

Efecto de la paja de trigo tratada con alcali sobre el consumo de alimento y comportamiento ingestivo de vacas lecheras

Effect of alkali treated wheat straw on intake and ingestive behaviour in dairy cows

E. D. MARTINEZ,¹ M.V.; R. G. PULIDO,¹ M.V., MSc., PhD.; L. LATRILLE,² Ing. Agr., MSc., PhD.

¹Instituto de Zootecnia, Universidad Austral de Chile. Casilla 567, Valdivia, Chile.

²Instituto de Producción Animal, Universidad Austral de Chile. Casilla 567, Valdivia, Chile.

SUMMARY

With the purpose of determining the effects of feeding increasing levels of alkali treated wheat straw on feed intake and ingestive behaviour, twelve Holstein cows in mid lactation (154 DIM) were grouped according to milk production DIM and parity, into 4 blocks and assigned to four, 3 x 3 crossover Latin Squares (3 treatments and 3 periods of 21 days each). All cows were fed rations with a fixed proportion of 70% forage, 30% concentrate (DM), and kept tethered in individual tie stalls with free access to water. The three treatments were: T1 a control, fed grass silage as the only forage, T2; part of the grass silage was substituted for treated straw, offered at a level of 10% of the daily ration, in T3, straw was offered at 20% of the daily ration. The concentrate was kept the same across treatments and consisted of a mixture of 88.41% commercial concentrate and 11.59% of a pre-mix (55.3% fish meal; 30.0% mineral mix and 14.7% urea). Wheat straw was chopped (3-4 cm) and treated on a daily basis with a solution of NaOH (34 gr. per kg of straw, diluted in 3 litres of water). Twenty-four hours after treatment the treated straw was manually mixed with grass silage and offered on an individual basis. Intake was measured daily on an individual basis and feeding behaviour was recorded every 5 minutes during two separate episodes of 24 hours per period. The alkali treatment of straw increased its energy value (from 1.75 to 2.23 Mcal/kg of DM) and reduced its FDN concentration (from 85.47 to 75.10% DM), but increased its ash content (from 3.98% to 8.41%, DM). The average intake of forages (18.1 kg DM/day) and FDN (9.1 kg/day) was similar among treatments. The inclusion of straw in the diet decreased the time devoted to forage intake from 441.3 min (T1) to 407.6 min (T3) ($p < 0.05$). Cows in T3 ruminated less time (551.5 min) than those in T1 (522.4 min) ($p < 0.05$). T1 had a higher number of meals per day (13.7) than T3 cows (12) ($p < 0.05$). Meal length however, did not differ (avg. 37.5 min). The average of ruminating periods did not differ but its length increased with treated straw (37.2 and 36.4 min for T2 and T3, respectively) being 32.8 for T1 cows ($p < 0.05$). The fibrosity index of the diets (min eating + ruminating/kg of DM consumed) was correlated ($r^2 = 0.8$) with a decrease in intake rate for the 3 diets.

Palabras claves: Vaca lechera, comportamiento ingestivo, paja de trigo, NaOH.

Key words: Dairy cow, ingestive behaviour, wheat straw, NaOH.

INTRODUCCION

La capacidad de ingestión en vacas lecheras es el producto del llenado del rumen y de la tasa de pasaje ruminal de la materia indigestible. Por su parte, el consumo de materia seca (MS) y el

comportamiento ingestivo son modulados por factores de manejo, tales como la agrupación de animales, disponibilidad de alimentos, condiciones de alojamiento y las interacciones sociales entre animales (Grant y Albrig, 2001). El comportamiento ingestivo se refiere a una secuencia de actividades que realizan los animales en la obtención de nutrientes para su mantención y productividad, estos son

Acceptado: 22.08.2002

e-mail: emartinez1@terra.cl

principalmente ingesta, bebida y rumia (Phillips, 1993). Teller y col. (1993) señalan que el número y duración de las comidas y la tasa de consumo pueden ser apropiadas para describir la ingesta de alimento. Para aumentar la ingesta, una o más de estas variables pueden manipularse. De Boever y col. (1993) proponen que la mejor aproximación a la estructura física de la ración la representa la medición del tiempo dedicado a comer, rumiar y masticar por kilogramo de MS ingerida. El tiempo destinado a la masticación diaria (comer y rumiar) está relacionado con la cantidad de fibra detergente neutro (FDN) en el alimento (Varga y col. 1998). El uso de paja de cereales en alimentación animal presenta ventajas, entre otras, aumentar la disponibilidad de recursos prediales (Egaña y Wernli, 1982), uso como recurso alimenticio alternativo en épocas de sequía o cuando falla la planificación forrajera. Sin embargo, su baja digestibilidad, bajo contenido de energía y de proteína y su alto contenido de fibra determinan que presente un bajo valor nutritivo. Por lo tanto, la naturaleza química y física de este subproducto determina que la cantidad de nutrientes ofrecidos no serían los adecuados para producir una fermentación ruminal eficiente, e impedirían alcanzar un alto nivel de productividad (Cañas, 1998) al aportarla tal cual. Ørskov (1990) indica que el tratamiento de paja picada con soluciones alcalinas de hidróxido de sodio (NaOH) presenta como ventaja ser un método rápido y que produce un aumento casi inmediato de la digestibilidad al compararlo con otros procedimientos. Recientemente un estudio realizado por Haddad y col. (1998) demostró la efectividad del tratamiento de paja de trigo con 3% p/p de NaOH y 3% p/p de hidróxido de calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en su composición química y en la respuesta productiva de vacas en lactancia. Son múltiples las investigaciones que han evaluado la efectividad de tratamientos químicos de la paja sobre su composición nutricional (Canale y col., 1990), digestibilidad (Canale y col., 1990; Haddad y col., 1995), respuesta productiva (Cameron y col., 1990a y b) y recientemente sobre el funcionamiento del rumen (Haddad y col., 1998). Sin embargo, las mediciones del

comportamiento ingestivo, común en los estudios nutricionales, son limitadas e insuficientes en esta área.

El objetivo general de este estudio fue describir y analizar el efecto sobre el consumo de alimentos y el comportamiento ingestivo al reemplazar ensilaje de ballica por paja de trigo tratada con NaOH al 3 p/p ofrecida en 10 ó 20% de la MS, en vacas en lactancia bajo condiciones de estabulación.

