

INVESTIGACIONES

EFFECTO DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE AMONIACO ANHIDRO EN EL TRATAMIENTO DE PAJA DE TRIGO Y DE LA SUPLEMENTACION PROTEICA Y ENERGETICA EN RACIONES DE NOVILLOS HOLANDESES¹

Effect of treating wheat straw with anhydrous ammonia at different concentrations and of protein and energy supplementation on Holstein steers' rations

Germán Klee G.² e Isabel Murillo Q.³

SUMMARY

Eighty European x American Holstein steers (257 kg L.W.) were used in a 66 days winter feeding trial, to evaluate the effect of treating wheat straw with anhydrous ammonia (NH₃), at 0, 1.5, 3.0, and 6.0% by fresh weight, using the "Norwegian" method, at the Quilamapu Exp. Sta. (INIA, Chillán, Chile). The first 3 levels of NH₃, were supplemented for weight gains (W.G.) of 0.3 (A), 0.8 (B), and 0.8 (C) kg/steer/day. The 6% NH₃ level was supplemented only for 0.8 (C) W.G. (ration with 11.4% more crude protein and 9.7% more TDN than B). These combinations comprised a total of 10 treatments. The design was complete randomized blocks.

W.G. were higher ($P \leq 0.05$) for steers receiving NH₃ treated straw. Highest W.G. ($P \leq 0.05$) were obtained with supplement B. The NH₃ treatments increased significantly ($P \leq 0.05$) crude protein (N x 6.25), *in vitro* D.M. digestibility, and intake. Hemicelluloses and neutral detergent fibre decreased linearly ($P \leq 0.05$) with increased NH₃ level. There was a trend for a decrease in acid detergent fibre and lignin (non significant) with the increase in NH₃ level.

Adding urea at feeding time to non treated straw did not produce the same effect as the NH₃ treatment. W.G. were lower than expected; protein and energy requirements must be adjusted when NH₃ treated straw is used in a high proportion. NH₃ at 1.5% gave satisfactory results, compared to higher concentrations; this would maintain a low straw treatment cost.

INTRODUCCION

De los productos químicos que se estudian para mejorar el valor nutritivo de las pajas, sobresale el tratamiento con amoníaco anhidro. Se cita como buena alternativa, por ser un método menos engorroso que otros, no ocasionar efectos de contaminación, aportar nitrógeno y tener una eficacia similar al hidróxido de sodio.

En Europa, se recomienda concentraciones de amoníaco anhidro que varían de 3 a menos de 6%, cantidades que para las condiciones de nuestro país, resultan de elevado valor económico. Este aspecto, entre otros, hace necesario evaluar el efecto de concentraciones menores a las comúnmente usadas, que permitan disminuir los costos del tratamiento, y también iniciar estudios sobre la suplementación energética y proteica que se requiere, cuando se usa dichos forrajes toscos, como principal alimento.

MATERIALES Y METODOS

El ensayo se realizó en la Estación Experimental Quilamapu (INIA, Chillán), durante 66 días, comprendidos entre el 31 de junio y 4 de septiembre de 1986.

¹ Recepción de originales: 10 de septiembre de 1987.

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

³ Barros Arana 175, Reñaca, Chile.

Se emplearon 80 novillos mestizos (Holando europeo x Holando americano) de 257 kg de peso vivo (P.V. inicial promedio). Se formaron 10 grupos homogéneos, según P.V. Cada grupo, de 8 novillos, fue alimentado con las raciones indicadas en el Cuadro 1, basadas en paja de trigo tratada con diferentes concentraciones de amoníaco anhídrido.

Con cada tratamiento de la paja, se probaron raciones que proporcionaban teóricamente nutrientes necesarios (NRC, 1978) para obtener ganancias diarias de P.V. de 300 a 350 g (nivel A) y 800 g/nov. (nivel B). También, se incluyó un nivel C, de raciones que pretendían asegurar una ganancia diaria de 800 g/nov. y contenían 11,4% más proteína y 9,7% más energía que la B. Con el tratamiento con 6% NH₃, que se utilizó como una observación extrema de concentración de NH₃, se usó la ración de nivel C. Para formular estas raciones, se utilizaron 2 tipos de concentrado (Cuadro 1).

