

SUPLEMENTACION PROTEICA Y ENERGETICA DE RACIONES DE NOVILLOS BASADAS EN PAJA DE TRIGO TRATADA CON AMONIACO ANHIDRO Y SIN TRATAR¹

Protein and energy supplementation of steer rations based on wheat straw treated and not treated with anhydrous ammonia

Germán Klee G.² y Jorge González U.²

SUMMARY

The effect of anhydrous ammonia (1.5%) treatment of wheat straw (Norwegian method) on its nutritive value, was evaluated with 63 European x American Holstein steers (266 kg), at the Quilamapu Experimental Station (INIA), Chillán, Chile. The experiment lasted 104 days, in the 1987 winter. The following rations, based on treated (P-NH₃) and untreated (P) straw, were evaluated:

- I. Untreated straw + 0.45 kg fish meal + urea
- II. Untreated straw + 0.45 kg fish meal + 1.7 kg corn + urea
- III. Untreated straw + 0.45 kg fish meal + 3.4 kg corn + urea
- IV. Untreated straw + 0.75 kg fish meal + 1.7 kg corn + urea
- V. Straw treated with 1.5% NH₃ + 0.45 fish meal
- VI. Straw treated with 1.5% NH₃ + 0.45 fish meal + 1.7 kg corn
- VII. Straw treated with 1.5% NH₃ + 0.45 fish meal + 3.4 kg corn
- VIII. Straw treated with 1.5% NH₃ + 0.75 fish meal + 1.7 kg corn
- IX. Straw treated with 1.5% NH₃ + 0.75 fish meal + 3.4 kg corn

The nine treatments were studied in a randomized block design, with seven replications. The rations with corn were calculated for daily gains of 0.6 to 0.7 kg/steer; P treatments included urea, to offset the ammonia-nitrogen.

There were no differences ($P \geq 0.05$) in live weight gains, between P and P-NH₃, nor in the effects of fish meal supplement levels. In general, protein requirements were 7 and 10% higher than NRC recommendations, according to level of ADF (25 to 46%). The NH₃ treatment of straw improved ($P \leq 0.05$) total protein (N x 6.25), dry matter *in vitro* digestibility, and straw intake. Hemicellulose and ADF decreased ($P \leq 0.05$) and lignine and NDF were not affected. Rations with P-NH₃ showed higher ($P \leq 0.05$) *in vivo* digestibility of D.M., total protein, and ADF.

INTRODUCCION

Determinar el uso eficiente de las pajas en la alimentación de rumiantes es importante para Chile. Considerando la cosecha de cereales y leguminosas de grano de la temporada agrícola 1985/86, la producción de pajas habría alcanzado aproximadamente a 3,5 millones de toneladas. Este forraje es posible transformarlo en productos agropecuarios. Estudios recientes en

¹ Recepción de originales: 16 de noviembre de 1988.

² Estación Experimental Quilamapu (INIA), Casilla 426, Chillán, Chile.

rumiantes (Males y otros, 1982; Klee y Murillo, 1989), donde las pajas representaron un elevado porcentaje de la ración, señalan que para un aumento de peso determinado, la suplementación proteica—energética no se ajusta a los requerimientos sugeridos por las tablas de alimentación del NRC (1978), con los alimentos usados en dichos estudios, siendo necesario determinar la suplementación requerida, cuando se trabaja con dietas basadas en forrajes toscos.

Los objetivos del trabajo fueron: estudiar el mejoramiento del valor nutritivo de la paja tratada con 1,5% de amoníaco anhidro; y evaluar la suplementación proteica y energética, en raciones de novillos con elevado porcentaje de paja de trigo.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se efectuó en la Estación Experimental Quilamapu (INIA), Chillán, durante 104 días, comprendidos entre el 3 de junio y 16 de septiembre de 1987. Se emplearon 63 novillos mestizos (Holando—europeo x Holando—americano) de 255 kg de peso vivo (P.V.). Previo acostumbamiento de los animales al consumo de paja (durante 15 días), se formaron nueve grupos homogéneos que, por sorteo, se asignaron a raciones basadas en paja de trigo sin tratar (P) y tratada con 1,5% de amoníaco anhidro (P—NH₃) (Cuadro 1).

Estas raciones fueron estudiadas con tres niveles de suplementación energética (0; 1,7 y 3,4 kg de maíz (M)/nov./día) y dos niveles de suplementación proteica (0,45 y 0,75 kg de harina de pescado (HP)/nov./día). Las II, IV, VI y VIII se formularon para obtener una ganancia diaria de 0,6 a 0,7 kg/nov. (NRC, 1978); las III, VII y IX, inicialmente aportaron 15% más del requerimiento de energía para dicha ganancia; y las VIII y IX, un 30% más de proteína cruda (P.C.).

