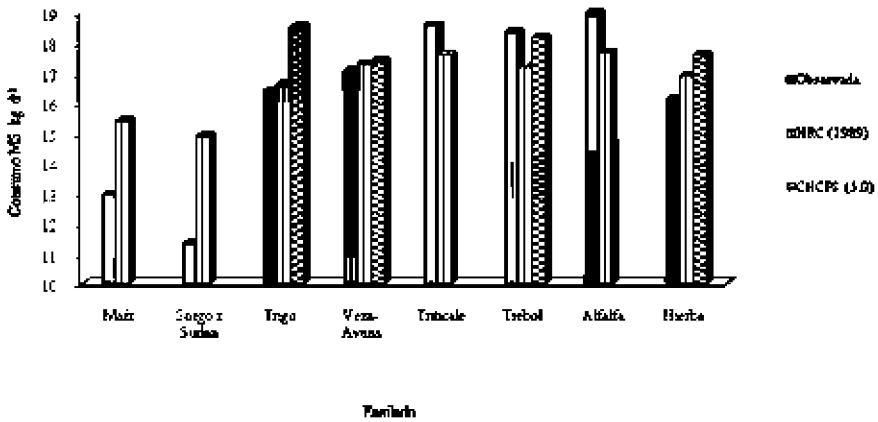


FIGURA 5  
Ingestión de energía metabolizable observada vs estimada (MJ d<sup>-1</sup>)  
*Observed vs estimated metabolizable energy intake (MJ d<sup>-1</sup>)*

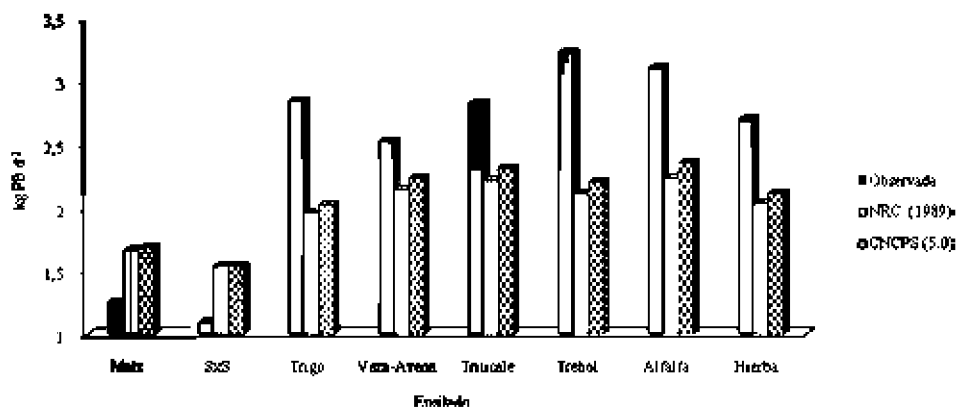


FIGURA 6  
 Ingestión de proteína bruta observada vs estimada (kg d<sup>-1</sup>)  
*Observed vs estimated crude protein intake (kg d<sup>-1</sup>)*

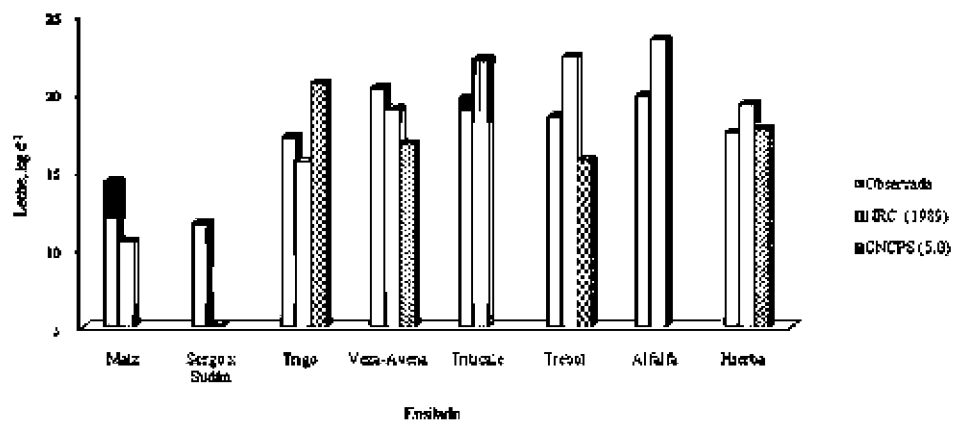


FIGURA 7  
 Leche observada vs estimada (kg d<sup>-1</sup>)  
*Observed vs estimated milk yield (kg d<sup>-1</sup>)*

#### 4.- Excreción y utilización del N

Los estudios de alimentación nitrogenada en vacuno lechero han estado orientados hacia el metabolismo proteico, evaluación de alimentos y más recientemente, a definir las necesidades nutritivas de los animales con ánimo de minimizar riesgos medioambientales (Peyraud *et al.*, 1995). El N de las heces procede del N alimenticio, microbiano y endógeno. Por el contrario, el de la orina varía en función de los excesos o desequilibrios entre la proteína degradable en rumen aportada por la ración y de las necesidades de los microorganismos ruminales (Vérité y Delaby, 2000).

Las principales pérdidas de N son las originadas por la orina, heces, leche y, en menor medida, las de origen metabólico. La ingestión de N es la variable más relacionada con la excreción de N (Peyraud *et al.*, 1997; Astigarraga *et al.*, 1994; Deleгарde *et al.*, 1997; Keady y Murphy, 1998). Otras, como fase de lactación (Kristensen *et al.*, 1998); fertilización nitrogenada (Astigarraga *et al.*, 1994; Deleгарde *et al.*, 1997); porcentaje del forraje con alto o bajo nivel de concentrado (Gonda *et al.*, 1996); aprovechamiento del forraje (pastoreo o ensilado) (Valk y Hobbelink, 1992; Keady y Murphy, 1998; Petit y Tremblay, 1995); estado de madurez del forraje ensilado y grado de presecación (Kebreab *et al.*, 2000); nivel de suplemento proteico en la ración (Metcalf *et al.*, 1996; Susmel *et al.*, 1995; Lines y Weiss, 1996); proteína indegradable añadida a la ración (Wright *et al.*, 1998) y almidón (Keady *et al.*, 1998; Valk y Hobbelink, 1992; Petit y Tremblay, 1995), contribuyen directa o indirectamente a incrementar o disminuir la excreción de N y la eficiencia en la conversión de N alimenticio en N leche.

En los sistemas de alimentación basados en forrajes verdes o ensilados, la excreción de N varía de 90 a 150 kg<sup>-1</sup> vaca<sup>-1</sup> y año<sup>-1</sup>, con una eficiencia (N recuperado en leche respecto al ingerido) variable del 12 al 20% (Vérité y Delaby, 2000). Chandler (1996) señala porcentajes de N en heces y orina del 65 al 75%.

La concentración de N en las heces de vacas lecheras es más o menos constante, con valores medios de 7,5 g kg<sup>-1</sup> de MS ingerida, y relacionada con el consumo de materia seca (Peyraud *et al.*, 1995); similares a los del presente trabajo de 9,1 g kg<sup>-1</sup> MS ingerida. El máximo de 10,9 g N<sup>-1</sup> se registró en dietas con ensilados de trébol y mínimos, de 5,7-5,8 g N<sup>-1</sup> en ensilados de maíz y sorgo x pasto del Sudán (Tabla 14).

Diferentes soluciones se han considerado para incrementar la eficiencia de utilización del nitrógeno en vacas lecheras, como suplementar proteínas de baja degradabilidad, que indirectamente estimulan la excreción de N urinario (Peyraud *et al.*, 1995), o incrementar el aporte de carbohidratos rápidamente fermentables en rumen (Beever y Reynolds, 1994) como ensilado de maíz o concentrados amilolíticos. La adición de ensilado de maíz a vacas lecheras en pastoreo reduce significativamente la excreción de N de la orina (Salcedo, 1998); por el contrario, se observa un incremento en la producción de N en leche con concentrados amiláceos o fibrosos.

El 90% del almidón de los cereales fermenta en el rumen, excepto el sorgo que el 30% escapa de la fermentación ruminal y es digerido en el intestino delgado o fermentado de nuevo en el intestino grueso (Sauvant *et al.*, 1994). Petit y Tremblay (1995) señalan que la fermentación de los carbohidratos no fibrosos en el ciego puede aumentar en vacas lecheras alimentadas con ensilados y concentrados con mayor proporción de maíz que cebada, estimulando una síntesis mayor de proteína microbiana y mejorar, en consecuencia, la excreción de N fecal a expensas del N urinario.

Cuando la disponibilidad de N en el rumen aumenta por la adición de urea (Susmel *et al.*, 1995; Lines y Weiss, 1996; Salcedo, 1997), o se incluye en la dieta más ensilado de hierba que de maíz (Valk y Hobbelink, 1992; Metcalf *et al.*, 1996; Smits *et al.*, 1995), el N de la orina incrementa, sin efectos sobre el fecal y el de la leche.

#### 4.1.- Ingestión de N

La ingestión diaria de N (N<sub>i</sub>) para el conjunto de las dietas estudiadas fue 444±116 g (Tabla 14), máximos en ensilados de leguminosas (528±54 g) y mínimos de 186±63 g en los cereales de verano, sin diferencias significativas entre los cereales de invierno y los de hierba (Tabla 15). En modelos lineales la variable más directamente relacionada con el N<sub>i</sub> es el consumo de materia seca (r<sup>2</sup>=0,70); la concentración de proteína bruta del ensilado explica el 56%; el 42% la concentración de fibra neutro detergente y el 33% el consumo de concentrado (Tabla 16) y Figura 8.