El concentrado fue suministrado diariamente en la mañana. Una vez consumido, se suministraba la paja, a libre disposición. Los animales de los tratamientos de paja sin tratar, se suplementaron con 70 g/día de urea, mezclada con el concentrado, para compensar el nitrógeno no proteico que recibían los tratamientos con paja tratada.

La paja de trigo (Onda-INIA) se trató por el método Noruego o de pilas (Sundstol, Coxwort y Mowat, 1978). El amoníaco se aplicó usando cilindros de 25 y 50 kg del producto, mediante mangueras plásticas ubicadas a la altura de la tercera corrida de fardos y equidistantes aproximadamente 1 m del centro de la pila. Los cilindros de amoníaco demoraron entre 3 y 5,5 días en vaciar el gas; luego se selló la manguera de entrada, de modo de mantener herméticas las pilas. El experimento con los animales se realizó 13 semanas después de aplicado el NH₃.

Los fardos de paja fueron sacados de las pilas en cantidad suficiente para 3 ó 4 días de racionamiento, dejándolos airear un tiempo superior a 24 hr, con el objeto que el NH₃ sobrante se volatizara, para evitar disminución en el consumo y molestias al personal.

Los novillos fueron sometidos al programa de manejo sanitario de la Estación Experimental, que contempla vacunaciones y tratamientos antiparasitarios. Además, fueron dosificados con 2,5 cc de vitaminas inyectables, transcurridos 15 días de ensayo, que proporcionaron 1.250.000 U.I. de vitamina A, 187.000 U.I. de vitamina D y 125 mg de vitamina E. Se usaron corrales con piso de tierra y comederos de madera y concreto, techados, con acceso permanente a agua de bebida.

CUADRO 1. Raciones basadas en paja de trigo tratada con tres niveles (0/o) de NH₃ + concentrados, evaluadas con novillos

TABLE 1. Rations based on wheat straw treated with different levels of NH₃ + concentrates, evaluated with steers

Tratamientos	Raciones Diarias (kg/nov.)	
	Nivel ¹	Ingredientes ²
I	A	Paja sin tratar + 1,1 kg C ₁ + 70 g urea
II	B	Paja sin tratar + 1,1 kg C ₂ + 70 g urea
III	C	Paja sin tratar + 1,8 kg C ₁ + 70 g urea
IV	A	Paja tratada con 1,5% de NH ₃ + 1,1 kg C ₁
V	B	Paja tratada con 1,5% de NH ₃ + 1,1 kg C ₂
VI	C	Paja tratada con 1,5% de NH ₃ + 1,8 kg C ₁
VII	A	Paja tratada con 3,0% de NH ₃ + 1,1 kg C ₁
VIII	B	Paja tratada con 3,0% de NH ₃ + 1,1 kg C ₂
IX	C	Paja tratada con 3,0% de NH ₃ + 1,8 kg C ₁
X	C	Paja tratada con 6,0% de NH ₃ + 1,8 kg C ₁

¹ Ganancias esperadas: A: 300–350 g/día/nov.; B: 800 g/día/nov.; C: 800 g/día/nov.

² Concentrados: C₁ (19,8% proteína total): trigo granza 42,5%, maíz 22%, afrecho de raps 31%, harina de pescado 2%, harina de huesos 1%, mezcla mineral 1,5%; C₂ (32,3% proteína total): trigo granza 31,5%, maíz 10%, afrecho de raps 32%, harina de pescado 24%, harina de huesos 1%, mezcla mineral 1,5%.

Se controló: cada 4 semanas, las variaciones de P.V., previo destare de 14 hr; diariamente, el suministro de alimentos por grupos de 8 novillos; dos veces por semana, el rechazo de alimentos (aceptando un 100/o de rechazo en la paja de trigo); composición química de alimentos, cada 15 días, para determinar m.s., proteína total (N x 6,25), cenizas (AOAC, 1970; Becker, 1961), digestibilidad *in vitro* (Tilley y Terry, 1963; Van Soest, Wine y Moore, 1966), fibra detergente ácido (FDA), fibra detergente neutro (FDN) y lignina (Van Soest y Wine, 1968); TND de las raciones, estimados a partir de los resultados de FDA (Ernesto Jahn, Estación Experimental Quilamapu—INIA, comunicación personal).