Los animales con las raciones basadas en P, recibieron urea, compensando el N no proteico aportado por el NH₃, ajustado cada cuatro semanas, de acuerdo con el consumo de P—NH₃ de los otros novillos. La cantidad de N amoniacal contenida en las raciones P—NH₃, se calculó según ecuación de Saeneger, Lemenager y Hendrix (1983). Los animales se suplementaron diariamente con harina de huesos digeridos (0,1 kg/nov.) y una mezcla, en igual proporción, de sal común y sales minerales completas (20 g/nov.). Además, se suministró vitamina A—D—E inyectable, a razón de 2 x 10⁶, 3 x 10⁵ y 2 x 10² U.I., respectivamente. Los novillos fueron sometidos a un programa de vacunaciones y controles antiparasitarios.

La paja de trigo se trató con amoníaco anhidro en febrero de 1987, según el método "noruego" o de "pilas" (Sundstol, Coxwort y Mowat, 1978). Este forraje se suministró a libre disposición, previa aireación mínima de 24 hr, para que el exceso de gas se volatizara. Se permitió un rechazo de aproximadamente un 5%.

Los animales permanecieron en corrales, con comederos de concreto techados, con libre acceso al agua de bebida. La ración diaria de M, HP y sales minerales fue suministrada en dos parcialidades, a las 9 A.M. y a las 4 P.M.

Se controló: las variaciones de peso vivo (P.V.) cada cuatro semanas, previo destare de 14 a 16 hr; diariamente, el suministro de alimentos por grupo; composición química de los alimentos, cada 15 días, determinándose materia seca (m.s.), proteína total (P.T.), fibra detergente ácido (F.D.A.) y lignina (Van Soest y Wines, 1968). En las pajas, además, se determinó fibra detergente neutro (F.D.N.) (Van Soest y Wines, 1968) y digestibilidad *in vitro* (Tilley y Terry, 1963).

CUADRO 1. Raciones basadas en paja de trigo, sin tratar y tratada con NH₃, más concentrados, con distintos niveles de harina de pescado (HP) y de maíz (M), evaluados con novillos

TABLE 1. Rations based on wheat straw with and without NH₃ treatment, plus concentrate with different levels of fish meal (HP) and corn (M), evaluated with steers

Tratamientos	Raciones diarias, kg m.s./novillos
I	Paja sin tratar + 0,45 kg harina de pescado + urea
II	Paja sin tratar + 0,45 kg harina de pescado + 1,7 kg maíz + urea
III	Paja sin tratar + 0,45 kg harina de pescado + 3,4 kg maíz + urea
IV	Paja sin tratar + 0,75 kg harina de pescado + 1,7 kg maíz + urea
V	Paja tratada con 1,5% NH ₃ + 0,45 kg harina de pescado
VI	Paja tratada con 1,5% NH ₃ + 0,45 kg harina de pescado + 1,7 kg maíz
VII	Paja tratada con 1,5% NH ₃ + 0,45 kg harina de pescado + 3,4 kg maíz
VIII	Paja tratada con 1,5% NH ₃ + 0,75 kg harina de pescado + 1,7 kg maíz
IX	Paja tratada con 1,5% NH ₃ + 0,75 kg harina de pescado + 3,4 kg maíz

Se realizó corrección de P.V. por llenado, utilizando la ecuación:

$$\hat{y} = 10,4 + 0,41 \text{ F.D.A.} - 0,39 \text{ P.C.}$$

(Jahn y Chandler, 1976)

donde \hat{y} = porcentaje de llenado.

Finalizado el ensayo y utilizando lignina como indicador y tres novillos por tratamiento, se estudió la digestibilidad de la m.s., P.C. y F.D.A., excepto las raciones VIII y IX. Para ello, se tomaron muestras de fecas a las 6 A.M., 11 A.M., 3 P.M. y 7 P.M., el 1º, 2º, 3º y 4º días, respectivamente.

Los incrementos de P.V. se analizaron en un diseño de bloques al azar, con 9 tratamientos y 7 repeticiones, en estructura factorial 2 x 3, para tipo de paja y niveles de suplemento energético, y con tres tratamientos anexos. También se efectuó regresión para ganancia diaria de P.V. sobre niveles energéticos. La composición química de P y P-NH₃, fue analizada en un diseño de bloques al azar. La digestibilidad *in vivo* de las raciones, se analizó en un diseño de bloques al azar en estructura factorial 2 x 3, con un tratamiento anexo. Se efectuaron regresiones para P.C. y F.D.A.

RESULTADOS Y DISCUSION

Variaciones de peso vivo

Los aumentos diarios de P.V. obtenidos con las raciones que incluían P, no difieren ($P \geq 0,05$) de los alcanzados con P-NH₃ (Cuadro 2). El incremento de suplementación proteica no se reflejó en aumentos significativos ($P \geq 0,05$) de P.V.