TABLA 14  
Balance nutricional para el conjunto de ensilados  
*Silages nutritional balance*

	Sorgo x						Alfalfa	Pradera	Medias
	Maíz	pasto del Sudán	Trigo	Veza-Avena	Triticale	Trébol rojo			
N ingerido, g d <sup>-1</sup>	202d	170e	453b	399c	451b	531a	511a	434b	444
N heces, g d <sup>-1</sup>	71d	61d	174b	112c	199a	201a	175b	121c	156
N orina, g d <sup>-1</sup>	109d	101d	186a	144c	185a	165b	191a	104d	138
N leche, g d <sup>-1</sup>	59c	48d	75b	98a	93a	91a	93a	83b	84
N excretado, g d <sup>-1</sup>	239e	210e	437b	353c	477a	457a	414b	301d	386
Eficiencia N, %	31,3a	27,3b	16,9f	25,0c	20,7d	17,5f	18,3ef	20,1cd	19,3
Heces, kg MS	4,3d	4,81c	4,87c	3,55e	7,56a	5,61b	5,41b	4,18d	4,92
Orina, L d <sup>-1</sup>	15,2d	14,8d	24,5b	20,2c	20,4c	27,4a	24,3b	17,7c	22,3
Balance N, g d <sup>-1</sup>	27,7d	6f	18,1e	45,2c	-25,3g	74,1b	93,8b	95,4a	79,5
N heces, g kg <sup>-1</sup> MS ingerida	5,7d	5,8d	10,3a	6,5d	10,7a	10,9a	7,42b	8,13c	9,1
dMS, %	64,9d	53,0f	70,9bc	79,1a	59,3e	69,5c	71,8b	72,5b	70,5
dMO, %	64d	57,0e	70,8c	73,7b	62,5d	72,3b	73,8b	76,3a	73,5
dN, %	61,6c	61,7c	61,7c	71,5a	55,7d	62,1c	66,8b	68,9a	65,8

Pradera: de raigrás inglés y trébol blanco; dMS: digestibilidad in vivo de la materia seca; dMO: digestibilidad in vivo de la materia orgánica; dN: digestibilidad in vivo del nitrógeno; a, b, c, d, e, f, g dentro de cada fila difieren P<0,05.

**TABLA 15**  
**Balance nutricional según grupo de plantas ensiladas**  
*Nutritional balance according to studied plants*

	Cereales verano	Cereales invierno	Leguminosas	Hierba
N ingerido, g d <sup>-1</sup>	186c	444b	528a	434b
N heces, g d <sup>-1</sup>	66d	142b	198a	121c
N orina, g d <sup>-1</sup>	105b	161a	168a	104b
N leche, g d <sup>-1</sup>	53,6c	80b	91a	83b
N excretado, g d <sup>-1</sup>	219d	396b	457a	304c
Eficiencia N, %	29,3a	18,5c	17,6c	19,9b
Heces, kg MS	4,5b	4,66b	5,58a	4,18c
Orina, L d <sup>-1</sup>	15d	21,2b	27,1a	18,2c
Balance N, g d <sup>-1</sup>	16,9c	24,9c	73,7b	98,6a
N heces, g kg <sup>-1</sup>	5,8c	8,2b	10,7a	7,8b
MS ingerida				
dMS, %	59,1c	73,3b	69,7b	72,5a
dMO, %	60,5d	71,3c	72,6b	76,3a
dN, %	61,7c	66,2b	62,7a	69,9a

dMS: digestibilidad in vivo de la materia seca; dMO: digestibilidad in vivo de la materia orgánica; dN: digestibilidad in vivo del nitrógeno; a, b, c, d dentro de cada fila difieren  $P < 0,05$ .

**TABLA 16**  
**Predicción de la ingestión de N**  
*N intake prediction*

Variable dependiente	Y = a + bx	et	R <sup>2</sup>	n	Media	Mín.	Máx.
Ni, g d <sup>-1</sup>	-134 + 34,8 kg MS d <sup>-1</sup> s.e. 0,15*** 0,54***	63,3	0,70	1727	16,6	8,7	22,7
Ni, g d <sup>-1</sup>	41,6 + 25,8 % PBF s.e. 8,2*** 0,53***	77,4	0,56	1727	16,0	5,9	22,4
Ni, g d <sup>-1</sup>	961,4 - 9,34 % FNDf s.e. 14,7*** 0,26***	88,9	0,42	1727	54,6	40,6	71,7
Ni, g d <sup>-1</sup>	222,6 + 55,1 kg Concentrado d <sup>-1</sup> s.e. 8,5*** 1,96***	93,7	0,33	1641	4,18	0	9,2

Ni: nitrógeno ingerido; PBF: Proteína bruta del forraje ensilado; FNDf: fibra neutro detergente del forraje ensilado; et: error típico de la estimación; s.e.: error estándar del parámetro estimado; R<sup>2</sup>: coeficiente de determinación; n: número de casos; Media, Mín y Máx: valores de la variable dependiente.

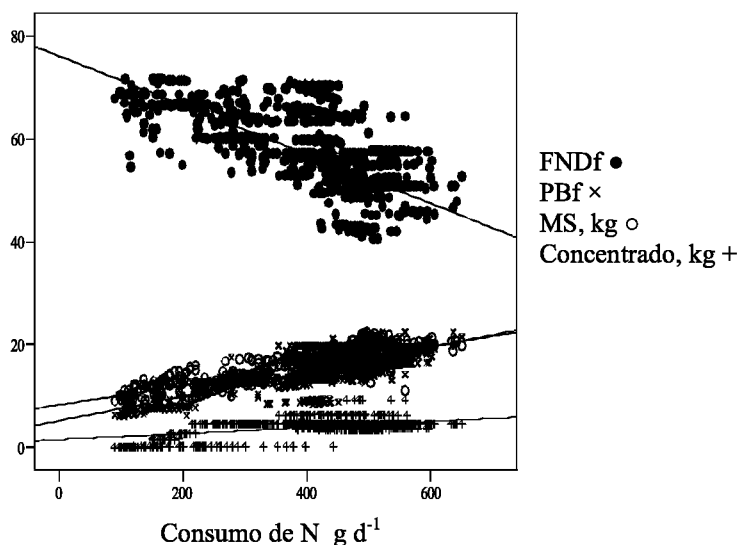


FIGURA 8

Relación entre la composición química del forraje (PB y FND, %), ingestión de materia seca y concentrado ( $\text{kg d}^{-1}$ ).

*Forage chemical composition (CP and NDF, %), and dry matter and concentrate intake ( $\text{kg d}^{-1}$ ) relationship.*

#### 4.2.- N heces

Para el conjunto de dietas, la excreción media diaria de N en heces ( $N_h$ ) y orina ( $N_o$ ) fue  $386 \pm 104 \text{ g d}^{-1}$ , de los cuales, el  $34,3\% \pm 7,2$  ( $156 \pm 56 \text{ g d}^{-1}$ ) corresponden a las heces; el  $30,7\% \pm 9,5$  ( $138 \pm 50 \text{ g d}^{-1}$ ) de la orina y  $19,2\% \pm 5,6$  ( $84 \pm 20 \text{ g d}^{-1}$ ) de la leche, similares a 30%, 50% y 20% indicados por Tamminga (1992) respectivamente. El balance global (entradas menos salidas) para las dietas estudiadas sin considerar el nitrógeno metabólico fecal (NMF), fue  $+79,5 \text{ g N d}^{-1}$ . Asumiendo  $9 \text{ g de N kg}^{-1}$  de materia seca indigestible (NRC, 1989), la excreción total de N incrementa hasta  $430 \text{ g d}^{-1}$  con un balance de  $+7,3 \text{ g d}^{-1}$ .

En términos absolutos, la excreción de N total es coincidente con Castillo *et al.* (2001) en vacas lecheras al principio de lactación alimentadas con ensilado de hierba y  $7 \text{ kg}$  de concentrado al día. Nuestros resultados mostraron mayor cantidad de  $N_h$  en las dietas con ensilado de trébol ( $P < 0,05$ ) y la menor de  $61 \text{ g}$ , con ensilados de sorgo x pasto del Sudán (Tabla 14).

La variable mejor relacionada con  $N_h$  ( $\text{g d}^{-1}$ ) es el N ingerido ( $\text{g d}^{-1}$ ) (Figura 9) y la materia seca ingerida ( $\text{kg d}^{-1}$ ) (Figura 10) y, en menor medida, el consumo de concentrado ( $\text{kg d}^{-1}$ ), según las ecuaciones:

$$N \text{ heces (g d}^{-1}\text{)} = -22,8 + 0,39 N_i \text{ (g d}^{-1}\text{)}; r^2=0,72; \pm 29,6 \quad [1]$$

$$N \text{ heces (g d}^{-1}\text{)} = -66,5 + 13,2 \text{ MS (kg d}^{-1}\text{)}; r^2=0,53; \pm 38,3 \quad [2]$$

$$N \text{ heces (g d}^{-1}\text{)} = 79,6 + 19,4 \text{ Concentrado (kg d}^{-1}\text{)}; r^2=0,18; \pm 48,6 \quad [3]$$

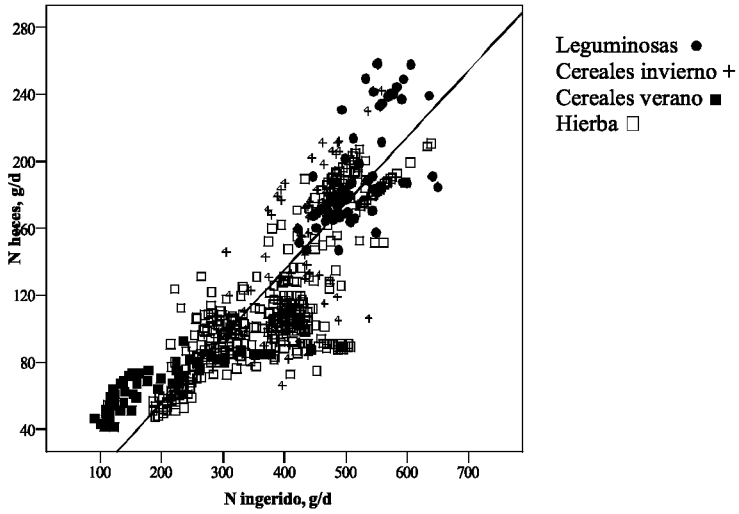


FIGURA 9

Relación entre N heces (g d<sup>-1</sup>) y el N ingerido (g d<sup>-1</sup>)