MATERIAL Y METODOS

Se utilizaron 12 vacas multíparas estabuladas del genotipo Frisón Negro Chileno, con 154 días de lactancia (d.e.: 27) y 21.7 L/día (d.e.: 1.8), las que fueron asignadas aleatoriamente a un diseño de Cuadrado Latino 3 x 3 (3 períodos; 3 tratamientos). Cada período de 21 días fue dividido en dos lapsos, pre-experimental (día 1 al 14) y de mediciones (últimos 7 días). El ensayo se hizo en los meses de enero a marzo de 2000. Para la estabulación se utilizó un galpón con cubículos con atrapa cabezas, comederos y bebederos individuales. El alimento base de la ración fue ensilaje de ballica Tama, con aditivo (Silomax®). Además, se utilizó paja tratada con NaOH (PT), que correspondió a paja de trigo picada en un molino a un largo de 3.0 a 4.0 cm. y empapada diariamente con una solución de NaOH al 3% p/p base MS, diluida en 3 litros de agua (Haddad y col., 1998). La solución se aplicó en una relación de 3 litros por kilo de paja, esta mezcla se conservó 24 horas antes de ser ofrecida. Además, se utilizaron dos mezclas concentradas; concentrado comercial "A" basado en Coseta y mezcla "B" compuesta por harina de pescado, urea y sales minerales, que fueron mezcladas en una relación 88:12, respectivamente. Las dietas fueron formuladas con un programa computacional, en base a los requerimientos según NRC 1988.

Los tratamientos se basaron en el reemplazo de ensilaje de ballica Tama por paja tratada, manteniendo una relación forraje: concentrado de 70:30 base MS ofrecida, donde:

T1 o testigo: ensilaje de ballica más concentrados A y B.

T2: ensilaje de ballica: paja tratada (90:10 base MS) más concentrados A y B.

T3: ensilaje de ballica: paja tratada (80:20 base MS) más concentrados A y B.

Los forrajes fueron ofrecidos previa mezcla manual, dos veces al día (8:30 y 16:30 horas), ofreciendo un 10% sobre la ingesta del día anterior para garantizar un consumo *ad libitum*. Las mezclas concentradas fueron entregadas individualmente tres veces al día (09:00, 12:00 y 17:00 horas) en porciones aproximadamente iguales, las que generalmente no sobrepasaron 2,5 kg por vez, utilizando para esta función un cajón por vaca. Los rechazos de alimentos fueron retirados diariamente. La ordeña fue realizada dos veces al día (07:30 y 15:30 horas), en una sala de ordeña ubicada a una distancia no mayor de 150 metros del galpón. Durante la ordeña los animales no dispusieron de alimentos ni agua.

El consumo de alimentos se registró diaria e individualmente, mediante la diferencia entre la cantidad ofrecida y el rechazo de alimento. Se registraron las siguientes actividades del comportamiento ingestivo (comiendo forraje, comiendo concentrado, rumiando parada y echada, y parada o echada y bebiendo) mediante la observación visual cada 5 minutos durante 24 horas para cada vaca (Woodford y Murphy, 1988). Esta medición se realizó en dos días separados durante el lapso de mediciones de cada período. Para determinar el número y duración de las comidas se utilizó el criterio del mínimo intervalo entre actividades determinado por Dado y Allen (1994), definido como la ocurrencia de dos actividades similares separadas, considerando un mínimo de 7.5 minutos para definir dos períodos de comida y de rumia. El tiempo de masticación diario se calculó mediante la suma de los minutos dedicados a comer y rumiar (Teller, 1993). El período diurno que correspondió a las horas de luz diarias, en promedio durante este ensayo, comenzó a las 07:30 y terminó a las 20:30 horas. El resto del día, correspondió al período nocturno (Stuven, 1968).

Para el análisis nutricional de alimentos ofrecidos y rechazados se tomaron muestras cada dos días durante cada período de mediciones, obteniéndose una muestra compuesta para el análisis en el Laboratorio de Nutrición Animal de

la Universidad Austral de Chile. La materia seca fue determinada en un horno de ventilación forzada a 60° por 48 horas y estufa a 105 °C por 12 horas (Bateman, 1970), y la energía metabolizable se determinó por regresión a partir del valor D (Garrido y Mann, 1981). La proteína cruda fue determinada a través del método Micro Kjeldhal (N x 6,25); las cenizas totales fueron determinadas por calcinación en mufla a 550 - 600 °C por 5 horas y el nitrógeno amoniacal por titrimetría previa destilación Kjeldhal (Bateman, 1970).

La fibra cruda fue analizada mediante digestión ácido y neutra (Bateman, 1970), la fibra detergente neutro mediante el método de Goering y van Soest (1972), por digestión en detergente neutro y el pH por medición potenciométrica del extracto (Playne y McDonald, 1966).

La cantidad de ensilaje y paja tratada de los rechazos se determinó mediante separación manual base MS.

Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) de las variables; consumo voluntario y tasa de consumo de MS, las variables de comportamiento, número y duración de los períodos de comida y de rumia, y al tamaño de comida, para cada tratamiento. Todas estas variables además fueron analizadas por período diurno y nocturno.

Los datos de estas variables fueron analizados usando el procedimiento PROG GLM del programa estadístico SAS® (SAS, 1993) mediante el siguiente modelo lineal general:

$$Y_{ijklm} = \mu + T_i + P_j + M_{jk} + TP_{ij} + C_l + e_{ijklm}$$

donde:

Y_{ijklm} = representa la m-ésima medición realizada en el l-ésimo cuadrado el j-ésimo período en el i-ésimo tratamiento en el k-ésimo muestreo dentro del j-ésimo período.

μ = media poblacional o intercepto general

T_i = efecto fijo del i-ésimo tratamiento (i = 1, 2, 3).

P_j = efecto fijo del j-ésimo período (j = 1, 2, 3).

M_{jk} = efecto fijo del k-ésimo muestreo anidado en el j-ésimo período (k = 1, 2).

TP_{ij} = efecto fijo de la interacción entre el i-ésimo tratamiento y el j-ésimo período.

C_i = efecto fijo del i -ésimo cuadrado. ($i = 1, 2, 3, 4$).

e_{ijklm} = residual aleatorio asociado con la m -ésima medición. $\sim N(0, \sigma^2)$.

RESULTADOS

La composición química promedio del ensilaje, de la paja tratada de trigo (PT) y de las mezclas concentradas se presenta en el cuadro 1. Se observa que el ensilaje contiene un % de MS y de FC que se encuentra dentro de los rangos de los ensilajes de corte directo descritos en el Sur de Chile por Anrique y col. (1995), no así el porcentaje de FDN, el que sobrepasa el valor medio de 40.7%. El tratamiento con NaOH por 24 horas sobre la composición química de la paja, produjo un aumento en el contenido de humedad, de PC y de EM y una disminución de la FDN. En los estudios realizados por Canale y col. (1990) y Haddad y col. (1995), que evaluaron los efectos de tratamientos alcalinos sobre la composición química de pajas, se demostraron también aumentos significativos en

la digestibilidad. Los resultados obtenidos en este ensayo coinciden con este efecto, que se reflejó en el contenido de EM que aumentó de 1.75 a 2.26 Mcal/kg MS. Fahey y Berger (1988) demostraron que el principal cambio químico promovido por el álcali es la solubilización de las hemicelulosas, ya que el contenido de celulosa y de lignina se mantienen relativamente constantes. En este estudio hubo una reducción del 12% en el porcentaje de FDN.