Se consideran satisfactorias las ganancias de P.V. con las raciones P y P-NH₃ suplementadas con 0,45 kg HP/nov./día (tratamientos I y V; Cuadro 3), debido

CUADRO 2. Variaciones de P.V. de novillos, como respuesta a niveles de amoníaco en tratamientos de la paja de trigo

TABLE 2. Steer liveweight responses to NH₃ levels in wheat straw treatments

Niveles de NH ₃ (º/o):	0	1,5
Días ensayo, Nº	104	104
Peso vivo inicial, kg/nov.	255,7	256,4
Peso vivo final, kg/nov.	320,1	325,6
Aumento peso, kg/día/nov.	0,61 a	0,67 a

Cifras con igual letra no difieren estadísticamente ($P \geq 0,05$), según prueba de Duncan.

a que son parecidas a las obtenidas con los henos, de trébol rosado o de praderas mixtas, cosechados en la zona. Las raciones indicadas, al suplementarlas con maíz, llegaron a producir sobre 0,8 kg/nov./día de aumentos de peso. Este aspecto indica, también, que la cantidad y tipo de suplemento proteico (0,45 kg HP) no fue una limitante para alcanzar buenos incrementos de P.V. Sin embargo, para la ganancia de P.V. obtenida sin la suplementación energética, se estima importante llegar a determinar la cantidad y calidad mínima de suplementación proteica.

Estos factores de calidad y cantidad del suplemento proteico, en principio, pareciera que han limitado notablemente la posibilidad de alcanzar elevadas ganancias de P.V., cuando se usa paja como principal componente de la ración. Se observa claramente en experimentos nacionales y extranjeros (Ruiz y otros, 1983; Ruiz, Klee y Fuentes, 1980; Klee y Murillo, 1983; Alawa y otros, 1986; Zorrilla-Ríos y otros, 1984), donde las raciones usadas teóricamente permitirían alcanzar aumentos diarios de 0,6 y 1,0 kg/nov./día y los resultados han sido inferiores a 0,1 y 0,5 kg. El no

CUADRO 3. Variaciones de P.V. de los novillos, según tipo de paja (con o sin NH₃), nivel de proteína (HP) y energía de las raciones (M)

TABLE 3. Steer L.W. variations, according to NH₃ levels in wheat straw and protein (HP) and energy (M) of the rations

Paja de trigo: Harina de pescado kg/nov./día: Maíz kg/nov./día: Tratamientos:	Amoníaco anhidro (NH ₃) 0º/o				Amoníaco anhidro (NH ₃) 1,5º/o				
	0,0	0,45	0,75	1,7	0,0	0,45	0,75	1,7	3,4
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Días de ensayo, Nº	104	104	104	104	104	104	104	104	104
Peso inicial, kg/nov.	254,7	257,5	255,0	254,8	255,7	263,7	250,0	254,1	254,4
Peso final, kg/nov.	283,4	330,1	346,7	333,4	296,2	339,7	341,0	331,0	363,9
Aumento peso, kg/ha	0,27	0,69	0,87	0,75	0,38	0,72	0,88	0,74	1,05

alcanzar los aumentos esperados podría deberse, entre otros aspectos, a déficit en la concentración proteica y/o tipo o fuente de suplemento proteico y/o fracción de nitrógeno no proteico de la ración. En los estudios antes indicados, los autores usaron afrecho de raps o harina de soya, suplementos que contienen proteínas más degradables en el rumen que la harina de pescado (CAB, 1980).

En raciones con elevada proporción de paja y ganancia de P.V. esperada inferior a 0,4 kg/nov./día, es más importante el suministro de proteína de baja degradabilidad ruminal, que de energía. Para ganancias de peso mayores a la indicada, adquiere importancia la suplementación energética.

CUADRO 4. Consumo diario de proteína cruda, fracción no proteica, y porcentaje de proteína y FDA en raciones basadas en paja con y sin NH₃

TABLE 4. Daily consumption of crude protein, non protein fraction, and percentage of protein and ADF in rations based on straw with and without NH₃

Paja de trigo: Harina de pescado kg/nov./día: Maíz kg/nov./día: Tratamiento:	Amoníaco anhidro (NH ₃) 0 ^o /o				Amoníaco anhidro (NH ₃) 1,5 ^o /o				
	0,45		0,75		0,45		0,75		
	0,0	1,7	3,4	1,7	0,0	1,7	3,4	1,7	3,4
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Consumo proteína total (kg/nov./día)	0,629	0,814	0,873	1,000	0,699	0,829	0,911	1,017	1,130
Fracción proteica (kg/nov./día)	0,495	0,641	0,755	0,840	0,509	0,648	0,763	0,849	0,978
Porcentaje fracción no proteica (0/o)	28,5	21,3	13,6	16,0	27,2	21,9	16,3	16,6	13,5
Porcentaje PT de la ración	14,3	12,5	11,8	15,3	13,7	12,5	12,0	15,0	14,0
Porcentaje FDA de la ración	46,1	34,9	25,4	32,4	43,4	32,1	24,0	30,3	23,8

El nitrógeno no proteico (N.N.P.) tiene una baja eficiencia de utilización, lo que se ha observado en diversos estudios que utilizaron urea (Smith, Broster y Hill, 1980; Klee y Vidal, 1986; Ruiz y otros, 1980). En nuestro experimento, la fracción de N.N.P. consumida varió entre 13,5 y 28,5^o/o de la P.T. de la ración (Cuadro 4).

No se encontró interacción significativa ($P \geq 0,05$) entre los niveles de amoníaco en la paja y los de suplementación energética.