*Faeces N (g d<sup>-1</sup>) and N intake (g d<sup>-1</sup>) relationship*

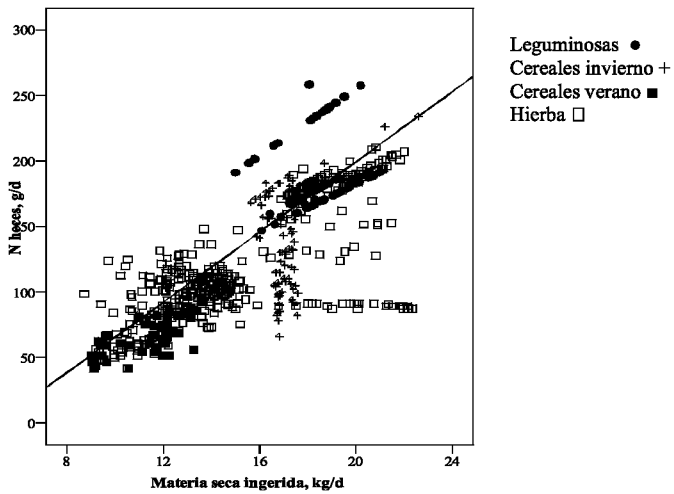


FIGURA 10

Relación N heces (g d<sup>-1</sup>) y la materia seca ingerida (kg d<sup>-1</sup>)

*Faeces N (g d<sup>-1</sup>) and dry matter intake (kg d<sup>-1</sup>) relationship*

Castillo *et al.* (2001), señala incrementos de N en heces de 3,7 g N por aumento en una unidad porcentual la proteína bruta del concentrado de vacas lecheras (21% a 29%) alimentadas con ensilados de hierba. En nuestras condiciones y para los ensilados de hierba, el N de las heces aumentó 6,8 g por unidad porcentual de proteína bruta en la materia seca de la dieta desde 11,3% a 20,3% ( $r^2=0,16$   $P<0,001$ ). En el caso opuesto, las dietas con ensilados de trébol de mayor rango proteico (15,8% a 21,2%),  $N_h$  aumentó hasta 8,9 g ( $r^2=0,20$   $P<0,001$ ) y, en menor medida, los ensilados de maíz, 2,2 g ( $r^2=0,65$   $P<0,001$ ) y los de sorgo x Sudán 4,6 ( $r^2=0,80$   $P<0,001$ ). En cualquier caso, los resultados aquí obtenidos señalan que la concentración de proteína bruta de la dieta explica el 37% del N excretado en heces (Figura 11), donde la ecuación resultante es del tipo:

$$N \text{ heces (g d}^{-1}\text{)} = 10,27 + 6,83 (\% \text{ PB}); r^2=0,37; \pm 40,5 \quad [4]$$

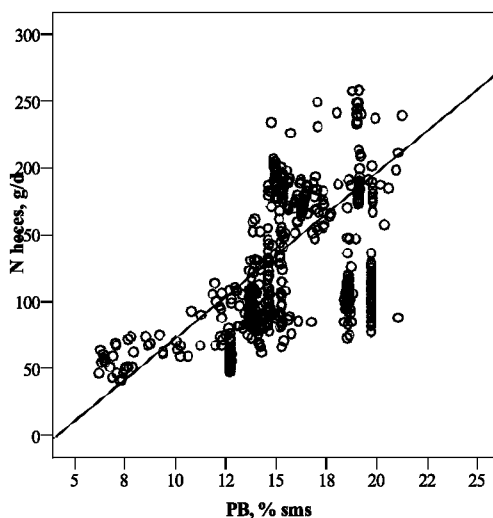


FIGURA 11

**Relación entre  $N_h$  y el porcentaje de proteína en la dieta**

*Faeces N and percentage of protein in the diet relationship*

Dos ensilados de hierba de diferente estado de madurez (inicio y final del espigado) ofrecidos a vacas lecheras en lactación y suplementadas con 0 ó 4,5 kg de concentrado de diferente base energética (cebada o maíz), pudo observarse un mayor consumo de N en el primero ( $P<0,05$ ) que en el segundo, e independientemente de la dosis y fuente energética del concentrado, atribuido al mayor porcentaje de proteína (19,7% vs 12,7%) respectivamente. Por el contrario, los gramos de  $N_h$   $\text{kg}^{-1}$  MS ingerida fueron diferentes ( $P<0,05$ ), mayor en el primero (8,95 vs 5,41), sin diferencias significativas entre fuentes de energía, con valores medios de 7,37 g  $N_h$   $\text{kg}^{-1}$  de materia seca. Estos resultados corroboran lo anteriormente indicado para el conjunto de dietas, donde el porcentaje de proteína de la

dieta y no la cantidad de concentrado administrado, es la variable que más directamente afecta a la relación  $N_h \text{ kg}^{-1}$  MS ingerida.

#### 4.3.- N orina

Cuando el consumo de N es proporcionalmente mayor a la energía o existen desequilibrios entre los ritmos de degradación del almidón y la proteína de la dieta, la síntesis de proteína microbiana disminuye, eliminándose una elevada proporción de N a través de la orina. Incrementos en el consumo de N sin aumentos de energía, pueden favorecer acumulación de amoníaco en panza no utilizado por los microorganismos ruminales y excretado por la orina en forma de urea. La procedencia del N de la orina tiene lugar desde el rumen, reemplazo de pérdidas metabólicas y las causadas por la ineficiente conversión de aminoácidos absorbidos en leche y proteínas titulares (Tamminga, 1992).

Para el conjunto de dietas experimentales el N de la orina ( $N_o$ ) fue  $138 \pm 41 \text{ g d}^{-1}$ , máximos de  $191 \pm 13 \text{ g}$  en dietas con ensilados de alfalfa y mínimos de  $101 \pm 19,7$  para las de sorgo x pasto del Sudán (Tabla 14). A pesar del consumo semejante de N entre los ensilados de cereales de invierno y los de hierba (Tabla 15), aquellos favorecen mayor excreción, posiblemente debido al mayor porcentaje de almidón degradado en rumen.

Al igual que el N de las heces, el ingerido (Figura 12) y el consumo de materia seca (Figura 13) son las variables mejor relacionadas con  $N_o$ , donde de las ecuaciones de predicción para este tipo de dietas son del tipo:

$$N \text{ orina (g d}^{-1}\text{)} = -12,7 + 0,33 N_i \text{ (g d}^{-1}\text{)}; r^2=0,64; \pm 29,6 \quad [5]$$

$$N \text{ orina (g d}^{-1}\text{)} = -58,6 + 11,7 \text{ kg MS (kg d}^{-1}\text{)}; r^2=0,52; \pm 34,8 \quad [6]$$

A igualdad de consumo de materia seca y concentraciones de proteína bruta en la dieta inferiores al 15%,  $N_o$  se reduce un 19,4% respecto a porcentajes superiores de 15%, según las ecuaciones:

$$N \text{ orina (g d}^{-1}\text{)} = -34,3 + 9,05 \text{ MS (kg d}^{-1}\text{)}; r^2=0,57; \pm 29,0 (<15\% \text{ PB}) \quad [7]$$

$$N \text{ orina (g d}^{-1}\text{)} = -44,5 + 11,2 \text{ MS (kg d}^{-1}\text{)}; r^2=0,37; \pm 34,6 (>15\% \text{ PB}) \quad [8]$$

#### 4.4.- N leche

Se asume, que la utilización del N de la leche por cada 100 g de N ingerido mejora cuando la producción de leche aumenta (Tamminga, 1992). Sin embargo, si las producciones son superiores a  $7.500 \text{ kg año}^{-1}$  y el número de lactaciones es mayor de tres, cabe esperar ligeras respuestas (Tamminga y Verstegen, 1996). Por el contrario, autores como Van Bruchem *et al.* (1999) cuestionan que incrementos de producción mejoren dicha eficiencia, atribuido al aumento en el consumo de concentrado, pudiendo incluso reducirse. En este sentido Pekka *et al.* (2003), obtuvieron respuestas no lineales en la utilización del N al aumento proporcional de concentrado.

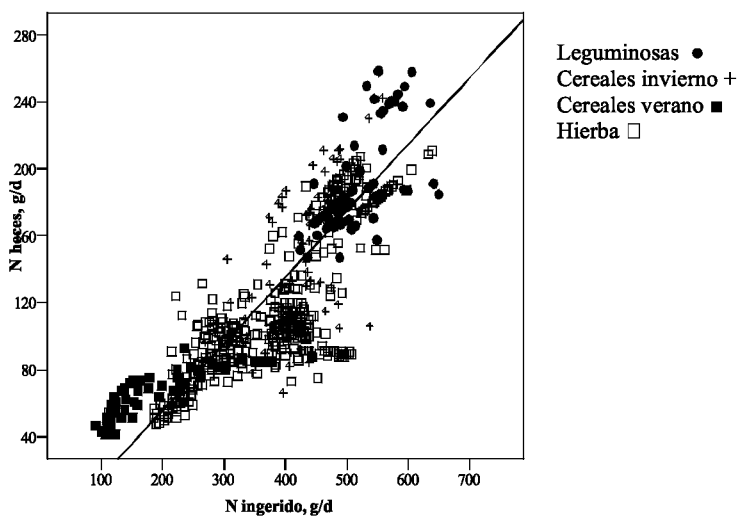


FIGURA 12  
 Relación entre N orina ( $g\ d^{-1}$ ) y el N ingerido ( $g\ d^{-1}$ )  
*Urine N ( $g\ d^{-1}$ ) and N intake ( $g\ d^{-1}$ ) relationship*