Los resultados de P.V. fueron analizados como bloques completos al azar, en arreglo factorial 3 x 3 (0; 1,5 y 3,0/o NH₃ x raciones A, B y C) y prueba de Duncan. Además, las variaciones de P.V. en los 4 tratamientos de NH₃ (0; 1,5; 3,0 y 6,0/o NH₃) para las raciones de nivel C, se analizaron mediante regresiones. Los resultados de proteína total, lignina, hemicelulosa, digestibilidad *in vitro* de la m.s., FDA, FDN y cenizas de los alimentos, también se analizaron como bloques completos al azar.

RESULTADOS Y DISCUSION

Tratamientos de la paja y respuesta animal

Los animales alimentados con raciones que incluían paja tratada con amoníaco anhidro, alcanzaron aumentos diarios de P.V. superiores ($P \leq 0,05$) que los racionados con paja sin tratar (Cuadro 2). Las ganancias de P.V. de los tratamientos 1,5 y 3/o de NH₃ fueron similares ($P \geq 0,05$). Las raciones calculadas para ganar 800 g/nov./día (nivel B) fueron las que presentaron las mejores ganancias de P.V. ($P \leq 0,05$) (cuadros 3 y 4). No se encontró interacción entre las concentraciones de amoníaco usadas en el tratamiento de la paja y los niveles A, B y C de las raciones. Los

incrementos diarios de P.V. obtenidos con las raciones de nivel C y con paja tratada con 0; 1,5; 3,0 y 6/o de NH₃, presentaron una clara tendencia a mejorar ($P \leq 0,05$), a medida que se incrementó la concentración de NH₃ (Cuadro 4).

CUADRO 3. Variaciones de P.V. como respuesta a niveles de energía-proteína en la ración de novillos, con paja de trigo

TABLE 3. Liveweight variations as a response to different levels of energy-protein in rations for steers, with wheat straw

	Niveles de energía-proteína ¹		
	A	B	C
Aumento de peso, kg/día ¹	0,16 b	0,47 a	0,13 b

Cifras con distinta letra difieren estadísticamente ($P \leq 0,05$), según prueba de Duncan.

¹ Ganancias esperadas: A: 300–350 g/nov./día; B: 800 g/nov./día; C: 800 g/nov./día.

Consumo de alimentos

Los novillos de los tratamientos que incluían paja de trigo tratada consumieron, en promedio, un 30/o más paja que aquellos alimentados con paja sin tratar. Este valor es 8,5 unidades porcentuales mayor al encontrado por Klee y Vidal (1986). Se observó un notable incremento en el consumo de paja, al tratar el forraje con 1,5/o de amoníaco en comparación con el testigo; luego, el incremento del consumo no fue tan destacable, al aumentar las concentraciones de amoníaco (Cuadro 5).

El mayor consumo de paja tratada se atribuye a una mejora en la digestibilidad del forraje (Cuadro 6), lo que incrementa la velocidad de paso del alimento por el rumen (Saenger, Lemenager y Hendrix, 1983). El posible efecto del amoníaco de la paja, es romper algunas uniones entre lignina y hemicelulosa (Klopfenstein, 1978), rol que no cumpliría la urea, cuando se

CUADRO 2. Variaciones de P.V. como respuesta a niveles de amoníaco en el tratamiento de paja de trigo

TABLE 2. L.W. variations, as a response to the treatment of wheat straw with different levels of NH₃

	Niveles de NH ₃ (o/o)		
	0	1,5	3
Días ensayo, N°	66	66	66
Peso vivo inicial, kg	254,6	255,5	256,6
Peso vivo final, kg	265,8	274,3	276,0
Aumento de peso, kg/día	0,169 b	0,279 a	0,293 a

Cifras con distinta letra difieren estadísticamente ($P \leq 0,05$), según prueba de Duncan.