Los aumentos de P.V., según los niveles de suplementación energética, difirieron significativamente ($P \leq 0,01$; Cuadro 5). Estos se incrementaron linealmente ($y = 0,36 + 0,162x$; $r^2 = 0,95$), a medida que aumentó el suministro de energía. El mayor incremento de P.V. podría explicarse con los conceptos de Orskov (1986), quien sostiene que la utilización de la proteína dietaria por los microorganismos ruminales, mejoraría al incrementarse el consumo de energía del animal.

CUADRO 5. Variaciones de P.V. de los novillos con tres niveles de suplementación energética y nivel medio de proteína

TABLE 5. Steers' L.W. variations with three levels of energy supplementation and 0,45 kg/steer/day of protein

Maíz kg/nov./día: Harina de pescado kg/nov./día:	0	1,7	3,4
	0,45		
Aumento peso, kg/nov./día ¹	0,32 a	0,70 b	0,88 c

¹ Cifras con distinta letra difieren estadísticamente ($P \leq 0,01$) según prueba de Duncan.

Al corregir los P.V. de los novillos por llenado, se obtiene una disminución de estos pesos, que fluctúa entre 13,0 y 23,2^o/o (Cuadro 6), para raciones que contenían 47,5 y 86,8^o/o de paja, respectivamente (Cuadro 7).

CUADRO 6. P.V. corregidos por llenado (PVC) y balance energético y proteico de las raciones basadas en paja de trigo, sin tratar y tratada con 1,50/o NH₃

TABLE 6. L.W. corrected by fill (PVC) and energy and protein balance of the rations based on wheat straw with and without NH₃ treatment

Paja de trigo:	Amoníaco anhidro (NH ₃) 00/o				Amoníaco anhidro (NH ₃) 1,50/o				
	0,45		0,75		0,45		0,75		
Harina de pescado kg/nov./día:	0,0	1,7	3,4	1,7	0,0	1,7	3,4	1,7	3,4
Maíz kg/nov./día:	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
P.V. corregido por llenado, kg/nov.	211	248	260	253	218	251	260	256	279
Aumento de peso corregido, kg/nov./día	0,12	0,40	0,71	0,50	0,24	0,59	0,67	0,46	0,75
Porcentaje de llenado	23,2	19,3	15,3	16,7	22,0	18,0	14,4	15,7	13,0
Consumo P.C., g/nov./día	692	814	873	1000	699	829	911	1017	1130
Consumo N.D.T. kg/nov./día	2,3	3,7	4,7	3,8	2,6	3,9	4,9	4,1	5,3
Requerimientos P.C. (NRC), g/nov./día	547	665	717	678	575	689	717	678	740
Requerimiento N.D.T. (NRC), kg/nov./día	2,3	3,5	4,2	3,7	2,6	3,9	4,2	3,8	4,5
P.C. extra a suministrar, 0/o	26,5	22,4	21,7	47,4	21,5	20,3	27,0	50,0	52,7
N.D.T. extra a suministrar, 0/o	0	5,7	11,9	3,0	0	0	16,6	7,8	17,7

N.D.T.: nutrientes digestibles totales

P.C.: proteína cruda

CUADRO 7. Consumo diario de alimentos y proporciones de paja en la ración

TABLE 7. Daily consumption of feed and proportions of straw in the ration

Paja de trigo:	+ 00/o NH ₃				+ 1,50/o NH ₃				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Paja de trigo kg/nov./día	4,2	4,2	3,4	3,9	4,6	4,4	3,6	4,2	3,8
Maíz grano kg/nov./día	0,0	1,7	3,4	1,7	0,0	1,7	3,4	1,7	3,4
Harina de pescado kg/nov./día	0,45	0,45	0,45	0,75	0,45	0,45	0,45	0,75	0,75
Sales minerales kg/nov./día	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Urea	0,070	0,062	0,042	0,057	—	—	—	—	—
Consumo total de m.s. kg/nov./día	4,84	6,53	7,41	6,53	5,17	6,67	7,57	6,77	8,07
Porcentaje de paja en la ración	86,8	64,3	45,9	59,7	89,0	66,0	47,6	62,0	47,5

Consumo de alimentos

El consumo diario de paja fue 9, 5 y 60/o superior en los novillos alimentados con P-NH₃, cuando se suplementaron con el nivel medio de harina de pescado y con 0,0; 1,7 y 3,4 kg de maíz, respectivamente. Cuando se suministró el nivel alto de harina de pescado (0,75 kg/nov./día) y 1,7 kg/nov./día de maíz, el consumo de P-NH₃ fue un 80/o superior (Cuadro 7).

Varios factores pueden haber influenciado la diferencia de consumo entre P y P-NH₃. Se cita el efecto del amoníaco, al quebrar enlaces lignina-hemicelulosa; solubilización de la hemicelulosa, alcanzándose una

mayor cantidad de sustrato para la flora ruminal (Saeneger y otros, 1983); aumento de la digestibilidad de la paja y, como consecuencia, de su consumo (Howell, 1986). En la paja sin tratar, el buen nivel de consumo se puede atribuir a la suplementación proteica. Algunos autores señalan que un aumento de la proteína en la ración, induce el incremento del consumo voluntario de paja (Andrews y otros, 1972; Lyons, Caffrey y O'Connell, 1970).