El consumo de alimento y las variables del comportamiento se presentan en el cuadro 2. El consumo medio de MS total y de FDN entre los tratamientos no presentó diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$), con valores para el consumo de 17.8 a 18.4 kg MS/día, y de FDN de 8.7, 9.4 y 9.3 kg para los tres tratamientos, respectivamente.

Entre las variables de comportamiento se observa que los minutos destinados al consumo de voluminosos (ensilaje y PT) fueron diferentes, diferencia que se produjo durante el período nocturno, en el que las vacas del grupo testigo (T1) dedicaron un mayor tiempo que en T3, pero igual a T2. Efecto contrario se produjo con el

CUADRO 1. Composición química promedio del ensilaje de ballica Tama, paja de trigo tratada con NaOH y concentrados utilizados en el desarrollo del ensayo.

Mean chemical composition of ryegrass silage, alkali-treated wheat straw and concentrates.

Componentes	Ensilaje ¹	PT ²	Concentrados	
			A ³	B ⁴
Materia Seca (M.S., %)	18.0	24.2	88.7	90.9
pH	3.8			
Composición de la M.S.				
Proteína cruda, %	11.2	3.4	19.0	83.9
Energía metabolizable, Mcal/kg MS	2.50	2.26	2.93	2.04
Fibra cruda, %	33.3	39.4	13.8	0.1
Fibra detergente neutro, %	58.8	75.1	32.5	-
Cenizas totales, %	8.0	8.0	6.8	37.4
Nitrógeno amoniacal, % del N total	7.6			

¹ Ensilaje de ballica Tama, con aditivo Silomax®, constituido por Coseta seca 95%, Melaza, Formiato de sodio y Metasulfito de sodio 5%.

² Paja de trigo tratada con una solución de hidróxido de sodio al 3% p/p BMS.

³ Concentrado comercial A: "Cosetan Vaca Lechera N° 15" fabricado por la empresa Biomaster S.A. (Principales ingredientes: Coseta 50%, cereal entero 10%, Melaza 12%, otros 28%).

⁴ Mezcla concentrada B: constituido por 55,3% harina de pescado (91,5% MS; 73,9% PC; 2,78 Mcal/kg EM; 7,51% EE; 22,3% CEN), 14,7% urea y 30,0% de sales minerales comerciales ("VETERSAL®, Vaca lechera alta producción". Veterquímica S.A.).

CUADRO 2. Producción de leche, pesos vivos, consumo de materia seca, fibra detergente neutro y algunas variables del comportamiento ingestivo, según tratamientos.

Milk production, live weight, dry mater and NDF intake, and ingestive behaviour, by treatment.

Variables	T1		T2		T3	
	Prom.	d.e.	Prom.	d.e.	Prom.	d.e.
Producción real, L/d	23.2 ^a	2.9	22.4 ^b	2.6	21.4 ^c	2.7
Producción estandarizada ¹ , L/d	24.2 ^a	2.8	23.7 ^b	2.4	22.4 ^c	2.6
Peso vivo inicial, kg	584 ^a	40	592 ^a	43	591 ^a	43
Peso vivo final, kg	586 ^a	41	584 ^a	40	593 ^a	41
Consumo de MS, kg MS/d						
Ensilaje	11.8 ^a	1.8	10.2 ^b	1.7	9.5 ^b	0.9
Paja c/NaOH	-	-	2.1 ^a	0.2	2.6 ^b	1.0
Ensilaje + paja c/NaOH	11.8 ^a	1.8	12.3 ^a	1.9	12.0 ^a	1.7
Concentrados A+B	6.0 ^a	0.5	6.1 ^a	0.7	6.2 ^a	0.4
Total	17.8 ^a	2.2	18.4 ^a	2.5	18.2 ^a	1.9
Consumo de FDN, kg/d	8.7 ^a	1.2	9.4 ^a	1.4	9.3 ^a	1.2
Comiendo, min						
Ensilaje + paja c/NaOH						
Diurno	291.5 ^a	35.0	289.0 ^a	41.1	280.8 ^a	40.8
Nocturno	149.8 ^a	35.8	142.8 ^{ab}	24.4	126.8 ^b	34.0
Diario	441.3 ^a	60.7	431.8 ^{ab}	49.9	407.6 ^b	58.5
Concentrados A+B	33.0 ^a	4.9	34.1 ^a	5.4	35.8 ^a	7.9
Total						
Diurno	324.5 ^a	35.6	323.1 ^a	41.4	316.5 ^a	42.8
Nocturno	149.8 ^a	65.8	142.8 ^{ab}	24.4	126.8 ^b	34.0
Diario	474.3 ^a	60.6	465.9 ^a	50.4	443.3 ^a	62.2
Rumiando, min						
Diurno	220.6 ^a	35.2	231.0 ^a	31.0	217.9 ^a	30.5
Nocturno	301.8 ^a	38.1	314.0 ^a	37.4	330.7 ^b	29.2
Diario	522.4 ^a	44.5	544.9 ^{ab}	47.9	551.5 ^b	40.2
Tiempo de masticación, min						
Diurno	545.2 ^a	48.4	554.1 ^a	34.7	534.4 ^a	54.5
Nocturno	451.6 ^a	24.2	456.8 ^a	30.7	460.5 ^a	27.2
Diario	996.8 ^a	50.8	1010.8 ^a	36.4	994.9 ^a	62.4
Descanso (echada+parada), min						
Diurno	243.1 ^a	48.4	232.2 ^a	35.6	252.2 ^a	56.2
Nocturno	176.9 ^a	24.7	172.3 ^a	30.8	167.6 ^a	28.3
Diario	420.0 ^a	52.4	404.5 ^a	37.4	419.8 ^a	65.9
Bebiendo. min						
Diurno	21.7 ^a	6.4	23.3 ^a	8.4	23.0 ^a	6.9
Nocturno	1.5 ^a	2.1	1.4 ^a	1.5	2.3 ^a	2.3
Diario	23.2 ^a	7.2	24.7 ^a	8.4	25.4 ^a	7.8

^{a, b}: letras diferentes en una fila indican diferencias significativas (p<0.05).

Prom.: promedio; d.e.: desviación estándar.

¹Estandarizada a 4% materia grasa.

tiempo destinado a rumiar, ya que las vacas en T3, destinaron mayor tiempo que las en T1 (p < 0.05). Esta diferencia se produjo en el período nocturno, donde también fue significativamente

mayor a T2. El tiempo que las vacas destinaron a masticar (comiendo + rumiando) diariamente los alimentos no mostró diferencia estadística entre tratamientos (cuadro 2).

En los gráficos 1 y 2 se presenta la frecuencia, duración y tamaño de los períodos de comida y rumia. Se observa que la frecuencia de comidas diarias (gráfico 1) disminuye a medida que aumenta la incorporación de paja en la dieta, diferencia que fue significativa ($p < 0.05$) sólo entre el testigo que tuvo 13.7 y el T3 que tuvo

12.0 comidas diarias, y la duración promedio de las comidas para los tres tratamientos fue de 37.5 min. En relación, al tamaño de comida se observó que a medida que aumentaba el porcentaje de inclusión de PT en la dieta, aumentó el consumo de MS por comida ($p < 0.05$).