CUADRO 4. Variaciones de P.V. de los novillos, según niveles de NH₃ en la paja de trigo y energía–proteína en la ración

TABLE 4. Steers' L.W. variations, according to NH₃ levels in the wheat straw and energy–protein levels in the ration

Niveles NH ₃ (‰):	0			1,5			3			6
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	C
Días ensayo	66			66			66			
Peso inicial, kg	256,5	256,8	250,7	256,6	255,4	254,6	256,5	256,6	256,8	262,8
Peso final, kg	262,2	284,1	251,0	269,7	289,6	265,7	268,1	289,4	270,5	279,6
Aumento de peso, kg/día	0,087	0,413	0,004	0,201	0,518	0,169	0,176	0,496	0,206	0,254

Ganancias esperadas: A: 300–350 g/nov./día; B: 800 g/nov./día; C: 800 g/nov./día.

CUADRO 5. Consumo diario/nov., según nivel de NH₃ en la paja de trigo y nivel de proteína–energía en la ración

TABLE 5. Daily consumption/steer, according to level of NH₃ in the wheat straw and level of energy–protein in the ration

Niveles NH ₃ (‰):	0			1,5			3			6
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	C
Paja de trigo (kg m.s./nov.)	3,7*	4,0*	3,9*	4,6	5,3	5,2	5,0	5,8	5,0	5,1
Concentrado (kg m.s./nov.)	0,96	0,97	1,58	0,96	0,97	1,58	0,96	0,97	1,58	1,58
Total consumo alimentos (kg m.s./nov.)	4,66	4,97	5,48	5,56	6,27	6,78	5,96	6,77	6,58	6,68
Consumo de paja (‰ de la m.s. total)	79,4	80,5	71,2	82,7	84,5	76,7	84,0	85,7	76,0	76,3
Consumo m.s.d. paja/100 kg P.V.	0,5	0,6	0,6	0,9	1,0	0,9	1,0	1,0	1,1	1,0
Promedio consumo paja/100 kg P.V.		0,56			0,93			0,96		1,0

* Incluyó 70 g/novillo/día de urea.

Ganancias esperadas: A: 300–350 g/nov./día; B: 800 g/nov./día; C: 800 g/nov./día.

CUADRO 6. Composición química (‰ m.s.) y digestibilidad *in vitro* de la paja de trigo sin tratar y tratada con amoníaco

TABLE 6. Chemical composition (‰ D.M.) and *in vitro* digestibility of the wheat straw, treated and not treated with NH₃

	Tratamientos (NH ₃ ‰)				Ecuación de regresión (P ≤ 0,05)
	0	1,5	3	6	
Materia seca	84,42	83,68	84,08	83,02	N.S.*
Proteína total	3,04	8,46	10,00	10,36	$\text{Log } \hat{Y} = 0,917685 + 0,108833 \log (X + 0,0001) + 0,003278 (X + 0,0001)$ $r^2 = 0,917$
FDA	52,04	50,16	49,28	51,92	N.S.*
FDN	84,44	78,88	78,80	78,22	$\hat{Y} = 82,332 - 0,856 X$ $r^2 = 0,56$
Hemicelulosa	32,40	28,72	29,52	26,30	$\hat{Y} = 31,57 - 0,89 X$ $r^2 = 0,82$
Lignina	8,50	7,74	7,96	7,86	N.S.*
Cenizas	7,14	8,78	7,00	8,46	N.S.*
d.i.v.m.s.**	38,58	51,40	53,42	53,68	$\text{Log } \hat{Y} = 1,709299 + 0,030763 \log (X + 0,0001) - 0,000317 (X + 0,0001)$ $r^2 = 0,997$

*N.S.: no significativo.

**digestibilidad *in vitro* de la m.s.

usa como suplemento de pajas (Herrera—Saldana, Church y Kellems, 1983). La solubilización de la hemicelulosa proporciona un sustrato aprovechable para las bacterias ruminales, lo que puede explicar el mejoramiento de la digestibilidad de la m.s. (Saenger y otros, 1983). La adición de nitrógeno no proteico a las raciones, en la forma de urea, no produjo el mismo comportamiento en los animales que la adición en forma de amoníaco, lo que concuerda a lo anteriormente señalado por Herrera—Saldana y otros (1983).

La mejor eficiencia de conversión se obtuvo con las raciones B, en todos los tratamientos, lo que destaca la importancia de estudiar más los tipos de suplementos que se deben utilizar para complementar las raciones basadas en altos niveles de paja.