Pudo esperarse una mayor diferencia de consumo entre P y P-NH₃; sin embargo, existirían factores que podrían explicar la similitud de consumo obtenida.

Se cita que la adición de grano de maíz molido, en proporción cercana al 50% de la ración, puede modificar el pH ruminal, afectando de alguna forma la acción microbiana sobre la digestión de la fibra (Orskov, 1986). Este proceso pudiera haber influido en enmascarar el efecto del amoníaco.

El consumo total de m.s. con el nivel medio de proteína (0,45 kg/nov./día), tuvo una tendencia clara a aumentar a medida que se incrementó el suministro de maíz. Con el nivel alto de proteína y medio de energía (1,7 kg de M/nov./día), tendió a bajar (Cuadro 7).

Para el nivel medio de suplementación proteica (0,45 kg/nov./día), el incremento de suministro energético produjo una baja del consumo de paja, pudiendo explicarse, entre otros factores, por una disminución de la digestibilidad de la F.D.A. de la ración (Cuadro 8) y/o por alcanzar los novillos su capacidad de consumo total de m.s., en estas raciones.

Para alcanzar las ganancias diarias de P.V. obtenidas con las raciones de nivel medio de suplementación proteica (0,45 kg/nov./día) y con una proporción de paja en la ración que fluctuó entre 45 y 89%, se requirió entre un 7 y un 10% más de P.C. que los requerimientos dados por NRC (1978). Con los pesos vivos corregidos por llenado, para las raciones señaladas, los requerimientos de P.C. aumentaron a valores de 20 a 27% mayores que los señalados por tablas NRC (Cuadro 6).

Se observó que para las ganancias de peso obtenidas, el consumo de nutrientes digestivos totales (N.D.T.) de los novillos, en general, no satisfizo los requerimientos indicados en las tablas del NRC (1978). Se estima que este desajuste energético teórico, se debe a una posible sobreestimación de los aumentos de P.V., por efecto de llenado. Por ello, se realizó el balance

por P.V. corregido: se encontró que para obtener las ganancias de P.V. en P y P-NH₃, con 0,45 kg de HP/nov./día y niveles bajo y medio de suministro de maíz, en raciones con 25 y 46% de F.D.A., el requerimiento de N.D.T. de los novillos fue similar a lo recomendado por las tablas; cuando su suministro 3,4 kg de M/nov./día se requirió un 11,9 a 16,6% más de N.D.T. que los valores de las tablas (Cuadro 6).

Las raciones homólogas de P y P-NH₃ resultaron isonitrogenadas, tal como se calculó. La proteína total consumida en las raciones con P fue similar a la consumida en los tratamientos respectivos con P-NH₃ (Ej.: tratamientos IV y VIII con 1000 y 1017 g de PC respectivamente) (Cuadro 4).

La concentración proteica de las raciones, para 0,45 kg de HP/nov./día y 25 a 46% de F.D.A. en la ración, varió de 11,8 a 14,3% de P.C., en los niveles energéticos alto (3,4 kg/nov.) y bajo (0,0 kg/nov.), respectivamente. Con el nivel alto de suplemento proteico y el rango de F.D.A. citado, la proteína de la ración fluctuó entre 14,0 y 15,3% de P.C., en los niveles alto y medio de suministro de maíz, respectivamente (Cuadro 4).

La fracción de N.N.P. varió de 13,6 a 28,5% de la P.T., con el nivel medio de suplementación proteica, y de 13,5 a 16,6%, con el nivel alto de proteína suplementaria (0,75 kg HP/nov.), disminuyendo esta fracción en ambos niveles de proteína, cuando se incrementó el suministro de maíz. No se aprecian diferencias claras de concentración proteica entre raciones con P y con P-NH₃. La menor participación de N.N.P., asociado a una proteína dietaria de mejor calidad, explicaría en buena medida los mejores aumentos de peso vivo en relación a otros estudios (Ruiz, Klee y Fuentes, 1980; Klee y Vidal, 1986; Klee y Murillo, 1987; Alawa y otros, 1986).

CUADRO 8. Digestibilidad (%) *in vivo* de materia seca (D.M.S.), proteína cruda (D.P.C.) y fibra detergente ácido (D.F.D.A.), de las raciones estudiadas

TABLE 8. *In vivo* digestibility (%) of dry matter (D.M.S.), crude protein (D.P.C.) and acid detergent fibre (D.F.D.A.) of the rations under study

Paja de trigo: Harina de pescado kg/nov./día: Maíz kg/nov./día:	Amoníaco anhidro 0%o				Amoníaco anhidro 1,5%o			
	0,0	1,7	3,4	0,75	1,7	0,0	1,7	3,4
D.M.S.	56,6	58,7	54,7	59,3	59,2	63,2	64,1	
D.P.C.	52,6	52,6	36,7	60,1	57,0	60,0	55,2	
D.F.D.A.	53,5	47,5	41,8	49,0	59,3	56,9	53,9	