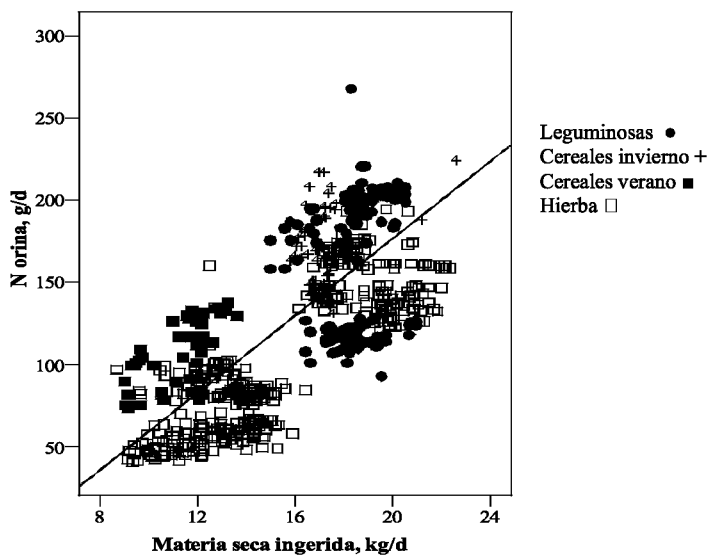


FIGURA 13  
 Relación entre N orina ( $g\ d^{-1}$ ) y la materia seca consumida  
*Urine N ( $g\ d^{-1}$ ) and dry matter intake ( $kg\ d^{-1}$ ) relationship*

Para el conjunto de dietas, la excreción de N en leche ( $N_l$ ) fue  $84 \pm 20,3 \text{ g d}^{-1}$ . Entre ensilados,  $N_l$  fue mayor en los de veza-avena  $98 \pm 7,4 \text{ g d}^{-1}$  ( $P < 0,05$ ) y la menor, en los de sorgo x Sudán ( $48 \pm 3,4 \text{ g d}^{-1}$ ) (Tabla 14). Los resultados no mostraron relaciones significativas entre la ingestión de N y el excretado en leche ( $r^2=0,07$ ) (Figura 14); pero sí ( $r^2=0,46$ ) cuando se expresa en porcentaje respecto al N ingerido (eficiencia). En este caso disminuyó  $0,037 \text{ g g}^{-1}$  para un rango en la ingestión de N variable de 90 a 650 g vaca y día (Ecuación 9).

$$\text{Eficiencia N (\%)} = 36,4 - 0,037 N_i (\text{g d}^{-1}); r^2=0,46; \pm 4,1 \text{ [9]}$$

La eficiencia media de utilización del N para el conjunto de ensilados, fue mayor en los cereales de verano ( $P < 0,05$ ), con porcentajes medios de 29,3%; 18,5% en los cereales de invierno (Tabla 15); 17,6% en los de leguminosas y 19,9% en los de hierba (Figura 15).

La eficiencia de utilización del N para síntesis de N en leche rara vez excede del 30% en dietas con ensilado de hierba (Bequette *et al.*, 1998). En Europa Bruchem *et al.* (1991), señalan porcentajes medios del 20% para el ganado lechero. Trabajos desarrollados en Estados Unidos por Olmos y Broderick (2006) con vacas lecheras al principio de lactación alimentadas con raciones al 50% con forraje y porcentajes variables de proteína bruta en la materia seca de la dieta (13,5; 15,0; 16,5; 17,9 y 19,4), observaron descensos lineales del 36,7% al 25,5% en la eficiencia de utilización del nitrógeno y sólo aumentó en 0,72 kg la producción de leche conforme incrementó la proteína de la dieta.

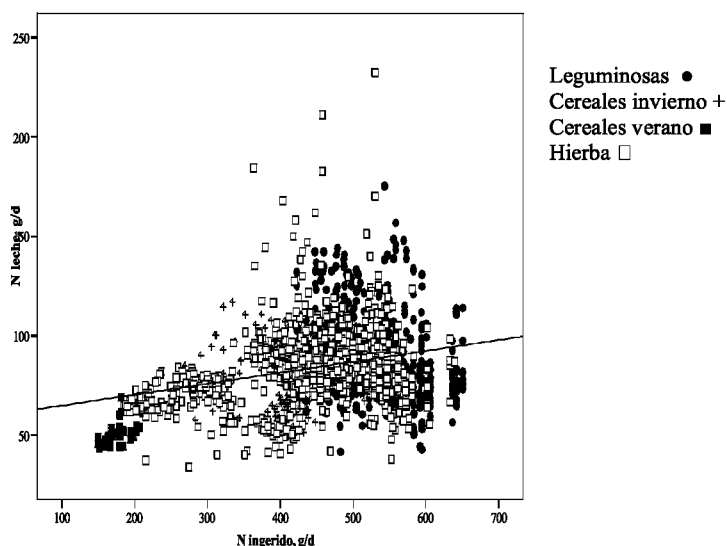


FIGURA 14

Relación entre el N ingerido ( $\text{g d}^{-1}$ ) y el recuperado en leche ( $\text{g d}^{-1}$ )

*N intake ( $\text{g d}^{-1}$ ) and N recovered in milk ( $\text{g d}^{-1}$ ) relationship*

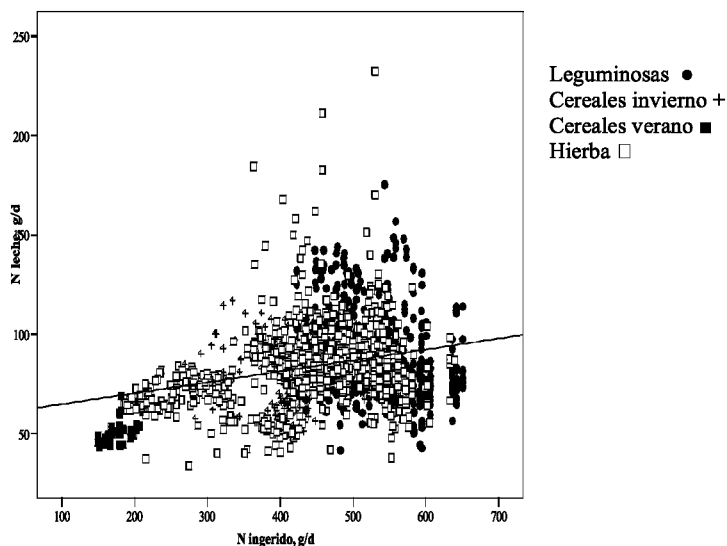


FIGURA 15

Relación entre el N ingerido ( $\text{g d}^{-1}$ ) y la eficiencia (%).

*N intake ( $\text{g d}^{-1}$ ) and N efficiency (%) relationship.*

## 5.- Producción y composición química de la leche

La producción y composición química de la leche obtenida en cada ensilado aparece reflejada en la Tabla 17 y Tabla 18, según grupo de plantas ensiladas. Para el conjunto de dietas, la producción media de leche fue de  $17,8 \pm 3,7 \text{ kg d}^{-1}$ . Los máximos se registraron en raciones con ensilado de hierba, 7 kg de concentrado y 3 kg de alfalfa deshidratada en la fase creciente de lactación ( $78 \text{ d}^{-1}$ ) y la mínima, 11,2 kg, en vacas primíparas al principio de lactación alimentadas con ensilado de sorgo x Sudán y 1,5 kg de concentrado. En líneas generales, la alimentación con ensilados de trébol, alfalfa, veza-avena y raigrás inglés más trébol blanco y 4,5 kg de concentrado, la producción está cercana a 20 kg de leche por vaca y día ó 6300 kg de leche en  $305 \text{ d}^{-1}$ .

La eficiencia bruta (kg de leche/kg MS ingerida) para los ensilados estudiados fue  $1,07 \pm 0,12$ , con máximos de  $1,19 \pm 0,07$  en los de veza-avena y mínimos de  $0,97 \pm 0,04$  en los de sorgo x pasto del Sudán (Tabla 17). La producción de leche atribuida al forraje incluido en la dieta (ensilado + suplemento forrajero: ensilado de maíz, alfalfa o maíz deshidratado) estimada a partir del consumo de energía metabolizable (valor medio  $116 \text{ MJ d}^{-1}$ ) respecto al total ingerida ( $175 \pm 31 \text{ MJ}$ ) fue de  $11,3 \pm 4,1 \text{ kg}$  y  $9,9 \pm 3,4 \text{ kg}$  sólo el ensilado.

La producción media de leche por vaca y día observada ( $17,8 \pm 3,7$  kg) es significativamente inferior a la estimada siguiendo NRC (1989) y no difiere de la estimada por el Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS, 5.0), que fueron de  $18,6 \pm 4,3$  y  $17,4 \pm 6,3$  kg, respectivamente, calculadas ambas con base en la cantidad de energía ingerida (Tabla 13) y Figura 7.