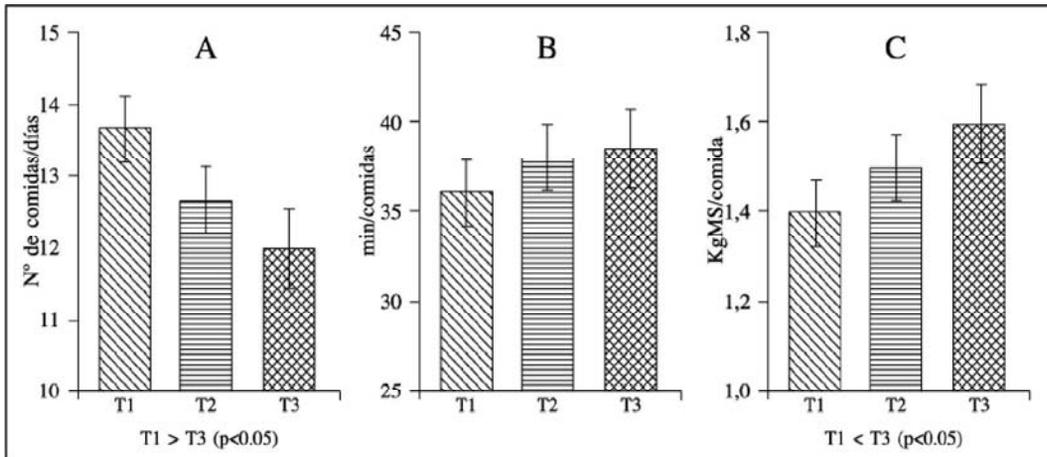


GRAFICO 1. Frecuencia (A), duración (B) y kg MS (C) de los períodos de comida diarias según tratamientos, expresados como promedio y error estándar.

Frequency, duration and (kg DM) of the daily eating episodes according to treatment (and standard error).

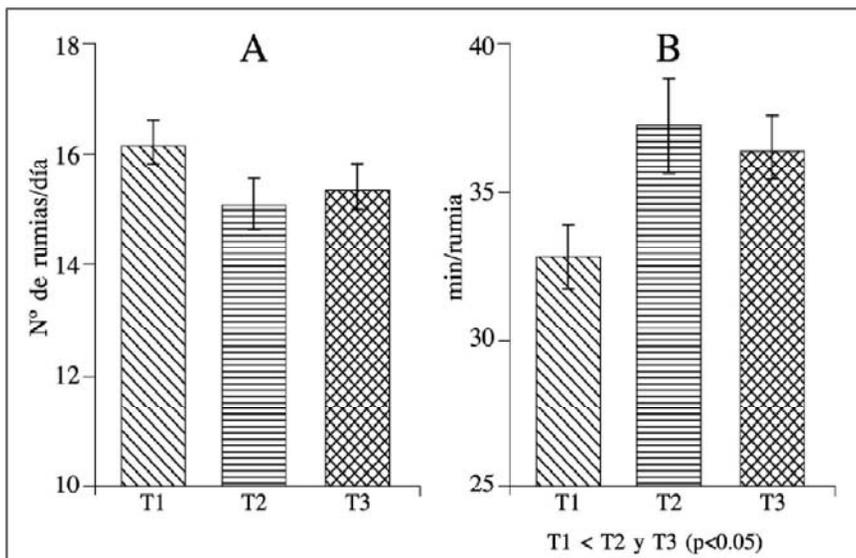


GRAFICO 2. Frecuencia (A) y duración (B) de los períodos de rumia diarias según tratamientos, expresados como promedio y desviación estándar.

Frequency and duration of the daily ruminating periods according to treatments (mean and standard error).

En relación a la frecuencia de rumias diarias (gráfico 2) no hubo diferencias entre dietas, siendo la media de 15,6 períodos de rumia al día para los tres tratamientos. Sí se presentó un aumento significativo en la duración de estos períodos, siendo los tratamientos T2 y T3 mayores ($p < 0.05$) en 4.4 y 3.6 minutos por período al T1, respectivamente.

En los gráficos 3 y 4 se representa la rutina diaria de ingesta y rumia de las vacas según

tratamientos. Se aprecia que el comportamiento del consumo de alimentos es cíclico y que no difiere mayormente entre los tres tratamientos. Situación similar presenta la rutina de rumia, destacando que las vacas en el tratamiento testigo (que consumen ensilaje como único forraje), muestran una similar tendencia a los otros tratamientos, pero presentan un patrón de rumia más constante a través del día.

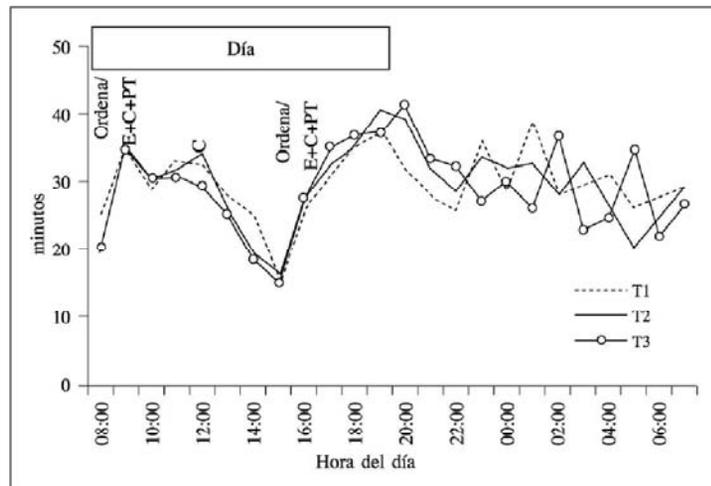


GRAFICO 3. Distribución del ciclo de consumo diario según tratamientos.
Daily feed intake pattern by treatment.

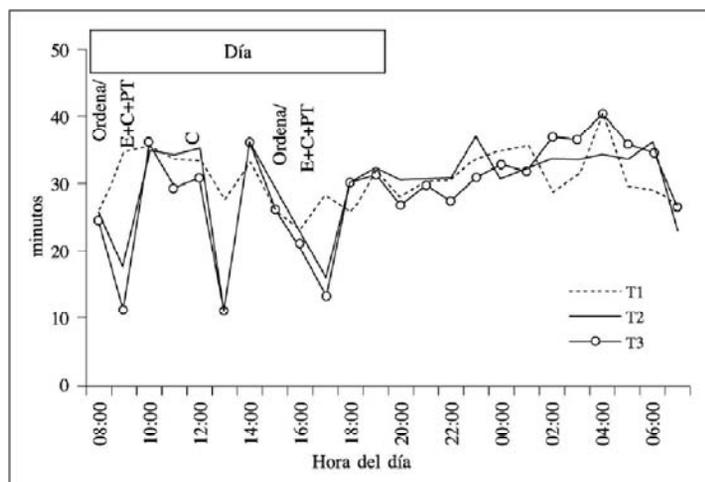


GRAFICO 4. Distribución del ciclo de rumia diario según tratamientos.
Daily ruminating pattern by treatment.