Composición química de alimentos (Cuadro 9)

La m.s. de P fue superior ($P \leq 0,05$) a la m.s. de la P-NH₃. En P-NH₃ aumentó significativamente ($P \leq 0,05$) el contenido de P.T. ($N \times 6,25$) respecto de P, representando esto un 117% de cambio, cifra que es inferior a lo determinado por Klee y Murillo (1989), usando paja de trigo tratada con similar concentración de amoníaco anhidro. La retención de N en P-NH₃ alcanzó a 52,1%, valor inferior a lo encontrado en el estudio recién citado, que determinó un 70,5% de retención de N. Las pérdidas de amoníaco sobrante del tratamiento, se destacan como inconvenientes del método, problema que debería abordarse para mejorarlo; así, diferentes estudios han tenido pérdidas de un 60% del N aplicado (Sundstol y otros, 1978) y de 29,5; 54,8 y 76,2%, para concentraciones de 1,5; 3,0 y 6,0% de amoníaco, respectivamente (Klee y Murillo, 1989).

CUADRO 9. Composición química y digestibilidad *in vitro* de la paja de trigo sin tratar y tratada con amoníaco anhidro (%o)

TABLE 9. Chemical composition and *in vitro* digestibility of wheat straw with and without anhydrous ammonia treatment (%o)

Tratamiento:	+0%o NH ₃	+1,5%o NH ₃	Prob.
Materia seca	89,2	87,9	$\leq 0,05$
Proteína total	3,4	7,4	$\leq 0,05$
F.D.A.	52,6	47,7	$\leq 0,05$
F.D.N.	76,8	76,6	N.S.
Hemicelulosa	28,8	24,2	$\leq 0,01$
Lignina	6,4	6,1	N.S.
D.I.V.M.S.	47,0	54,3	$\leq 0,05$

Prob.: probabilidad estadística.

La fibra detergente ácido (F.D.A.) disminuyó significativamente ($P \leq 0,05$) en 9,3%, al tratar la paja con 1,5% de NH₃, a diferencia de lo encontrado por Klee y Vidal (1986), Nelson, Rush y Klopfenstein (1985) y Klee y Murillo (1989), quienes no obtuvieron diferencias significativas ($P \geq 0,01$) entre las pajas control y las tratadas con 3,0; 4,0 y 1,5% de amoníaco anhidro, respectivamente.

La lignina no difirió significativamente ($P \geq 0,05$) entre P y P-NH₃, antecedente similar a lo indicado por Chesson (1986).

La hemicelulosa decreció significativamente ($P \leq 0,01$) un 15,9%; pasando de 28,8% en P a 24,2% en P-NH₃. Su solubilización, por el tratamiento con amoníaco anhidro, aumenta el sustrato utilizable por los microorganismos ruminales y con ello la digestibilidad de la paja, descrito por Streeter y Horn (1984).

Digestibilidad de las raciones

La digestibilidad *in vitro* de la m.s. (D.I.V.M.S.) de las pajas difirió significativamente ($P \leq 0,05$), siendo P-NH₃ superior en 7,3 unidades porcentuales en relación a la P, cifra que representa un 15,5% de aumento (Cuadro 9). Este porcentaje es inferior al informado por Klee y Murillo (1989), usando similar concentración de amoníaco, quienes obtuvieron un 33,2% de cambio. La tendencia es similar a lo observado en otros estudios, donde se usó paja de trigo con diferentes concentraciones de amoníaco (Klee y Vidal, 1986; Nelson y otros, 1985; Sundstol y otros, 1978; Males, 1987; Herrera-Saldana, Church y Kellems, 1983).

Las digestibilidades *in vivo* de la m.s., P.C. y F.D.A. de las raciones que incluían P-NH₃, fueron significativamente superiores ($P \leq 0,05$) a las raciones basadas en P, con incrementos de 9,7; 22,2 y 19,4% para m.s.; P.C. y F.D.A., respectivamente (Cuadro 10). Estos resultados explicarían, en parte, los mejores aumentos de P.V. y consumo de paja en los tratamientos con P-NH₃.

Al incrementar la proteína desde el nivel medio de suplementación (0,45 kg/nov./día) al nivel alto (0,75 kg/nov./día), la digestibilidad de la m.s. aumenta significativamente ($P \leq 0,05$) y las digestibilidades de la P.C. y F.D.A. no difieren ($P \geq 0,05$).

La digestibilidad de la m.s., no difirió significativamente ($P \geq 0,05$) con los niveles de energía estudiados (Cuadro 11).