Los animales consumieron en promedio un 80% de paja del total de la ración y sólo el 20% restante corresponde a concentrados (Cuadro 5). Los altos niveles de FDA consumidos con este tipo de raciones (Cuadro 7), estarían determinando cambios en las necesidades nutricionales que difieren de las indicadas por el NRC (1978) y, por lo tanto, los requerimientos proteicos y energéticos debieran ajustarse a estas par-

ticulares condiciones. Esto estaría explicando, al menos en parte, por qué no se obtuvieron las ganancias de peso esperadas.

Un cálculo teórico de balance de nutrientes, indica que la suplementación proteica, en general, sobrepasa los requerimientos diarios de proteína total (145%/o) señalados por NRC (1978), para alcanzar las ganancias de 0,3 y 0,8 kg/día, a excepción de la paja sin tratar, que estaría un 8% bajo de lo indicado.

Los aportes energéticos resultaron 10% inferiores a los recomendados (Cuadro 7). Las raciones de nivel B, en general, tenían menos energía e igual proteína que las raciones de nivel C y, como se observó anteriormente, las mayores ganancias se alcanzaron con aquéllas; vale decir, la energía no fue la mayor limitante y las bajas ganancias podrían explicarse en términos de concentración de proteína en la ración (Jahn y Chandler, 1976; Jahn, Chandler y Polan, 1970). Esta última fue mayor en el nivel B que en el C. Otro aspecto correspondió al elevado porcentaje de nitrógeno no proteico en la ración total, característica que disminuye la eficiencia productiva.

CUADRO 7. Consumo diario/nov. según nivel de NH₃ en la paja de trigo y la energía—proteína en la ración
TABLE 7. Daily consumption/steers, according to level of NH₃ in the wheat straw and of protein—energy in the ration

Niveles NH ₃ (%o):	0			1,5			3			6
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	C
Energía—proteína:										
Total consumo PT (kg)	0,383	0,597	0,577	0,738	0,982	0,970	0,871	1,137	1,043	1,077
Fracción proteica (kg)	0,271	0,477	0,443	0,383	0,597	0,577	0,383	0,597	0,577	0,577
Fracción no proteica (kg)	0,197*	0,197*	0,197*	0,355	0,385	0,393	0,488	0,540	0,466	0,500
Fracción no proteica (%o)	51,4	33,0	34,1	48,1	39,2	40,5	56,0	47,5	44,7	46,4
Total consumo TND (kg)	2,52	2,62	3,08	2,66	3,29	3,80	3,22	3,56	3,74	3,69
Consumo FDA de la paja (kg)	1,94	2,10	2,00	2,31	2,66	2,61	2,45	2,84	2,45	2,65

*Corresponde a 70 g urea/nov./día.
 Ganancias esperadas: A: 300—350 g/nov./día; B: 800 g/nov./día; C: 800 g/nov./día.

También, podría señalarse el posible efecto de la degradabilidad proteica de las raciones C en el rumen, que teóricamente sería de alrededor del 67,9%, en comparación con las raciones B, que sería del 56,8%. Es decir, C sería 11 unidades porcentuales más degradable que B, según los rangos entregados por ARC (1980).

Composición química de los alimentos

Se destaca los notables incrementos de la proteína total (N x 6,25) en la paja tratada con amoníaco anhidro; ello significó 178,3; 228,9 y 240,8% de incremento, para los niveles 1,5; 3 y 6%, respectivamente. Esta respuesta corresponde a una regresión logarítmica (Cuadro 6, Figura 1). La digestibilidad *in vitro* de

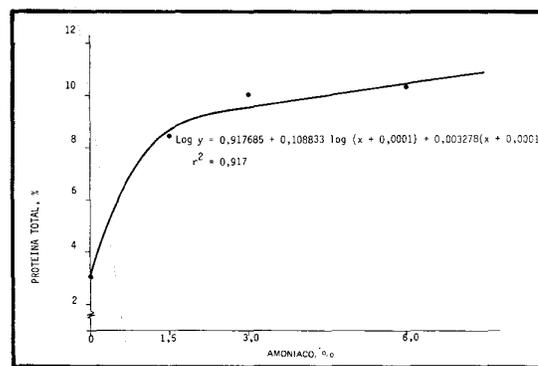


FIGURA 1. Variaciones de proteína total (N x 6.25) de la paja de trigo sin tratar y tratada con tres niveles de NH₃.
 FIGURE 1. Variations of total protein (N x 6.25) of wheat's straw treated and not treated with 3 levels of NH₃.

la m.s. fue mejorada en un 33,2; 38,5 y 39,1% para los mismos tratamientos, respectivamente, ajustándose a una respuesta de tipo logarítmica (Cuadro 6; Figura 2).