Como se observa en el cuadro 3, no existen diferencias significativas entre los tratamientos para las tasas de consumo de forrajes, de mezclas concentradas y para consumo total de alimentos entre tratamientos, con valores promedios de 28, 185 y 40 g MS/min, respectivamente.

El efecto del índice de fibrosidad (IF) se define como el tiempo destinado a comer y

rumiarse por kg de MS ingerida (minutos comiendo y rumiando/kg de MS ingerida). Sobre la tasa de consumo para los tres tratamientos, se describe a través de la ecuación $y = 171.43 - 3.6703x + 0.0233x^2$; donde y: tasa de consumo y; x: IF, está presentó un alto grado de ajuste ($R^2: 0.79$) (gráfico 5).

CUADRO 3. Tasa de consumo de forrajes, concentrados y total de alimentos, según tratamientos.
Intake rate of forages, concentrates and total feed, by treatment.

Variables	T1		T2		T3	
	Prom.	d.e.	Prom.	d.e.	Prom.	d.e.
Tasa de consumo, g MS/min						
Forrajes	27 ^a	0.5	29 ^a	0.8	30 ^a	0.6
Concentrados A + B	188 ^a	41	185 ^a	37	183 ^a	51
Total	38 ^a	0.7	40 ^a	0.9	42 ^a	0.7

^{a, b}: letras diferentes en una fila indican diferencias significativas ($p < 0.05$).
Prom.: promedio; d.e.: desviación estándar.

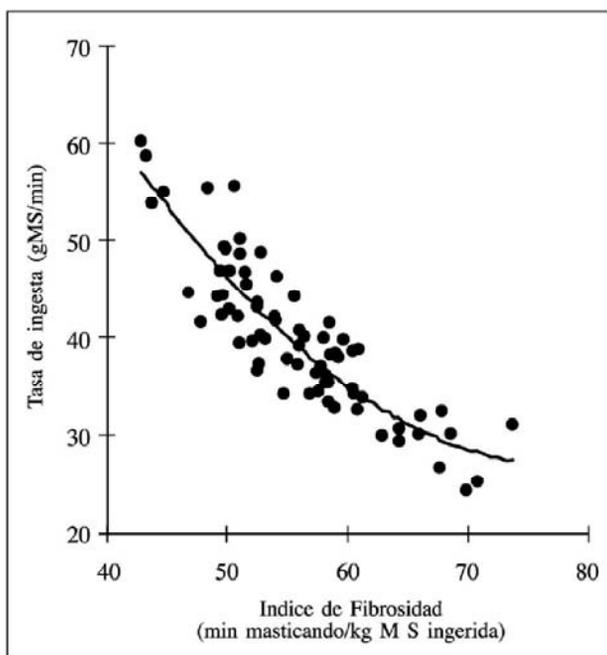


GRAFICO 5. Relación entre el índice de fibrosidad y tasa de ingesta, para las vacas en los tres tratamientos.

Correlation between the fibrosity index (min eating + ruminating/kg of DM consumed) and rate of intake including all treatments.

DISCUSION

Consumo de MS. Entre los factores que afectan el consumo de un forraje ensilado se mencionan a los contenidos de MS, aminos, amonio, pH y la estructura física del forraje. Erdman (1988) señala que en un ensilaje el porcentaje de N-NH₃ debería ser menor a 10% del N-total y el pH debería ser menor a 4.2 para no afectar el consumo potencial. El pH 3,8 y el contenido de N-NH₃ de 7.6% del N-total que presentó el ensilaje utilizado en el ensayo, se encuentran dentro de los valores citados anteriormente.

El consumo diario de forrajes expresados en kg MS/día (cuadro 2) corresponde al máximo consumo que realizaron las vacas con una disponibilidad *ad libitum* durante 20 horas. La inclusión de PT en la ración no disminuyó el consumo total de forrajes, independiente de los tratamientos. Al expresar el consumo de alimentos como porcentaje del peso vivo, se observaron porcentajes similares entre tratamientos, que alcanzaron al 2.0% para los forrajes, 1.0% para las mezclas concentradas y 3.1% para el consumo total, valores habituales para vacas lecheras en este estado de lactancia.

Es esperable que al adicionar un alimento más fibroso a la dieta se produzca un exceso de fibra que limitaría el consumo, debido a la correlación negativa que existe entre el contenido de FDN y el consumo de MS (Webster, 1993). El similar consumo observado en este estudio se explicaría, en parte, porque el consumo real de PT en los tratamientos T2 y T3 fue de un 11.4% y 14.3% del total de MS ingerida, determinando que el consumo de FDN no aumentara significativamente ($p > 0.05$) con respecto al testigo (cuadro 2). Los resultados anteriores coinciden con un estudio de similares características realizado por Haddad y col. (1998), quienes encontraron ingestas similares de MS en vacas Holstein Friesian en el segundo tercio de lactancia, (22.0 y 22.8 kg MS), con dietas que contenían 0 y 20% base MS de paja tratada con 3% NaOH y 3% Ca(OH)₂, los consumos de FDN fueron en este caso de 7.4 y 8.4 kg, respectivamente.

Comportamiento ingestivo. El comportamiento diario de los animales en los distintos tratamientos se entrega en el cuadro 2. Se observa que a medida que aumenta el porcentaje de inclusión de PT en la ración, disminuye ($p < 0.05$) el tiempo dedicado al consumo de forrajes durante el día, desde 441.3 min (T1) a 407.6 min (T3), diferencia no observada durante el período diurno. Esta tendencia coincide con los resultados obtenidos por Bae y col. (1981), Welch y Hooper (1988), De Boever y col. (1993), Teller y col. (1993) y Chermiti y col. (1994), los que señalan que con dietas ricas en fibra los animales destinan menos tiempo a comer debido principalmente a los altos requerimientos de rumia.

Los resultados de este estudio no presentaron diferencias entre tratamientos en los minutos destinados a comer por kg de materia seca ingerida (min/kg MS ingerida) de forraje, mezclas concentradas y el total de alimentos (cuadro 4). De Boever y col. (1993) evaluaron la estructura física de ensilaje de pradera por medio de mediciones del comportamiento ingestivo de vacas en lactancia, y encontraron que al alimentar con ensilajes de corte directo (19.5% MS; 26.8% FC y 48.3% FDN), las vacas destinaron a comer 30,4 min/kg MS ingerida. El mayor valor de 38.9 min/kg MS promedio observado para los tres tratamientos en este estudio (cuadro 4) se explicaría por los mayores niveles de FC y FDN que presentan el ensilaje y la paja tratada en este experimento.

En el gráfico 1 podemos observar que el número de comidas se ve afectado por la inclusión de PT en la dieta. Se observa que las vacas en T1 realizaron 13.7 comidas en promedio, cifra que fue 1 y 1.7 unidades mayor que en los tratamientos T2 y T3. Sin embargo, sólo hubo diferencia estadística entre T1 y T3. La duración de los períodos de comida no mostró diferencia ($p > 0.05$) entre tratamientos y el promedio fue de 37.5 minutos.