La digestibilidad de la proteína, con el mayor suministro de energía, fue significativamente inferior ($P \leq 0,01$) a las raciones que no incluían maíz o lo hacían en un nivel medio (1,7 kg/nov./día). También, se observa (Cuadro 11) que, a medida que se incrementa la

CUADRO 10. Digestibilidad *in vivo* de: materia seca (D.M.S.), proteína cruda (D.P.C.) y fibra detergente ácido (D.F.D.A.), de las raciones basadas en paja de trigo tratada y sin tratar con NH₃

TABLE 10. *In vivo* digestibility of dry matter (D.M.S.), crude protein (D.P.C.) and acid detergent fibre (D.F.D.A.) of the rations based on wheat straw, with and without NH₃ treatment

Tratamientos:	+0%o NH ₃	+1,5%o NH ₃
D.M.S.	56,7 a	62,2 b
D.P.C.	47,3 a	57,8 b
D.F.D.A.	47,5 a	56,7 b

* Valores con letras diferentes en las filas, difieren según prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

CUADRO 11. Digestibilidad *in vivo* (‰) de la materia seca (D.M.S.), proteína cruda (D.P.C.) y fibra detergente ácido (D.F.D.A.), de las raciones con diferente suplementación energética, al nivel de 0,45 kg de H.P./día/nov.

TABLE 11. *In vivo* digestibility (‰) of dry matter (D.M.S.), crude protein (D.P.C.) and acid detergent fibre (D.F.D.A.), of the rations with different energy supplementation, and 0,45 kg of fish meal/steer/day

Maíz kg/nov./día:	0,0	1,7	3,4	P	Ecuación de regresión ¹
D.M.S.	57,9 a	60,9 a	59,3 a	≤ 0,05	N.S.
D.P.C.	54,8 a	56,8 a	45,9 b	≤ 0,01	$\hat{y} = 55,2 - 0,47x; r^2 = 0,75$
D.F.D.A.	56,4 a	52,1 b	47,8 c	≤ 0,01	$\hat{y} = 56,4 - 2,52x; r^2 = 1,00$

¹x: Dosis de maíz (kg)

\hat{y} : Digestibilidad *in vivo* (‰)

suplementación energética, disminuye significativamente ($P \leq 0,01$) la digestibilidad de la F.D.A. Los resultados coinciden con los obtenidos por Orskov (1986), en el sentido que un aumento de energía en la ración, interfiere en la digestión de la fibra.

RESUMEN

En la Estación Experimental Quilmapu (INIA), Chillán, durante 104 días de la época invernal, se evaluó con 63 novillos Holando europeo x Holando americano, de 255 kg peso vivo (P.V.), el mejoramiento del valor nutritivo de la paja de trigo tratada con 1,5‰ de amoníaco anhidro (P-NH₃), usando el método noruego, comparada con la paja de trigo sin tratar (P). Basadas en P y P-NH₃, se estudió las siguientes raciones:

- I. Paja sin tratar + 0,45 kg harina de pescado + urea
- II. Paja sin tratar + 0,45 kg harina de pescado + 1,7 kg maíz + urea
- III. Paja sin tratar + 0,45 kg harina de pescado + 3,4 kg maíz + urea
- IV. Paja sin tratar + 0,75 kg harina de pescado + 1,7 kg maíz + urea
- V. Paja tratada con 1,5‰ NH₃ + 0,45 kg harina de pescado
- VI. Paja tratada con 1,5‰ NH₃ + 0,45 kg harina de pescado + 1,7 kg maíz
- VII. Paja tratada con 1,5‰ NH₃ + 0,45 kg harina de pescado + 3,4 kg maíz

VIII. Paja tratada con 1,5‰ NH₃ + 0,75 kg harina de pescado + 1,7 kg maíz

IX. Paja tratada con 1,5‰ NH₃ + 0,75 kg harina de pescado + 3,4 kg maíz

Las raciones que incluían maíz, fueron calculadas para ganancias de 0,6 a 0,7 kg/nov./día. Los tratamientos con P recibieron urea, para compensar el N de los con P-NH₃. El diseño fue de bloques al azar, con 7 repeticiones.

No se encontró diferencias ($P \geq 0,05$) en los aumentos de P.V., entre raciones con P y P-NH₃ ni debido a niveles de harina de pescado. Para las ganancias de P.V. obtenidas, se requirió de raciones con 7 a 10‰ más proteína total (P.T.), según nivel de fibra detergente ácido (F.D.A.) (25 a 46‰), que lo recomendado por el NRC. El tratamiento de la paja mejoró ($P \leq 0,05$) la P.T. (N x 6,25), digestibilidad *in vitro* de la m.s. y consumo de paja. Disminuyeron ($P \leq 0,05$) la hemicelulosa y la F.D.A. La lignina y fibra detergente neutro no se afectaron ($P \geq 0,05$). Las raciones con P-NH₃ presentaron mejor ($P \leq 0,05$) digestibilidad *in vivo* de la m.s., P.T. y F.D.A.