**TABLA 17**  
**Producción y composición química de la leche**  
*Milk yield and chemical composition*

	Maíz	Sorgo x Sudán	Trigo	Veza- Avena	Triticale	Trébol rojo	Alfalfa	Pradera*	Medias
Leche, kg d <sup>-1</sup>	14,3d	11,8e	16,9c	20,4a	19,7ab	18,5bc	19,9ab	17,5c	<b>17,8</b> ±3,7
LCG <sub>4%</sub> , kg d <sup>-1</sup>	13,1d	11,4e	16,9c	19,2ab	20,1a	18,8ab	20,5a	17,9bc	<b>18,10</b> ±4,2
Leche/kg MS <sub>ingesta</sub>	1,02b	0,91b	1,03b	1,19a	1,06b	1,01b	1,05b	1,11ab	<b>1,07</b> ±0,2
PB, %	2,62d	2,59d	2,85c	3,05ab	3,01b	3,18a	3,03b	3,0b	<b>3,02</b> ±0,34
GB, %	3,40d	3,80bc	4,01ab	3,6cd	4,17a	4,16a	4,14a	4,12a	<b>4,09</b> ±0,6
Urea, mg dl <sup>-1</sup>	-	-	19,9d	25,8a	18,3c	20,9b	24,3a	20,2b	<b>20,0</b> ±6,23
EEM, %	28,6d	32,0b	33,7a	34,5a	33,1b	29,7c	30,9c	32b	<b>31,9</b> ±7,2
Días de lactación	97a	99a	145b	158bc	112a	192d	170c	168c	<b>167</b> ±54

\* Pradera: de raigrás inglés y trébol blanco; LCG<sub>4%</sub>: leche corregida al 4% de grasa; PB: proteína bruta; GB: grasa bruta; EEM: eficiencia energía metabolizable; a, b, c, d, e dentro de cada fila difieren  $P < 0,05$

**TABLA 18**  
**Producción y composición química de leche según grupo de plantas ensiladas**  
*Milk yield and chemical composition according to the group of plants studied*

	Cereales verano	Cereales invierno	Leguminosas	Hierba
Leche, kg d <sup>-1</sup>	13,1c	17,9ab	18,7a	17,5b
Leche 4% graso, kg d <sup>-1</sup>	12,3c	17,5b	19,1a	17,9b
Leche/kg MS <sub>ingerida</sub>	0,96c	1,06ab	1,01bc	1,11a
PB, %	2,6d	2,89c	3,15a	3,0b
GB, %	3,6c	3,94b	4,16a	4,12a
Urea, mg dl <sup>-1</sup>	-	21,3a	21a	20,2a
Eficiencia EM, %	30,3b	33,8a	31,0b	32,0b
Días de lactación	99c	145c	187a	169c

PB: proteína bruta; GB: grasa bruta; a, b, c, d, e dentro de cada fila difieren  $P < 0,05$

El porcentaje medio de grasa para el conjunto de dietas fue  $4,09 \pm 0,6\%$  (Tabla 17). Los mayores se registraron con ensilados de triticale, trébol rojo, alfalfa y los de pradera, sin diferencias significativas entre ellos (Tabla 17), y la menor,  $3,4\%$  en ensilados de maíz. Las variables nutricionales mejor relacionadas con la grasa corresponden al consumo de proteína bruta; el pH ruminal lo hace de forma negativa y, contrario a lo que cabía esperar, el porcentaje de FND del forraje lo hizo de forma negativa (Tabla 19), posiblemente debido a que la FND no fue limitante en ninguno de los experimentos.

TABLA 19

**Correlación entre la composición de la leche (grasa, proteína y urea) respecto a la ingestión de nutrientes, días en lactación, fibra neutro detergente del forraje y características de la fermentación ruminal**

*Correlation between milk composition (fat, protein and urea) and nutrients intake, milking days, forage NDF and rumen fermentation characteristics*

<b>Ingestión nutrientes</b>	<b>Conjunto dietas</b>	<b>sd</b>	<b>n</b>	<b>Grasa, %</b>	<b>Proteína, %</b>	<b>Urea, mg/dl</b>
MS, kg d <sup>-1</sup>	16,6	2,8	1727	0,18**	0,26**	NS
EM, MJ d <sup>-1</sup>	176	31	1727	0,17**	0,37**	0,15**
FND, kg d <sup>-1</sup>	7,51	1,1	1727	NS	NS	NS
PB, kg d <sup>-1</sup>	2,79	0,72	1727	0,22**	0,22**	0,12**
PDR, kg d <sup>-1</sup>	2,28	0,65	1616	0,17**	NS	0,22**
PNDR, kg d <sup>-1</sup>	0,94	0,63	1616	0,11**	NS	0,19**
NDR/MJ EM, g MJ <sup>-1</sup>	1,96	0,61	1616	0,18**	NS	0,24**
Almidón, kg d <sup>-1</sup>	2,46	0,69	1560	NS	NS	NS
Forraje, %	76,3	9,2	1727	NS	NS	0,15**
Concentrado, %	23,7	9,2	1727	NS	0,21**	0,15**
<b>Días lactación</b>	167	54	1643	NS	NS	NS
<b>FND forraje, %</b>	54,6	8,03	1727	-0,18**	-0,42**	0,12**
<b>Rumen</b>						
pH	6,45	0,28	208	-0,19**	NS	NS
N-NH <sub>3</sub> , mg l <sup>-1</sup>	174	58	218	NS	-0,16*	0,16**
Acético, moles/100 moles	62,7	3,5	124	NS	-0,27**	0,20*
Propiónico, moles/100 moles	22,2	4	124	NS	NS	NS
Butírico, moles/100 moles	14,9	2	124	-0,26**	NS	NS

*P<0,05; \*\* P<0,01; \*\*\* P<0,001; NS: no significativo*

En todas las dietas estudiadas, el porcentaje medio de proteína de la leche fue bajo (Tabla 17), imputable al mínimo aporte de concentrado (4,13 kg d<sup>-1</sup>). Los máximos de 3,18% se registraron con ensilados de trébol y los mínimos de 2,59% con sorgo x Sudán. Entre plantas ensiladas, los cereales de verano y los de invierno presentaron menor porcentaje (Tabla 18), máximos en ensilados de leguminosas e intermedios los de hierba.

La variable mejor relacionada con el porcentaje de proteína en la leche fue el consumo de energía metabolizable (Tabla 19), donde cada MJ de energía metabolizable superior a 63 MJ, la proteína incrementó 0,005 unidades porcentuales según la ecuación  $\% PB_{\text{leche}} = 2,22 + 0,005 \text{ MJ}$ ;  $\pm 0,31$   $r=0,37$ ,  $P<0,001$  (Figura 16). La ingestión de proteína mostró un coeficiente de correlación bajo ( $r=0,22$   $P<0,01$ ) respecto al porcentaje proteico de la leche, ligeramente inferior a  $r=0,34$  señalado por Smoller *et al.* (1998), aunque los trabajos de Holter *et al.* (1997) observaron relaciones negativas ( $r=-0,23$ ). La concentración de fibra neutro detergente de la dieta tuvo un comportamiento negativo sobre la proteína de la proteína en leche, atribuido al menor contenido de materia orgánica fermentable en rumen, según la ecuación:  $\% PB_{\text{leche}} = 14,6 - 0,11 \text{ FND } (\%)$ ;  $\pm 1,35$   $r=0,55$ ,  $P<0,001$  (Figura 17), disponiendo menos energía a los microbios ruminales.

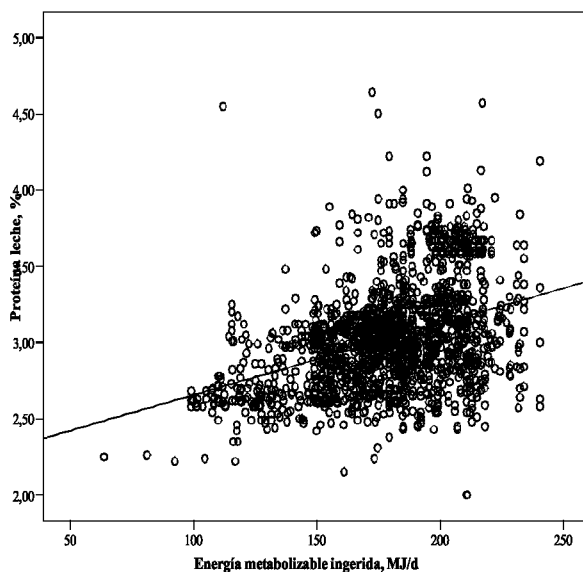


FIGURA 16

Relación entre la proteína de la leche y el consumo de energía

*Milk protein and energy consumption relationship*

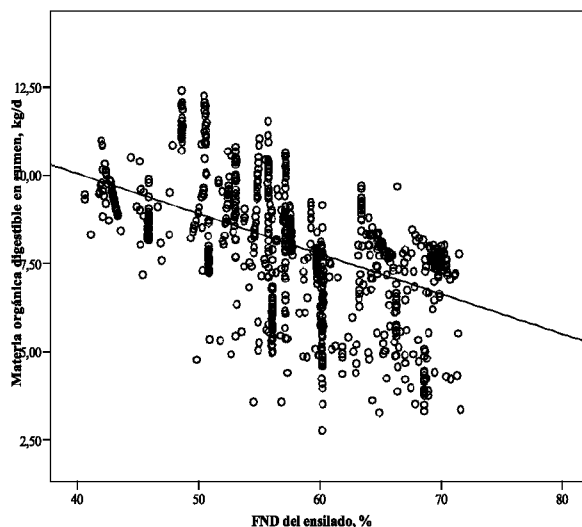


FIGURA 17

**Relación entre la materia orgánica digestible en rumen y la concentración de fibra neutro detergente del ensilado**

*Rumen digestible organic matter and silage NDF relationship*

Para el conjunto de dietas la concentración de urea en leche fue de  $20,0 \text{ mg dl}^{-1}$  (Tabla 17), máximos de  $25,8 \text{ mg dl}^{-1}$  en dietas con ensilados de veza-avena y mínimos de  $18,3 \text{ mg dl}^{-1}$  en ensilados de triticale. La variable nutricional mejor relacionada con la concentración de urea es la relación nitrógeno degradable en rumen por MJ de energía metabolizable ( $\text{g MJ}^{-1}$ ) (Tabla 19).

## 6.- Características de la fermentación ruminal

El pH ruminal medio para el conjunto de dietas fue  $6,45 \pm 0,28$ , sin diferencias significativas en las integradas por ensilado de veza-avena, triticale, trébol rojo, alfalfa y pradera (Tabla 20). El mínimo de 6,03 corresponde a los ensilados de trigo. En cualquier caso y a excepción de las dietas con ensilados de trigo, los pHs se encuentran dentro del rango de 6,4 a 6,8 indicado por Erdman (1988), para maximizar la digestión de fibra.