Múltiples estudios (Tanida y col., 1984; Beauchemin y col., 1990; Dürrst y col., 1993 y Deswysen y col., 1993), han presentado observaciones del comportamiento ingestivo en bovinos en distintos ambientes y condiciones de

CUADRO 4. Minutos de consumo, rumia y masticación por kilo de materia seca ingerida de forrajes, concentrados y total, según tratamientos.**Time spent eating, ruminating and chewing in minutes per kg of DM consumed for forages, concentrates and total (by treatment).**

Variables	T1		T2		T3	
	Prom.	d.e.	Prom.	d.e.	Prom.	d.e.
Comiendo, min/kg MS						
Forrajes	38.3 ^a	8.7	38.8 ^a	10.3	39.7 ^a	14.0
Concentrados A + B	5.5 ^a	1.0	5.6 ^a	1.0	5.8 ^a	1.4
Total	27.0 ^a	5.3	27.0 ^a	6.0	26.5 ^a	6.3
Rumiando, min/kg MS	29.6 ^a	3.2	31.1 ^a	4.5	33.0 ^a	6.7
Masticación diaria, min/kg MS	56.6 ^a	6.7	55.9 ^a	7.5	55.2 ^a	6.0

^{a, b}: letras diferentes en una fila indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

Prom.: promedio; d.e.: desviación estándar.

manejo. Estos estudios coinciden con este trabajo en la distribución del tiempo dedicado al consumo durante el día, que se aprecia en el gráfico 3, que muestra que el consumo se produce preferentemente durante las horas de luz. En promedio para los tres tratamientos, un 67% del tiempo diario destinado al consumo de forrajes se realizó durante el período diurno. Además, los tratamientos presentaron similar comportamiento, apreciándose que durante el período diurno se producen dos ciclos largos de consumo, el primero se inicia al amanecer y abarca toda la mañana y el segundo ciclo de consumo, de mayor amplitud que el anterior, se produce desde el ordeño de la tarde hasta el anochecer. Durante la noche se producen tres períodos cortos de consumo. Estos resultados concuerdan con Albright (1993), quien señala que los animales confinados prefieren alimentos frescos y suelen iniciar las comidas más abundantes cuando se les distribuye alimento nuevo; un comportamiento similar mostraron las vacas en este ensayo. Phillips (1993) señala que las vacas lecheras son consumidoras diurnas, particularmente por la mañana temprano y durante el crepúsculo, mostrando un patrón de alimentación cíclico durante el día. Bajo las condiciones de estabulación en que se realizó este experimento, podemos decir que los resultados coinciden con esta tendencia.

El cuadro 3 muestra la tasa de consumo expresada en gramos de materia seca consumida por minuto (g MS/min). Se aprecia que no existieron diferencias en este parámetro entre tratamientos. La velocidad promedio de consumo para los tres tratamientos fue de 29 g MS/min para los forrajes y de 185 g MS/min para los concentrados. Al respecto, Morita y col. (1996) señalan que los forrajes conservados, como los ensilajes, al poseer más fibra, requieren más tiempo de masticación que los concentrados, por lo tanto, presentarían una menor tasa de consumo. Según Dürst y col. (1993) diferentes tamaños de las comidas (kg de MS/comida) pueden ser relacionados con diferentes tasas de ingesta, porque pequeñas tasas son generalmente asociadas con pequeñas comidas. Los tamaños de comida obtenidos en este ensayo se muestran en el gráfico 1. Se observa que al aumentar el porcentaje de inclusión de paja tratada en la ración aumenta el tamaño de las comidas, que es estadísticamente significativo sólo entre el T1 y T2. Este aumento se explicaría porque las vacas en el T3 presentaron una mayor duración de las comidas y de la tasa de consumo.

Los estudios realizados por Bae y col. (1981), Welch y Hooper (1988), Teller y col. (1993) y Chermity y col. (1994) han demostrado que vacas que consumen dietas con alta fibra tienen altos requerimientos de rumia. Welch y Hooper (1988)

señalan que el componente del forraje más íntimamente relacionado con el tiempo destinado a la rumia es el contenido de FDN. En el cuadro 2, se observa que a medida que aumenta el porcentaje de inclusión de paja tratada en la ración, aumenta el tiempo dedicado diariamente a la rumia, diferencia que es significativa entre T1 y T3. Estos mayores requerimientos de rumia por las vacas en el tratamiento T3, se presentan durante el período nocturno, en el cual las vacas dedicaron ($p < 0.05$) más tiempo a rumiar que las en T1 y T2.

Teller y col. (1993) señalan que vacas en lactancia alimentadas con ensilaje de pradera de corte directo o premarchitado dedicaron a rumiar 385 y 524 minutos al día, respectivamente. Los resultados de este experimento coinciden con el mayor valor reportado anteriormente. Las vacas, en los 3 tratamientos de este estudio, dedicaron a rumiar diariamente 8,9 horas en promedio, coincidiendo con el rango de 7 a 10 horas reportado por Grant y Albright, (2001). Por su parte De Boever y col. (1993) describen que vacas en lactancia alimentadas con ensilaje de corte directo como único alimento, con un contenido de 19.5% de MS, 26.8% de FC y 48.3% de FDN, respectivamente, destinaron a rumiar 49.9 min/kg MS ingerida (43.0 - 61.9 min/kg MS). Estos valores son muy superiores a los 29.6, 31.1 y 33.0 min/kg MS obtenidos en este ensayo. Esto se podría explicar porque en este ensayo la ración contenía un 30% de concentrados, los cuales requirieron menos minutos de rumia por kg de MS ingerida, como lo señala Sauvant y col. (1995).

El gráfico 3 muestra el número y duración de los períodos de rumia realizados por las vacas en los distintos tratamientos. Dado y Allen (1995) informaron que altos contenidos de FDN o voluminosos inertes en la dieta incrementan el número de rumias por día, el tiempo de masticación por unidad de ingesta de materia seca o FDN y la tasa de pasaje de FDN desde el rumen. El número de períodos de rumias de los tres tratamientos fue de 15,5 y no presentó diferencias ($p > 0.05$). Con respecto a la duración de la rumia, los tratamientos T2 y T3 tuvieron períodos significativamente ($p < 0.05$) más largos

(37.2 y 36.4 minutos) que el testigo (32.8 minutos). Es aceptado que los patrones de rumia son influenciados por factores ambientales como la alimentación. Dado y Allen (1994) midieron el número y duración de los períodos de rumia en vacas Holstein multíparas, alimentadas con dietas basadas en ensilajes de alfalfa y de maíz, observando en promedio 12.9 períodos de rumia, de 36.0 minutos de duración. Al comparar estos datos con los resultados obtenidos en este ensayo, encontramos que las vacas en los tres tratamientos realizaron un número mayor de rumias (15.1-16.2), pero de una duración similar (32.8-37.2 minutos).