La retención de nitrógeno amoniacal en la paja, calculada según procedimiento de Saenger y otros (1983), fue de un 70,5; 45,2 y 23,8% para los tratamientos de 1,5; 3 y 6% de amoníaco, respectivamente (Figura 3). Se observa que la capacidad de retención de nitrógeno amoniacal de la paja mejora al aumentar la concentración de amoníaco, pero consecuentemente, las pérdidas de amoníaco también aumentan. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Saenger y otros (1983).

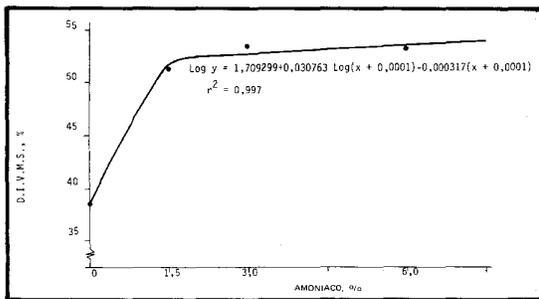


FIGURA 2. Variaciones de la digestibilidad *in vitro* de la m.s. de la paja sin tratar y tratada con tres niveles de amoníaco anhidro.

FIGURE 2. Variations of the digestibility *in vitro* of the dry matter of straw treated and not treated with anhydrous ammonia.

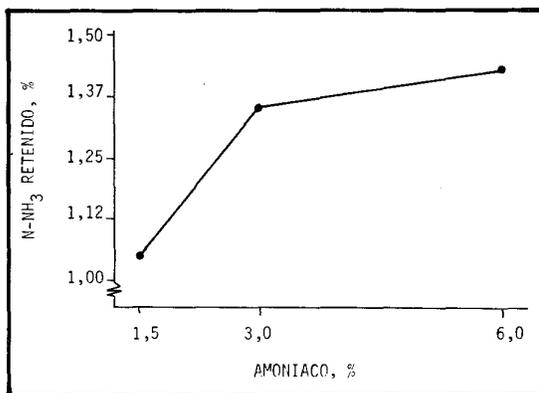


FIGURA 3. Variaciones del nitrógeno retenido por la paja de trigo tratada con tres niveles de amoníaco anhidro.

FIGURE 3. Nitrogen retention by the wheat's straw treated with 3 levels of anhydrous ammonia.

La proteína total fue 1,2 unidades porcentuales superior a las encontradas por Saenger y otros (1983), para paja tratada con 3% de amoníaco. Klee y Vidal (1986), utilizando similar concentración, obtuvieron

2,0 y 3,3 unidades porcentuales menos para proteína total y digestibilidad *in vitro* de la m.s., que las encontradas en esta investigación. Sin embargo, cabe destacar que estos valores estarían dentro de los rangos normales de cambio, citados por Sundstol y otros (1978). Según estos autores, las diferencias en los resultados en este tipo de experimentos, se deben a que se ha trabajado en condiciones inferiores a la óptima.

La hemicelulosa decrece significativamente ($P \leq 0,05$) en 11,3; 8,9 y 18,8%, para los tratamientos de 1,5; 3 y 6% de amoníaco, respectivamente, dando una respuesta de tipo lineal (Cuadro 6; Figura 4). Esto demuestra que ocurriría una solubilización de la hemicelulosa, también descrita por Klopffentein (1978), Streeter, Horn y Batchelder (1983), Horton (1981) y Saenger y otros (1983).