LITERATURA CITADA

- ALAWA, J.P., FISHWICK, G., PARKINS, J.I., and HEMINGWAY, R.G. 1986. Influence of energy source and dietary protein degradability on the voluntary intake and digestibility of barley straw by pregnant beef cows. *Animal Production* 43 (2): 201–209.
- ANDREWS, R.P., ESCUDER–VOLONTE, J., CURRAN, M. K., and HOLMES, W. 1972. The influence of supplements of energy and protein on the intake and performance of cattle fed on cereal straws. *Animal Production* 15 (2): 167–176.
- CAB–Commonwealth Agricultural Bureaux. 1980. The nutrient requirements of ruminant livestock. Ruminants, Cap. III y IV.
- CHESSON, A. 1986. The evaluation of dietary fibre. Feedingstuffs Evaluation and Experimental Development Services in association with the Rowett Research Institute. Feeds Symposium, October 1985, Aberdeen.
- HERRERA–SALDANA R., CHURCH, D.C., and KELLEMS, R. 1983. Effect of ammoniation treatment of wheat straw on *in vitro* and *in vivo* digestibility. *J. Animal Science* 56 (4): 938–942.
- HOWELL, F.D. DEK. 1986. Roughage digestion and intake by ruminants. Feedingstuffs Evaluation and Experimental Development Services in association with the Rowett Research Institute. Feeds Symposium, October, 1985, Aberdeen.
- JAHN, E. and CHANDLER, P.T. 1976. Performance and nutrient requirements of calves fed varying percentages of protein and fiber. *J. Animal Science* 42 (3): 376–744.
- KLEE G., GERMAN y VIDAL, AGUSTIN. 1986. Efectos del tratamiento con amoníaco anhidro de la paja de trigo en los aumentos de peso y consumo de novillos holandeses. *Agricultura Técnica (Chile)* 46 (1): 3–8.
- KLEE G., GERMAN y MURILLO Q., ISABEL. 1989. Efecto de diferentes concentraciones de amoníaco anhidro en el tratamiento de paja de trigo y de la suplementación proteica y energética en raciones de novillos Holandeses. *Agricultura Técnica (Chile)* 49 (1): 1–8.
- LYONS, T., CAFFREY, P.J., and O'CONNELL, W.J. 1970. The effect of energy, protein and vitamin supplementation on the performance and voluntary intake of barley straw by cattle. *Animal Production* 12 (2): 323–334.
- MALES, J.R., McREYNOLDS, W.E., GASKINS, C.T., and PRESTON, R.L. 1982. Supplementation of wheat straw diets to optimize performance of wintering beef cows. *J. Animal Science* 54 (2): 384–390.
- MALES, J.R. 1987. Optimizing the utilization of cereal crop residues for beef cattle. *J. Animal Science* 65 (4): 1124–1130.
- NELSON, L.M., RUSH, G.I., and KLOPFENSTEIN, T. 1985. Protein supplementation of ammoniated roughages. II. Wheat straw supplemented with alfalfa, blood meal or soybean meal fed to wintering steers. *J. Animal Sci.* Vol. 61 (1): 245–251.
- NRC–National Research Council. 1978. Nutrient requirements of dairy cattle. Fifth revised edition. National Academy of Sciences, Washington D.C.
- ORSKOV, R.E. 1986. Evaluation of protein for ruminants. Feedingstuffs Evaluation and Experimental Development Services in association with the Rowett Research Institute. Feeds Symposium, October 1985, Aberdeen.
- RUIZ N., IGNACIO, KLEE G., GERMAN y FUENTES V., ROLANDO. 1980. Engorda de novillos con raciones basadas en altos niveles de melaza de remolacha azucarera. *Agricultura Técnica (Chile)* 40 (3): 89–94.
- RUIZ N., IGNACIO, JAHN B., ERNESTO, KLEE G., GERMAN y MILLAS A., PABLO. 1983. Efecto de la suplementación proteica en alimentación de novillos con altos niveles de melaza. *Agricultura Técnica (Chile)* 43 (4): 337–343.
- SAENEGER, P.F., LEMENAGER, R.P., and HENDRIX, K. S. 1983. Effects of anhydrous ammonia treatment of wheat straw upon *in vitro* digestion, performance and intake by beef cattle. *J. Animal Science* 56 (1): 15–20.
- SMITH, B.T., BROSTER, V.J., and HILL, R.E. 1980. A comparison of sources of supplementary nitrogen for young cattle receiving fibre–rich diets. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 93 (3): 687–695.
- STREETER, C.L. and HORN, G.W. 1984. Effect of high moisture and dry ammoniation of wheat straw on its feeding value for lambs. *J. Animal Science* 59 (3): 559–566.
- SUNDSTOL, F., COXWORT, E. y MOWAT, D.N. 1978. Mejora del valor nutritivo de la paja mediante tratamiento con amoníaco. *World Anim. Rev.* 26: 13–21.
- TILLEY, J.M. and TERRY, R.A. 1963. Two stage techniques for the *in vitro* digestion of forage crops. *J. Brit. Grass. Soc.* 18: 104–111.
- VAN SOEST, P.J. and WINE, R.H. 1968. Determination of lignin and cellulose in acid–detergent fiber with permanganate. *J. Assoc. Anal. Chem.* 51: 780–785.
- ZORRILLA–RIOS, J., HORN, G.V., PHILLIPS, W.A., and HIBBERD, C.A. 1984. Nutritive value of ammoniated wheat straw for ruminants. *Can. J. Animal Science* 64 (Suppl.): 158–159.