En una revisión de los patrones de rumia en vacas lecheras, realizada por Beauchemin y col. (1990), informan que la rumia a través del día se presenta cíclicamente y que la gran porción de la rumia ocurre durante la noche, aunque también se presentan períodos de rumia durante el día. Esta información es coincidente con los resultados de este ensayo, ya que en promedio el 59% del tiempo total de rumia ocurrió durante la noche. Al observar la rutina diaria de rumia (gráfico 4) se puede apreciar que la curva de rumia durante el día de los tratamientos T2 y T3 presenta dos ciclos de alta intensidad. En general se observa que a media mañana inician un largo período que terminó a las 13:00 horas. Un segundo ciclo se realiza en plena tarde, y comienza a disminuir al final de la tarde. Y al anochecer otro ciclo comienza hasta convertirse en una actividad preponderante durante la noche. La curva de rumia que presentan las vacas que consumen ensilaje solamente muestra que durante el período diurno el nivel de rumia es alto y constante, lo que se mantiene durante las 24 horas. Beauchemin y col. (1990), señalan que los ciclos de rumia ocurren inmediatamente después o entre los períodos de comida, lo que concuerda con los resultados obtenidos en este estudio.

Chesson y col. (1995) destacan la importancia de la actividad masticatoria, en especial la que se realiza durante la rumia, en la reducción del tamaño de las partículas para facilitar el abandono del retículo rumen. En el cuadro 2 se aprecia que el tiempo de masticación

diaria no fue diferente ($p < 0.05$) entre tratamientos. En general, las vacas en los tres tratamientos dedicaron a masticar en promedio 1000 minutos al día, lo que representa un 69% del día completo.

Entre los reportes de la literatura, Teller y col. (1993) informan que vacas Holstein, al inicio de lactancia y alimentadas con ensilaje de pradera, mastican entre 901 y 1022 minutos al día. En otro estudio Chermiti y col. (1994) obtuvieron 939 minutos con paja sin tratamiento, con paja tratada con amonio (819 minutos) y con paja tratada con urea (841 minutos), siendo la reducción significativa con paja tratada. Por su parte, Dado y Allen (1994) encontraron que las vacas masticaron 774 minutos diarios en promedio. Los resultados de este estudio se encuentran dentro de estos valores con tiempos promedios de 997, 1011 y 995 minutos.

Autores como Teller y col. (1993), De Boever y col. (1993) y Sauvant y col. (1995) han propuesto evaluar las propiedades físicas o fibrosidad de la ración, con un índice de fibrosidad (IF) que se define como el tiempo destinado a comer y rumiar por kg de MS ingerida (minutos comiendo y rumiando/kg de MS ingerida). La importancia de este índice, según Sauvant y col. (1995), radica en que es un parámetro relevante para predecir el funcionamiento ruminal. Si consideramos que este índice depende íntimamente de la calidad del forraje, y en especial del contenido de FDN, se esperaría que al adicionar paja de cereales existiría un aumento en los minutos dedicados a cada actividad por unidad de materia seca ingerida y disminuiría la tasa de ingesta. En este estudio se estableció esta relación con un grado de ajuste de 80% (gráfico 5). Al analizar los resultados obtenidos en este ensayo (cuadro 4), se observa que para las actividades comiendo y rumiando existió una tendencia a aumentar a medida que se incluyó paja tratada en la dieta, pero esta diferencia no fue significativa ($p > 0.05$). Por lo tanto, los consumos de 8.7, 9.4 y 9.3 kg de FDN alcanzados en este ensayo, para los tres tratamientos, fueron insuficientes para aumentar el índice de fibrosidad.

RESUMEN

Se realizó un experimento para describir y determinar el efecto sobre el consumo de alimentos y el comportamiento ingestivo al reemplazar ensilaje de ballica por paja de trigo tratada con hidróxido de sodio (NaOH) al 3 p/p (PT) ofrecida en 10 ó 20% base MS, en vacas en lactancia estabuladas. Se utilizaron 12 vacas multíparas del genotipo Frisón Negro Chileno, con 154 días de lactancia (d.e.: 27) y 21.7 L/día (d.e.: 1.8), asignadas a un diseño de cuadrado latino 3 x 3. Cada período de 21 días fue dividido en dos etapas: pre-experimental (13 días) y experimental (últimos 7 días). Los animales fueron estabuladas en un galpón con cubículos con atrapa cabezas, comederos y bebederos individuales. Los tratamientos fueron T1 o testigo: ensilaje de ballica más concentrados; T2: ensilaje más concentrados, adicionando un 10% de paja c/NaOH base MS en reemplazo del ensilaje y T3: ensilaje más concentrados, adicionando 20% de paja c/NaOH; los forrajes fueron ofrecidos dos veces al día. El consumo se midió diaria e individualmente, y el comportamiento se registró mediante observación visual c/5 min durante 24 horas, en dos días separados durante los períodos experimentales. El tratamiento alcalino aumentó la EM desde 1.75 a 2.26 Mcal/kg MS y redujo en un 12% el contenido de FDN. El consumo medio de forrajes (18.1 kg MS/día) y de FDN (9.1 kg/día) para los tres tratamientos no presentó diferencias ($p > 0.05$). La inclusión de PT en la dieta, disminuyó el tiempo de consumo de forrajes diario, desde 441.3 min (T1) a 407.6 min (T3) ($p < 0.05$). Las vacas en T3 (551.5 min) destinaron más tiempo a rumiar que en T1 (522.4 min) ($p < 0.05$). El número de comidas diarias realizadas en T1 (13.7) fue 1 y 1,7 unidades mayor que en T2 y T3. Sin embargo, sólo hubo diferencia significativa entre T1 y T3, y la duración de éstas no mostró diferencia (37.5 min promedio). El número medio de los períodos de ruminas no presentó diferencias estadísticas, pero sí tendió a aumentar la en las vacas en T2 y T3 que tuvieron períodos más largos (37.2 y 36.4 min) que el testigo (32.8 min) ($p < 0.05$). Se

estableció una correlación ($R^2 = 80\%$) entre el aumento del índice de fibrosidad (minutos comiendo + rumiando/kg MS ingerida) y la disminución en la tasa de consumo para los tres tratamientos.