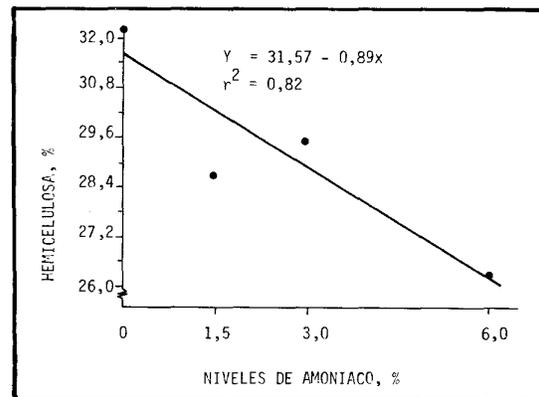


FIGURA 4. Variaciones de la hemicelulosa de la paja de trigo sin tratar y tratada con tres niveles de amoníaco anhidro.

FIGURE 4. Variations of hemicelulose of wheat's straw treated and not treated with 3 levels of anhydrous ammonia.

Para FDA y lignina, no se encontraron diferencias estadísticas ($P \geq 0,05$) entre las diferentes concentraciones de NH_3 utilizado (Cuadro 6). Estos resultados concuerdan con lo señalado por Horton (1981), Herrera-Saldana y otros (1983) y Hargreaves y otros (1984).

Costo del tratamiento de la paja de trigo con amoníaco anhidro

Una estimación de lo que puede significar el tratamiento de la paja con amoníaco anhidro se resume en el Cuadro 8. Estas estimaciones no consideran los costos de enfarde, mano de obra y transporte, reutilización de plástico y/o cambios de precio del amoníaco. El valor usado para amoníaco es una estimación, ya que actualmente no se usa en la agricultura para el propósito indicado. El valor unitario alcanza a \$6,51 por kg de m.s. de paja tratada con 1,5% de amoníaco y proporciona una alternativa más en la alimentación de rumiantes. Los mayores costos están representados por el amoníaco y el plástico usado como carpa.

CUADRO 8. Costo del tratamiento de la paja de trigo con amoniaco—anhidro¹TABLE 8. Cost of the treatment of the wheat straw with NH₃

Niveles NH ₃ (0/o):	\$/Unid.	Cantidad utilizada			Valor total		
		1,5	3	6	1,5	3	6
Poliétileno negro, m	380		44,5			16.910	
Amoniaco anhido, kg	250	150	300	600	37.500	75.000	15.000
Mangueras planza del 1/4", m	16		16			256	
Uniones plásticas, unid.	12		7			84	
Codos, unid.	12		4			48	
T, unid.	35		4			140	
Cinta adhesiva, unid.	495		1,5			742,5	
Cordel plástico, kg	420		1,5			630	
Costo total tratamiento, \$					54.186,5	91.685,5	166.686,0
Costo unitario, \$/kg paja estado natural					5,4	9,1	16,6
Costo unitario, \$/kg m.s.					6,5	10,8	19,9

¹ Precios (\$) enero, 1987. Calculado para 10.000 kg de paja de trigo.

CONCLUSIONES

El tratamiento de la paja de trigo con amoniaco anhido incrementó la proteína total (N x 6,25), digestibilidad de la m.s. y consumo de los animales. La hemicelulosa decrece al aumentar las dosis de amoniaco y la lignina y FDA tendieron a ser menores, pero no estadísticamente ($P \geq 0,05$).

El uso de paja tratada mejoró las ganancias diarias de P.V. La adición de urea a la ración de paja no produjo el mismo efecto que el tratamiento con amoniaco anhido.

Es necesario determinar con mayor precisión los requerimientos de proteína y energía de los animales, para una ganancia de P.V. determinada, cuando se usa este tipo de forrajes en elevado porcentaje de la ración.

El tratamiento con 1,50/o de amoniaco dio una respuesta similar, en relación a concentraciones mayores, con lo que se podría mantener los costos más bajos del tratamiento.

RESUMEN

En el Campo Experimental Quilamapu (INIA), Chillán, durante 66 días de la época invernal, se evaluó en 80 novillos Holando—europeo x Holando—americano (257 kg de P.V.), el efecto de la paja de trigo tratada con 0; 1,5; 3,0 y 6,00/o de amoniaco anhido (NH₃), base estado natural, usando el método "noruego". Los 3 primeros niveles de NH₃ se suplementaron para obtener ganancias de 0,30 a 0,35 (raciones tipo A) y 0,80 kg/nov./día (raciones tipo B y C). El nivel 60/o de NH₃ se suplementó sólo para obtener una ración tipo C (11,40/o más proteína total y 9,70/o más energía digestible que la tipo B). La combinación de niveles de NH₃ y de suplementación, dio origen a 10 tratamientos. Los resultados sobre P.V., proteína total, lignina, hemicelulosa, digestibilidad *in vitro* de la m.s., FDA, FDN y cenizas, se analizaron como bloques completos al azar en arreglo factorial 3 x 3 y pruebas de Duncan. Además, se analizaron las variaciones de P.V., considerando los 4 niveles de NH₃ sólo en las raciones de tipo C, mediante regresiones.