La concentración de  $\text{N-NH}_3$  ( $\text{mg L}^{-1}$ ) resultó elevada en este tipo de dietas ( $174,1 \pm 32,4 \text{ mg L}^{-1}$ ), imputable entre otros, al tipo de fermentación ocurrida en el silo, estado de madurez y tipo de forraje ensilado, proteína bruta suplementada, degradabilidad del N, cantidad y tipo de concentrados, suplementación energética, etc. Entre los diferentes ensilados estudiados, la concentración de  $\text{N-NH}_3$  fue diferente ( $P < 0,05$ ), con máximos en los de alfalfa ( $198,2 \text{ mg L}^{-1}$ ) y, mínimos de  $91,8 \text{ mg L}^{-1}$  los de trigo (Tabla 20). En

cualquier caso, las concentraciones de N-NH<sub>3</sub>, son superiores al umbral de 50 mg de N-NH<sub>3</sub>/litro de líquido ruminal señalado por Satter y Styler (1974). La variable nutricional mejor relacionada con la concentración de N-NH<sub>3</sub> fue la ingestión de FND (Tabla 21), ligeramente superior al consumo de almidón o porcentaje de forraje incluido en la ración.

TABLA 20  
Perfil ruminal  
Rumen profile

	Trigo	Veza- Avena	Triticale	Trébol rojo	Alfalfa	Pradera	Medias
pH	6,03a	6,44b	6,51b	6,52b	6,54b	6,41b	6,45±0,28
N-NH <sub>3</sub> mg L <sup>-1</sup>	91,8a	167,8bc	191,8e	159,7b	198,2d	185,8cd	174,1±32,4
Acético, moles/100 moles	67,8c	-	65,1b	61,6a	64,8b	64,2b	63,9±0,43
Propiónico, moles/100 moles	18,5b	-	19,5a	22,7a	21,2a	22,1a	22,2±4,1
Butírico, moles/100 moles	10,6c	-	15,7b	15,6b	14a	13,2a	14,4±2,05
A/P	3,71a	-	3,33a	2,88a	3,16a	3,03a	2,97±0,86
A/B	6,35d	-	4,18b	3,53a	4,66c	4,98c	3,97±0,84
(A+B)/P	4,23a	-	4,14a	3,63a	3,84a	3,65a	3,81±0,14

A: acético; B: butírico; P: propiónico; a, b, c, d, e dentro de cada fila difieren  $P < 0,05$

TABLA 21  
Variables más relacionadas con el perfil ruminal  
Rumen profile better related variables

	pH	N-NH <sub>3</sub> , mg L <sup>-1</sup>	Acético, moles/100 moles	Propiónico, moles/100 moles	Butírico, moles/100 moles	A/P	A/B	(A+B)/P
Forraje, %	-0,30**	0,19**	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Concentrado, %	-0,19**	0,29**	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Ensilado, kg d <sup>-1</sup>	NS	0,15*	0,29*	NS	NS	NS	0,49*	NS
MS, kg d <sup>-1</sup>	0,23**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
MOD, kg d <sup>-1</sup>	0,27**	NS	-0,25**	NS	0,23*	NS	-0,21*	NS
Almidón, kg d <sup>-1</sup>	-0,21**	NS	0,18*	-0,20*	0,23*	NS	-0,26**	0,23*
Almidón forraje, %	NS	0,31**	-0,23*	NS	0,23*	NS	-0,68**	NS
FND forraje, %	-0,23**	0,26**	0,18*	NS	-0,18*	NS	0,39**	NS
FND, kg d <sup>-1</sup>	NS	0,36**	0,18*	NS	NS	NS	0,42**	NS
PB, kg d <sup>-1</sup>	0,23**	0,27**	NS	NS	NS	NS	0,35**	NS
PDR, kg d <sup>-1</sup>	NS	0,27**	NS	NS	NS	NS	0,32**	NS
NDR/MJ EM, g MJ <sup>-1</sup>	NS	0,23**	NS	NS	NS	NS	0,42**	NS

MS: materia seca; MOD: materia orgánica digestible; FND: fibra neutro detergente; PB: proteína bruta; PDR: proteína degradable en rumen; NDR/MJ EM: nitrógeno degradable en rumen por megajulio de energía metabolizable; A: Acético; B: Butírico; P: Propiónico; \*  $P < 0,05$ ; \*\*  $P < 0,01$ ; \*\*\*  $P < 0,001$ ; NS: no significativo

Hagesmeister *et al.* (1988) señala como posible causa de la elevada concentración de N-amoniaco en rumen al bajo aporte de concentrado, atribuido a desequilibrios entre la energía y la proteína de la ración, afectando negativamente a la síntesis de proteína microbiana. En el presente trabajo, se observó una ligera correlación ( $r=0,23$   $P<0,01$ ) entre la concentración de  $\text{NH}_3$  y la relación nitrógeno degradable en rumen por MJ de energía metabolizable (NDR/MJ EM,  $\text{g MJ}^{-1}$ ) (Tabla 21); posiblemente debido a la elevada relación en este tipo de dietas ( $1,96 \text{ g MJ}^{-1}$ ), superior a  $1,25 \text{ g}$  señalado por el ARC (1980) para optimizar la síntesis de proteína microbiana.

## CONCLUSIONES

- 1.- En dietas de vacas lecheras alimentadas con ensilados y bajo aporte de concentrado ( $4,13 \text{ kg d}^{-1}$ ), la ingestión de materia seca de ensilado se sitúa en  $12 \text{ kg d}^{-1}$ , con diferencias entre ensilados de leguminosas, hierba, cereales de invierno y de primavera. Para los de hierba de pradera el consumo de forraje mejora cuando las vacas reciben un suplemento extra de  $4,5 \text{ kg}$  de MS en forma de ensilado de maíz. En cualquier caso y para producciones de  $18 \text{ kg}$  de leche vaca y día, la ingestión de materia seca total ( $16,6 \text{ kg d}^{-1}$ ) es similar a la estimada por *Nutrition Research Council* (NRC, 1989 y 2001) y la producción de leche, parecida al *Net Carbohydrate and Protein System* (CNCPS 5.0).
- 2.- Los consumos de proteína bruta y proteína degradable para los ensilados de hierba, alfalfa, trébol, veza-avena y trigo son elevadas, excediendo a las necesidades teóricas, disminuyendo la eficiencia de utilización del N recuperado en leche. Para éste tipo de ensilados, el contenido de proteína del concentrado no debería superar el 16% sobre materia seca.
- 3.- La producción de leche es sensiblemente mayor con los ensilados de alfalfa y de trébol rojo que los de hierba de pradera, para el mismo aporte de concentrado. Respecto a la composición química de la leche, ninguna variable nutricional manifestó relaciones robustas con las concentraciones de grasa, proteína y urea. No obstante, el contenido de fibra neutro detergente del ensilado se relacionó negativamente con la proteína de la leche y positivamente, con la energía metabolizable.
- 4.- El porcentaje de N recuperado en leche respecto al ingerido fue bajo 19,3%, mejorando sensiblemente cuando los ensilados de hierba o de trigo recolectados en fases menos maduras (alto contenido de N), es conservado con ensilado de maíz al 10%. El contenido de N de la dieta es la variable más íntimamente relacionada con la excreción de N en heces y orina y, en menor medida el consumo de concentrado.
- 5.- A nivel ruminal, la mayoría de las dietas, excepto las integradas por ensilados de maíz o sorgo x Sudán, muestran contenidos elevados de N-amoniaco, disminuyendo sensiblemente cuando a la ración se le añade ensilado de maíz.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADOGLA-BESSA, T.; OWEN, T., 1995. Ensiling of whole crop wheat cellulase-hemicelulase based enzymes 1. Effect of crop growth stage and exime on silage composition and stability. *Animal Feed Science Technology*, **55**, 335-347.
- AKIN, D.E., 1979. Microscopic evaluation of forages digestion by rumen microorganisms. A review. *Journal Animal Science*, **48**, 701-710.
- ARC, 1980. *The nutrient requirements of ruminant livestock*. Commonw. Agric. Bur., Farnham Royal (Reino Unido).
- ASTIGARRAGA, L.; PEYRAUD, J.L.; LE BARS, M., 1994. Effect of level of nitrogen fertilization and protein supplementation on herbage utilisation by grazing dairy cows. II. Faecal and urine nitrogen excretion. *Annales Zootechnie*, **43**, 292 (Abstract).
- BACH, A., 2002. Trastornos ruminales en el vacuno lechero: un enfoque práctico. *XVIII Curso de Especialización FEDNA*, 119-139. Barcelona (España).
- BEEVER, D.E.; REYNOLDS, C.K., 1994. Forage quality, feeding value and animal performance. In: *Grassland and Society. Proceedings of the 15th General Meeting of the European Grassland Federation*, 48-60. Eds. J. FRAME, L. 'T MANNETJE. Wageningen (Holanda).
- BENNEFOY, L.; DIDIER, G., 1978. L'utilisation du sorgho-grain ensilé en planta entière pour le production de taurillons. *Fourages*, **74**, 79-100.
- BEQUETTE, B.J.; BACKWELL, F.R.; CROMPTON, L.A., 1998. Current concepts of amino acid and protein metabolism in the mammary gland of the lactating ruminant. *Journal Dairy Science*, **81**, 2540-2559.
- BRODERICK, G.; WALGENBACH, R.; STERRENBURG, E., 2000. Performance of lactating dairy cows fed alfalfa or red clover silage as the sole forage. *Journal Dairy Science*, **83**, 1543-1551.
- BRUCHEM, J.B.; BOSH, M.V.; OOSTING, S.J., 1991. Nitrogen efficiency of grassland based dairy farming – New perspectives using an integrated approach. In: *Utilisation of Local fed Resources by Dairy Cattle*, 99-101. Eds. G.E. GROEN AND J.V. BRUCHEM.. EAAP Publications N° **84**, Wageningen Press. Wageningen (The Netherlands).
- CAMERON, R.; KLUSMEYER, T.; LYNCH, G.; CLARK, J.; NELSON, R., 1991. Effects of urea and starch on rumen fermentation, nutrient passage to the duodenum, and performance of cows. *Journal Dairy Science*, **74**, 1321-1336.
- CASTILLO, A.; KEBREAB, E.; BEEVER, D.; BARBI, J.; SUTTON, H.; FRANCE, J., 2001. The effect of energy supplementation on nitrogen utilization in lactating dairy cows fed grass silage diets. *Journal Animal Science*, **79**, 240-246.
- CHANDLER, P. T., 1996. Environmental challenges as related to animal agriculture dairy.. *En: Nutrient Management of Food Animals to Enhance and Protect the Environment*, 7-19. Ed. T. KORNEGAY. CRC Press, Inc., Boca Raton. Florida (EEUU).
- CHASE, L. E., 1979. Effect of high moisture feeds on feed intake and milk production in dairy cattle. *Proc., Cornell Nutr. Conf. Feed Manu.*, 52-56.
- CORRAL, A.; HEARD, A.; FENLON, J.; TERRY, P.; LEWIS, G., 1977. *Whole crop silage*. Grassland Research Institute Tech. Rep. N° **22**, 35 pp. Hurley (RU).
- DELAGARDE, R.; PEYRAUD, J.L.; DELABY, L., 1997. The effect of nitrogen fertilization level and protein supplementation on herbage intake. *Animal Feed Science and Technology*, **66**, 165-180.
- DEMARQUILLY, C.; DULPHY, J. P., 1977. Effect of ensiling on feed intake and animal performance. *Proc. Int. Meeting on Anim. Prod. From Temperate Grasslands*, 53-61. Dublín (Irlanda).