BIBLIOGRAFIA

- ALBRIGHT, J. L. 1993. Feeding behaviour of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 76: 485-498.
- ANRIQUE, R., X. VALDERRAMA, R. FUCHSLOCHER. 1995. Composición de alimentos para el ganado en la zona sur. Fundación Fondo de Investigación Agropecuaria. Universidad Austral de Chile, Valdivia. 59 p.
- BAE, D. H., J. WELCH, M. SMITH. 1981. Efficiency of mastication in relation to hay intake by cattle. *J. Animal Sci.* 52: 1371-1375.
- BATEMAN, R. 1970. Nutrición animal. Manual y método analítico. Centro regional de ayuda técnica. México. 461 p.
- BEAUCHEMIN, K., R. KACHANOSKI, G. SCHAALJE, BUCHANAN-SMITH. 1990. Characterizing rumination patterns of dairy cows using spectral analysis. *J. Animal Sci.* 68: 3163-3170.
- CAMERON, M. G., G. FAHEY, J. CLARK, N. MERCHEN, L. BERGER. 1990. Effects of feeding alkaline hydrogen peroxide-treated wheat straw-based diets on intake, digestion, ruminal fermentation, and production responses by mid-lactation dairy cows. *J. Animal Sci.* 69: 1775-1787.
- CAMERON, M. G., G. FAHEY, J. CLARK, N. MERCHEN, L. BERGER. 1990. Effects of feeding alkaline hydrogen peroxide-treated wheat straw-based diets on digestion and production by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 73: 3544-3554.
- CANALE, C. J., S. ABRAMS, G. VARGA, L. MULLER. 1990. Alkali-treated orchardgrass and alfalfa: composition and in-situ digestion of dry matter and cell wall components. *J. Dairy Sci.* 73: 2404-2412.
- CAÑAS, R. 1998. Alimentación y nutrición animal. Facultad de Agronomía. Pontificia Universidad Católica de Chile. Chile. 551 p.
- CHERMITI, A., E. TELLER, M. VANBELLE, G. COLLIGNON, B. MATATU. 1994. Effect of ammonia or urea treatment of straw on chewing behaviour and ruminal digestion processes in non-lactating dairy cows. *Animal Feed Science and Technology* 47: 41-51.
- CHESSON, A., C. FORSBERG, E. GRENET. 1995. Improving the digestion of plant cell walls and fibrous feeds. In: Journet y col., (eds.). Recent developments in the nutrition of herbivores. Proceeding of the IVth International symposium on the nutrition of herbivores. Clermont-Ferrand, France. Pp. 249-277.
- DADO, R., M. ALLEN. 1994. Variation in and relationships among feeding, chewing, and drinking variables for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 77: 132-144.
- DADO, R., M. ALLEN. 1995. Intake limitation, feeding behaviour, and rumen function of cows challenged with rumen fill from dietary fiber or inert bulk. *J. Dairy Sci.* 78: 118-133.
- DE BOEVER, J., A. DE SMET, D. DE BRABANDER, C. BOUCQUE. 1993. Evaluation of physical structure. 1. Grass silage. *J. Dairy Sci.* 76: 140-153.
- DESWYSEN, A., P. DUTILLEUL, J. GODFRIN, W. ELLIS. 1993. Nycterohemeral eating and ruminating patterns in heifers fed grass or corn silage: analysis by finite fourier transform. *J. Animal Sci.* 71: 2739-2747.
- DÜRST, B., M. SENN, W. LANGHANS. 1993. Eating patterns of lactating dairy cows of three different breeds fed grass ad lib. *Physiology and Behavior* 54: 625-631.
- EGAÑA, J., C. WERNLI. 1982. Utilización de desechos agrícolas y subproductos agroindustriales nacionales en la alimentación de rumiantes. En: Wernli, C. (editor). Utilización de subproductos en la alimentación del ganado. Sociedad Chilena de Producción Animal, Santiago, Chile. Pp. 11-35.
- ERDMAN, R. 1988. Forage pH effects on intake in early lactation dairy cows. *J. Dairy Sci.* 71: 1198-1203.
- FAHEY, G., L. BERGER. 1988. Los carbohidratos en la nutrición de rumiantes. En: Church, D. (editor). El rumiante fisiología digestiva y nutrición. Editorial ACRIBIA, S. A., Zaragoza, España.
- GARRIDO, O., E. MANN. 1981. Composición química, digestibilidad y valor energético de una pradera permanente de pastoreo a través del año. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Valdivia, Chile.
- GOERING, H. K., H. VAN SOEST. 1972. Forage and fiber analyses (apparatus, reagents, procedures and some applications). USDA Agric. Handbook 379. ARS-USDA: Washington DC. USA. 225 p.
- GRANT, T., J. L. ALBRIGHT. 2001. Effect of animal grouping on feeding behavior and intake of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 84 (E. Suppl): 156-163.

- HADDAD, S., R. GRANT, T. KLOPFENSTEIN. 1995. Digestibility of alkali-treated wheat straw measured in vitro or in vivo using Holstein heifers. *J. Animal Sci.* 73: 3258-3265.
- HADDAD, S., R. GRANT, S. KACHMAN. 1998. Effect of wheat straw treated with alkali on ruminal function and lactational performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 81: 1956-1965.
- MORITA, S., S. DEVIR, C. KETELAAR-DE, A. SMITS, H. HOGEVEEN, J. METZ. 1996. Effects of concentrate intake on subsequent roughage intake and eating behavior of cows in an automatic milking system. *J. Dairy Sci.* 79: 1572-1580.
- RSKOV, E. R. 1990. Alimentación de los rumiantes. Editorial ACRIBIA S.A., Zaragoza.
- PHILLIPS, C. J. C. 1993. Cattle behaviour. Farming Press Books, London.
- PLAYNE, A., P. McDONALD. 1966. The buffering constituents of herbage and of silage. *J. of the Sci. of Food and Agr.* 17: 264-268.
- SAS. 1993. Guía introductoria al SAS. SAS Institute Inc. (ed). Estados Unidos.
- SAUVANT, D., J. DIJKSTRA, D. MERTENS. 1995. Optimization of ruminal digestion: a modeling approach. In: Journet y col., (eds.). Recent developments in the nutrition of herbivores. Proceeding of the IVth International symposium on the nutrition of herbivores. Clermont-Ferrand, France. Pp. 143-166.
- STUVEN, H. 1968. 43 Gráficos de trayectoria solar para ciudades de Chile y Argentina. Departamento de Tecnología Arquitectónica y Ambiental de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, Santiago, Chile. 43 p.
- TANIDA, H., L. SWANSON, W. HOHENBOKEN. 1984. Effect of artificial photoperiod on eating behavior and other behavioral observations of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 67: 585-591.
- TELLER, E., M. VANBELLE, P. KAMATALI. 1993. Chewing behaviour and voluntary grass silage intake by cattle. *Livestock Production Sci.* 33: 215-227.
- VARGA, G., H. DANN, V. ISHLER. 1998. The use of fiber concentrations for ration formulation. *J. Dairy Science* 81: 3063-3070.
- WEBSTER, A. J. F. 1993. Understanding the dairy cow. Blackwell Science 2nd ed. Bodmin, Cornwall, UK.
- WELCH, J. G., A. P. HOOPER. 1988. Ingestión de alimentos y agua. En: Church, D. (editor). El rumiante fisiología digestiva y nutrición. Editorial ACRIBIA, S. A., Zaragoza, España.
- WOODFORD, S. T., M. R. MURPHY. 1988, Effect of forage form on chewing activity, dry matter intake, and rumen function of dairy cows in early lactation. *J. Dairy Sci.* 71:674-689.