Los aumentos de P.V. fueron superiores ($P \leq 0,05$) en los animales que recibieron paja tratada con NH₃. Las mayores ganancias ($P \leq 0,05$) se alcanzaron con las raciones tipo B. El tratamiento con NH₃ incrementó ($P \leq 0,05$) la proteína total (N x 6,25), digestibilidad de la m.s. y consumo. Las hemicelulosas y la FDN decrecieron ($P \leq 0,05$) al aumentar la dosis de amoniaco, y la lignina y FDA tendieron a ser menores, pero no significativamente ($P \geq 0,05$). La adición de urea a la paja sin tratar no produjo el mismo efecto que el tratamiento con NH₃.

Las ganancias de P.V. fueron inferiores a las esperadas; se requiere afinar los requerimientos proteicos y energéticos, cuando se usa este forraje en elevado porcentaje de la ración. El uso de 1,50/o de amoniaco dio respuesta satisfactoria, en relación a concentraciones mayores, por lo que se podría mantener a un nivel bajo el costo del tratamiento de la paja.

LITERATURA CITADA

- AOAC—Association of Official Agricultural Chemist. 1970. Official methods of analysis. 11 Ed. Washington D.C. 1015 p.
- ARC. 1980. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. Technical review by an Agricultural Research Council working party. Commonwealth Agricultural Bureaux. Cap. III y IV.
- BECHER, M. 1961. Análisis y valoración de piensos y forrajes. Ed. Acribia, España. 209 p.
- HARGREAVES, A., HUBER, J.T., ARROYOLUNA, J., and KUNG, L. 1984. Influence of adding ammonia to corn stalklage on feeding value for dairy cows and on fermentation changes. J. Anim. Sci. 59 (3): 567–575.
- HERRERA—SALDANA, R., CHURCH, D.C. and KELLEMS, R.O. 1983. Effect of ammoniation treatment of wheat straw on *in vitro* and *vivo* digestibility. J. Anim. Sci. 56 (4): 938–942.
- HORTON, G.M.J. 1981. Composition and digestibility of cell wall components in cereal straws after treatment with anhydrous ammonia. Can. J. Anim. Sci. 61: 1059–1062.
- JAHN, E. and CHANDLER, T. 1976. Performance and nutrient requirements of calves fed varying percentages of protein and fiber. J. Anim. Sci. 42 (3): 724–735.
- JAHN, E., CHANDLER, P.T., and POLANC, C.E. 1970. Effects of fiber and ratio of starch to sugar on performance of ruminating calves. J. Dairy Sci. 53 (4): 466–474.
- KLEE G., GERMAN y VIDAL V., 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.
- KLOPFENSTEIN, T. 1978. Chemical treatment of crop residues. J. Anim. Sci. 46 (3): 841–848.
- NRC—National Academy of Sciences. 1978. Nutrient requirements of dairy cattle. Fifth revised edition, Washington D.C.
- SAENGER, 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. Anim. Sci. 56 (1): 15–20.
- STREETER, C.L., HORN, G.W., and BATCHELDER, D.G. 1983. Feeding value of high moisture ammonia-treated wheat straw for lambs. Anim. Prod. 36: 481–487.
- SUNDSTOL, F., COXWORT, E. y MOWAT, D. N. 1978. Mejorar el valor nutritivo de la paja mediante tratamiento con amoníaco. World Anim. Rev. 26: 13–21.
- TILLEY, I.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.
- VAN SOEST, P.J., WINE, R.H., and MOORE, L.A. 1966. Estimation of the true digestibility of forages by the *in vitro* digestion of cell walls. Proc. 10th. Int. Grassland Congr. p.: 438–441.