- DULPHY, J.; DAMARQUILLY, C., 1981. Problèmes particuliers aux ensilages. En: *Prèvision de la valeur nutritive des aliments des ruminants*, 81-104. INRA Publications. París (Francia).
- ERDMAN, R. A., 1988. Dietary buffering requirements of the lactating cow. A review. *Journal Animal Science*, **71**, 3246-3266.
- FERNÁNDEZ, B.; FLORES, G.; VALLADARES, J.; CASTRO, P., 2007. Comparación de las rotaciones forrajeras guisante-triticale/maíz y raigrás italiano/maíz. En: *Los sistemas forrajeros: entre la producción y el paisaje*, 223-230. Actas de la XLVII R.C. de la S.E.E.P. Vitoria (España).
- FOX, D.G.; TYLUTKI, T.P.; TEDESCHI, L.O.; VAN AMBURGH, M.E.; CHASE, A.N. PELL, L.E.; OVERTON, T.R.; RUSSELL, J.B., 2003. *A Net Carbohydrate and Protein System for evaluating herd nutrition and nutrient excretion*. CNCPS version 5.0. Model documentation. Department of Animal Science, Cornell University, 288 pp. Ithaca (EEUU).
- GOMEZ-IBARLUCEA, C.; LLOVERAS, J., 1983. Los cereales en Galicia: Características agronómicas. *Cuadernos da Área de Ciencias Agrarias*, **4**, 256-284. Publicacións do Seminario de Estudos Galegos.
- GONDA, H.; EMANUELSON, M.; MURPHY, M., 1996. The effect of roughage to concentrate ratio in the diet on nitrogen and purine metabolism in dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, **64**, 27-42.
- HAGESMEISTER, H.; LÜPPING, W.; KAUFMAN, W., 1988. *Avances en nutrición de los rumiantes*. Ed. Acribia. p 47. (Madrid) España.
- HOLTER, J.; WEST, J.; MCGILLIARD, M., 1997. Predicting ad libitum dry matter intake and yield of Holstein cows. *Journal Dairy Science*, **80**, 2188-2199.
- HUHTANEN, P.; KHALILI, H.; NOUSIAINEN, J.I.; RINNE, M.; JAAKKOLA, S.; HEIKKILA, T.; NOUSIAINEN, J., 2002a. Prediction of fue relative intake potential of grass silage by dairy cows. *Livestock Production Science*, **73**, 111-130.
- HUHTANEN, P.; KHALILI, H.; NOUSIAINEN, J.; JAAKKOLA, S.; HEIKKILÄ, T.; NOUSIAINEN, J., 2000b. Prediction of intake potential of unwilted grass silage by dairy cows. *Proc Br. Soc. Anim. Sci.* 2000. Scarborough (Reino Unido).
- ILLIUS, A.W., 1998. Advances and retreats in specifying the constraints on intake in grazing ruminants. *Proceedings of XVIII International Grassland Congress*, **III**, 39-44 Eds. J.G BUCHANAN SMITH, L. BAILEY AND P. MCCAUGHEY. Association Management Centre Calgary.
- KEADY, T.W.J.; MAINE, C.S.; MARSDEN, M., 1998. The effects of concentrate energy source on silage intake and animal performance with lactating dairy cows offered a range of grass silages. *Animal Science*, **66**, 21-33.
- KEADY, T.W.J.; MURPHY, J.J., 1998. The effects of ensiling and supplementation with sucrose and fish meal on forage intake and milk production of lactating dairy cows. *Animal Science*, **66**, 9-20.
- KEBREAB, E.; CASTILLO, A. R.; BEEVER, D. E.; HUMPHRIES, D. J.; FRANCE, J., 2000. Effects of Management Practices Prior to and During Ensilage and Concentrate Type on Nitrogen Utilization in Dairy Cows. *Journal Dairy Science*, **83**, 1274-1285.
- KHORASANI, G.; OKINE, E.; KENNELLY, J., 1996. Forage source alters nutrient supply to the intestine without influencing milk yield. *Journal Dairy Science*, **79**, 862-872.
- KRISTENSEN, V.F.; KRISTENSEN, T.; AAES, O.; HANSEN, O.K., 1998. The amount and composition of cattle faeces and urine and excretion of N, P and K in faeces and urine. In: *A Renovation of the Danish Standard Values concerning the Nitrogen, Phosphorus and Potassium Content of Manure*, 108-141. Eds. H.D. POULSEN AND V.F. KRISTENSEN. Danish Institute of Agricultural Science. Ministry of Food, Agriculture and Fisheries. Dinamarca.

- LINES, L.W.; WEISS, P.W., 1996. Use of nitrogen from ammoniated alfalfa hay, urea, soybean meal and animal protein meal by lactating cows. *Journal Dairy Science*, **79**, 1992-1999.
- LLOVERAS, J., 1982. Estudio sobre la situación actual de los cultivos y sus rotaciones en Galicia. *Rev. Gallega de Estudios Agrarios*, **7-8**, 121-147.
- LUSK, J.W.; KARAN, P.K.; BALONG, D.O.; GOURLEY, L.M., 1984. Brown midrid sorghum or corn silage for milk production. *Journal Dairy Science*, **67**, 1739-1744.
- MAPA, 1999. *Cereales de invierno para forrajes*. Anuario de Estadística Agraria. Madrid (España).
- MAYNE, C.S.; CHSHNAHAN, A., 1995. The effect of ensilage on animal performance from grass crop. 68<sup>th</sup> *Animal Repport Agricultural Research Institute of Northern Irland*, 31-42- Hillsborough. Co. Down (Reino Unido).
- McCULLOGH, M. E.; WORLEY, E.E.; SOSK, L. R., 1981. *Evaluation of sorghum silage as a feedstuff for growing cattle*. College of Agric. Exp. station. Res, Repport 366. Tech. Univ. of Georgia. Athens (EEUU).
- MERTENS, D. R., 1987. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *Journal Animal Science*, **64**, 1548-1558.
- METCALF, J.A.; MANSBRIDGE, R.J.; BLAKE, J.S., 1996. Potential for increasing the efficiency on nitrogen and phosphorus use in lactating dairy cows. *Proceedings of the British Society of Animal Science*, 62 (Abstract).
- MINSON, D.J., 1990. *Forage in Ruminant Nutrition*. Academic Press, San Diego, California, USA.
- MOSELEY, G., 1981. The rol of physical breakdown in controlling the nutritive value of forages. Welsh Plant Breeding Station. Annual Report. 167-182. Aberystwyth (Reino Unido).
- NRC., 1989. *Nutrient requirements of Dairy Cattle*. 6<sup>th</sup> ed. National Academy Press. Washington, DC. (EEUU).
- NRC, 2001. *Nutrient Requirements for Dairy Cattle*. 7<sup>th</sup> rev. Ed. Natl. Acad. Sci., Washington, D.C. (EEUU).
- OLDHAM, J.D., 1984. Protein energy relationships in dairy cows. *Journal Dairy Science*, **67**, 1090-1114.
- OLDHAM, J.D., NAPPER, D.J., SMITH, T., FULFORD, R.J., 1985. Performance of dairy cows isonitrogenous diets containing urea or fish meal in early and mid-lactation. *British Journal Nutrition*, **53**, 337-345.
- OLMOS, J.J.; BRODERICK, G., 2006. Effect of dietary crude protein concentration on ruminal nitrogen metabolism in lactating dairy cow. *Journal Dairy Science*, **89**, 1694-1703.
- PEKKA, H.; NOUSIAINEN, J.; KHALILI, H., 2003. Efficiency of N utilisation in milk production. *Nordic Association of Agricultural Scientitts 22<sup>nd</sup> Congress*.Finlandia.
- PETIT, H.L.; TREMBLAY, G.F., 1995. Ruminal fermentation and digestion in lactating cows fed grass silage with protein and energy supplements. *Journal Dairy Science*, **78**, 342-352.
- PEYRAUD, J. L.; ASTIGARRAGA, L.; FAVERDIN, P., 1997. Digestion of Fresh Perennial Ryegrass Fertilized at Two Levels of Nitrogen by Lactating Dairy Cows. *Animal Feed Science and Technology*, **64**, 155-171.
- PEYRAUD, J.L.; VERITE, R.; DELABY, L., 1995. Nitrogen excretion by dairy cows: effect of the diet and of the level of production. *Fourrages*, **142**, 131-144.
- PHILLIPS, C.J., 1988. The use of conserved forage as a supplement for grazing dairy cows. *Grass and Forage Science*, **43**, 215-230.
- POOLE, A.; ASTON, K.; SUTTON, J.D., 1992. Producción de leche con ensilado de hierba. Traducción de Eduardo Estévez. AGACA N° 20.

- SALCEDO, G., 1997. Digestibilidad y balance proteico en vacas secas recibiendo ensilados de maíz o de sorgo x pasto del Sudán suplementadas con urea. *ITEA*, **93A N° 3**, 183-190.
- SALCEDO, G., 1998. Efectos del ensilado de maíz suplementado al pasto a vacas lecheras sobre la digestibilidad, producción y composición química de la leche. *AYMA*, **38**, N° 6, 3-11.
- SALCEDO, G., 1999. Efecto de la suplementación con ensilado de maíz sobre la producción y calidad de la leche de vacas Frisonas alimentadas en base a pasto. *ITEA*, **95A N° 1**, 17-31.
- SALCEDO, G., 2000. Efecto de la madurez del ensilado de hierba, sobre la utilización digestiva en vacas secas. *Anales del Instituto de Estudios Agropecuarios de Cantabria*, **XIII**, 101-126.
- SAUVANT, D.; CHAPOUTOT, P.; ARCHIMEDE, H., 1994. Les digestion des amidons par les ruminants et ses consequences. *INRA. Productions Animales*, **7**, 115-124.
- SATTER, L. ; STYLER, L., 1974. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production *in vitro*. *British Journal Nutrition*, **32**, 199-205.
- SMITS, M. C.; VALK, H.; ELZING, A.; KEEN, A., 1995. Effect of protein nutrition on ammonia emission from a cubicle house for dairy cattle. *Livestock Production Science*, **44**, 147-156.
- SMOLER, E.; ROOK, J.; SUTTON, J.; BEEVER, D., 1998. Prediction of milk protein concentration from elements of the metabolizable protein system. *Journal Dairy Science*, **81**, 1619-1623.
- SUSMEL, P.; SPANGHERO, M.; STEFANON, B.; MILLS, C.R., 1995. Nitrogen balance and partitioning of some nitrogen catabolites in milk and urine of lactating cows. *Livestock Production Science*, **44**, 207-219.
- STOCKDALE, C., 1996. Substitution and producing responses when lactating dairy cows graze a white clover pasture supplemented with maize silage. *Australian Journal Agricultural Research*, **36**, 771-776.
- STEEN, R. W. J.; GORDON, F.J.; MAYNE, C.S.; POOTS, R.E.; KILPATRICK, D.J.; UNSWORTH, E.F.; BARNES, R.J.; PORTER, M.G.; PIPPARD, C.J., 1995. Prediction of the intake of grass silage by cattle. In: *Recent Advances of animal Nutrition – 1995*, 67-89. Ed. P.C. GARNSWORTHY, D.J.A. COLE. Butterworths. Londres (Reino Unido).
- TAMMINGA, S., 1992. Nutrition management of dairy cows as a contribution to pollution control. *Journal Dairy Science*, **75**, 345-357.
- TAMMINGA, S.; VERSTEGEN, M. W., 1996. Implications of nutrition of animals on environmental pollution. In: *Recent Advances in Animal Production*, 121-134. Eds. P. C. GARNSWORTHY AND J. WISEMAN. Nottingham University Press (Reino Unido).
- VALK, H.; HOBDELINK, M.E., 1992. Supplementation of grazing dairy cows to reduce environmental pollution. *Proceedings of 14<sup>th</sup> General Meeting of the European Grassland Federation*, 400-405. Lathi (Finlandia).
- VAN SOEST, P.J., 1965. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: Voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. *Journal Animal Science*, **24**, 834-843.
- VAN SOEST, P.J., 1982. *Nutritional ecology of the ruminant*. O & Books Ins. Corvallis. Oregon (EEUU).
- VAN BRUCHEM, J.; SCHIERE, H.; VANKEULEN, H., 1999. Dairy farming in the Netherlands in transition towards more efficient use of nutrients. *Livestock Production Science*. **61**, 145-153.
- VERITE, R.; DELABY, L., 2000. Relation between nutrition, performances and nitrogen excretion in dairy cows. *Annales Zootechnie*, **49**, 217-230.
- WEISS, W.P.; SHOCKEY, W.L., 1991. Value of orchardgrass and alfalfa silages fed with varying amounts of concentrates to dairy cows. *Journal Dairy Science*, **74**, 1933-1943.

- WRIGHT, T.C.; MOSCARDINI, S.L.; LUIJMES, P.H.; SUSMEL, P.; McBRIDE, B.W. 1998. Effects of rumen-undegradable protein and feed intake on nitrogen balance and milk protein production in dairy cows. *Journal Dairy Science*, **81**, 784-793.
- ZEA, J.; DIAZ, M<sup>a</sup>.D., 1989. Producción de carne con pastos y forrajes. Ediciones Mundi-Prensa. 392 pp. Madrid (España).
- ZEA, J.; DIAZ, M<sup>a</sup> D., 1996. Utilización de pastos y ensilados en la producción de carne de vacuno. *Pastos*, **XXVI (2)**, 129-173.

## DAIRY CATTLE FED SILAGE-BASED DIETS. RESULTS OF FIFTEEN YEAR EXPERIMENTS IN CANTABRIA (N SPAIN)

### SUMMARY

A total of 49 different diets based on corn silage, sorghum x Sudan, wheat, vetch-oats, red clover, luzerne, forage, ryegrass, white clover and triticale were studied for a period of 15 years. Concentrate, from different protein and energy sources, was fed at low levels. Also different forage preservation methods were studied, as formic acid, corn silage and dehydrated maize. Silage types as clamp silos, round silage bale and silage bags, and different forage supplements as corn silage, dehydrated maize and dehydrated luzerne, were taken into consideration. The parameters observed were: dry matter intake, nitrogen excretion, milk yield and ruminal fermentation. Results have shown average total dry matter, silage and concentrate intake of  $16.6 \pm 2.8$ ;  $11.9 \pm 2.2$ ,  $4.13 \pm 1.2$  kg d<sup>-1</sup>, respectively. The highest protein intake was observed on clover, with  $3.32 \pm 0.34$  kg d<sup>-1</sup>, and luzerne, with  $3.11 \pm 0.34$  kg d<sup>-1</sup> ( $P < 0.05$ ), followed by grass with  $2.7 \pm 0.60$  kg d<sup>-1</sup>. All diets average ruminal degradable protein was 82% ( $2.29 \pm 0.64$  kg d<sup>-1</sup>) respective to total protein, with values of  $0.95 \pm 0.63$  kg d<sup>-1</sup> for the undegradable ruminal protein. Metabolizable energy was  $175 \pm 31$  MJ d<sup>-1</sup>, and the ratio ruminal degradable nitrogen/metabolizable energy  $1.99 \pm 0.52$  g MJ<sup>-1</sup>, being higher on clover-based silages, with  $2.37$  g MJ<sup>-1</sup> ( $P < 0.05$ ). In all cases, neutral detergent fiber was not limiting ( $7.5 \pm 1.1$  kg d<sup>-1</sup>); the highest values were found on triticale-based silage ( $9.55$  kg,  $P < 0.05$ ) and the lowest ones on clover-based silage ( $7.0$  kg). Starch intake was low  $2.4 \pm 0.69$  kg d<sup>-1</sup>. Average all diets *in vivo* digestibility of the organic and dry matter was  $73.5 \pm 6.3\%$  and  $70.4 \pm 5.9\%$ , respectively.

Values of daily nitrogen intake and of nitrogen excreted in feces, urine and milk were  $444 \pm 116$ ;  $156 \pm 56$ ;  $138 \pm 41$  and  $84 \pm 116$  g, respectively. The highest N intake was observed on legume-based silage, with  $528 \pm 54$  g d<sup>-1</sup>, and the lowest on spring cereals, with  $186 \pm 63$  g ( $P < 0.05$ ). Nitrogen intake was positively correlated with dry matter ( $r^2 = 0.70$ )

and with concentrate ( $r^2=0.33$ ) intake. Nitrogen intake was the parameter best correlated with N excretion in feces and in urine ( $r^2=0.72$  and  $r^2=0.64$ , respectively). There was no significant correlation of N intake with N excreted in milk. The percentage of N excreted in milk respective to N intake decreased 0,003 percentage units per gram of N intake in the range of 90 to 650g N intake day<sup>-1</sup>.

Average milk production was  $17.8\pm 3.7$  kg d<sup>-1</sup>, being the highest 20.4 kg on vetch-oat based silages and 19.9 kg on luzerne-based silages ( $P<0,05$ ). The highest milk fat percentages were found on clover and triticale-based silages, with 4.16% y 4.17%, respectively ( $P<0,05$ ). The highest milk protein was measured on clover-based silages, with 3.18%. None of the nutritional variables showed a significant relationship with milk fat, protein or urea content. Nevertheless, the concentration of neutral detergent fiber in silage was negatively correlated with milk protein content, and positively with metabolizable energy intake.

Ruminal pH values ( $6.45\pm 0.25$ ) were within the standards, except for wheat-based silages (6.03), negatively associated with the consumption of starch ( $r=-0.21$ ,  $P<0.01$ ) and with the percentage of concentrate included in the diet ( $r=-0.19$ ,  $P 0.01$ ).

The average N-NH<sub>3</sub> milk content ( $174.1\pm 32.4$  mg L<sup>-1</sup>) was high, with the highest values on luzerne-based silages ( $198.2$  mg L<sup>-1</sup>), and the lowest on wheat-based silages ( $91.8$  mg L<sup>-1</sup>). Starch intake was the parameter best positively correlated with N-NH<sub>3</sub> ( $r=0.31$   $P<0.01$ ) and neutral detergent fibre intake the best negatively correlated. ( $r=-0.36$ ,  $P<0.01$ ).

**Key words:** Excretion, intake, dairy cattle, milk production, conserved forage.