

## EFFECTOS DEL TRATAMIENTO CON AMONIACO ANHIDRO DE LA PAJA DE TRIGO EN LOS AUMENTOS DE PESO Y CONSUMO DE NOVILLOS HOLANDESES<sup>1</sup>

Effects of anhydrous ammonia treatment of wheat straw upon liveweight gain and intake by holstein steers

Germán Klee G.<sup>2</sup> y Agustín Vidal V.<sup>3</sup>

### SUMMARY

During the winter season, a 104 day trial was conducted at the "Humán" Experimental Station, Los Angeles, Chile. Wheat straw treated with anhydrous ammonia (3.2% D.M.), using the "stack method" was evaluated.

32 holstein steers (212 kg initially) were used to compare 4 treatments: I. Untreated wheat straw (W) + 0.8 kg concentrate (C) + 72 g urea (U); II. W + 1.6 kg C + 72 g U; III. Ammoniated straw (W<sub>NH<sub>3</sub></sub>) + 0.8 C; and IV. W<sub>NH<sub>3</sub></sub> + 1.6 kg C. Liveweight gains of steers with W<sub>NH<sub>3</sub></sub> were larger ( $P \leq 0.05$ ) than with W. Also, gains increased significantly with the higher level of concentrate. The interaction ammonia treatment-concentrate was not significant. Gains (kg/day) were 0.29, 0.51, 0.52, and 0.79, for treatments I, II, III, and IV, respectively. Intake of straw was 22% higher for steers receiving W<sub>NH<sub>3</sub></sub>. Increase of crude protein was 5.5 percentage units for W<sub>NH<sub>3</sub></sub>. *In vitro* dry matter digestibility of wheat straw was improved by 22.3% and cell wall digestibility by 24.8%. The use of anhydrous ammonia is a simple method to improve nutritive value of wheat straw and its use will depend on the cost of the treatment, as compared to the price of alternative forages.

### INTRODUCCION

El mejoramiento del valor nutritivo de la paja de trigo, al igual que las de otros cereales, leguminosas y forrajes toscos, es y ha sido una preocupación constante de los centros de investigación nacionales e internacionales. En los diferentes países se estudian métodos, físicos, biológicos y químicos, que permitan mejorar el aporte de nutrientes, digestibilidad y consumo de estos forrajes toscos.

El tratamiento con amoníaco anhidro de la paja de trigo es uno de los procedimientos que ha resultado de interés por su efectividad en mejorar el valor nutritivo, simplicidad y factibilidad económica (Sundstol,

Coxwort y Mowat, 1978; Saenger, Lemenager y Hendrix, 1983). Estos aspectos han motivado a realizar un estudio que permita evaluar, biológica y económicamente, el efecto del tratamiento de la paja de trigo con amoníaco anhidro, usando el método "noruego o de pilas", en las condiciones de clima y económicas de la zona centro sur de Chile.

### MATERIALES Y METODOS

El ensayo se realizó en la Subestación Experimental Humán (INIA), Los Angeles, durante 140 días, comprendidos entre el 29 de junio y el 11 de octubre de 1983. Se emplearon 32 novillos mestizos holando europeo x holando americano, de 212 kg de peso vivo (P.V.) promedio, que fueron distribuidos en bloques al azar, a los siguientes tratamientos (raciones diarias):

- I. Paja de trigo sin tratar + 0,8 kg de concentrado + 72 g de urea.
- II. Paja de trigo sin tratar + 1,6 kg de concentrado + 72 g de urea.

<sup>1</sup> Recepción de originales: 25 de julio de 1984.

<sup>2</sup> Estación Experimental Quilamapu (INIA), Casilla 426, Chillán, Chile.

<sup>3</sup> Subestación Experimental Humán (INIA), Casilla 767, Los Angeles, Chile.

III. Paja de trigo tratada con  $\text{NH}_3$  + 0,8 kg de concentrado.

IV. Paja de trigo tratada con  $\text{NH}_3$  + 1,6 kg de concentrado.

El concentrado fue suministrado en la ración de la mañana y estaba constituido de trigo (granza) 42%, harina de pescado 25%, maíz grano 31%, harina de huesos 1% y sal común 1%.

Los novillos fueron dosificados con 2,5 cc de Viganol inyectable, al iniciarse el experimento y transcurrido 50 días de ensayo. De acuerdo a especificaciones del producto, los animales recibieron, en cada aplicación, 1.250.000 U.I. de Vit. A, 187.000 U.I. de Vit. D<sub>3</sub> y 125 mg de Vit. E.

La paja de trigo, en fardos, fue tratada con amoníaco anhidro ( $\text{NH}_3$ ), usando el método conocido como "noruego", en pilas o de pacas (Sundstol y otros, 1978), con pequeñas modificaciones. Para el estudio se trataron 11,6 ton de paja, en fardos ordenados formando un rectángulo de 99 unidades de base y 6 de altura. Para cubrirlos se usó plástico negro tubular de 0,20 mm de espesor y 2,5 m de ancho. Se colocó un plástico de base (previo ubicar los fardos) y, una vez formada la pila, se taparon con otra capa plástica (confeccionada con dos tiras, que se unieron con una selladora eléctrica). Ambas capas plásticas se calcularon para que sobrasen unos 70 cm en los bordes; éstos se unieron usando una cinta adhesiva de 5 cm de ancho, luego se plegaron hacia los bordes de la pila y se cargaron en todo su contorno con fardos de paja, ubicados sobre sacos plásticos. Estos envases también fueron usados en la parte superior de la pila, donde se ubicaron dos corridas de fardos para evitar la agitación de la carpa por el viento.

El amoníaco anhidro se aplicó usando balones de 50 kg, que se conectaron, mediante una manguera plástica de 0,25", a dos mangueras de igual diámetro, ubicadas a la altura de la tercera corrida de fardos y equidistantes aproximadamente 1 m del centro de la pila. El amoníaco anhidro fue agregado a razón del 3,0% de la paja al estado natural, concentración que correspondió a 3,2% base materia seca.

Se esperó un tiempo de reacción de siete semanas y se comenzó a utilizar la paja con los animales. Los fardos eran sacados de la pila, en cantidad suficiente para dos o tres días de racionamiento, dejándolos airear un mínimo de 24 hr, con el objeto que el amonio no retenido escape y evitar molestias al trabajador que atendería a los animales, como también a éstos al consumirlos.

Los animales de los tratamientos de paja sin tratar fueron suplementados adicionalmente con urea, a ra-

zón de 72 g/novillo/día, la que se agregaba al concentrado. Procedimiento que se realizó con el objeto de hacer las raciones isonitrogenadas.

Durante el ensayo, los animales permanecieron en corrales de 480 m<sup>2</sup>, con piso de tierra y libre acceso al agua de bebida. Los corrales estaban protegidos del viento por un bosque de pinos.

Se controló diariamente el consumo de alimentos, proporcionando la paja a libre disposición, pero tratando de minimizar las pérdidas de forraje en los comederos. Se tomaron muestras semanales de los alimentos y las muestras compuestas se analizaron mensualmente, determinándose materia seca, proteínas (N x 6,25), fibra curda, cenizas (A.O.A.C., 1970 y Becker, 1961), lignina (Van Soest y Wine, 1968) y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (Tilley y Terry, 1963) y de la pared celular (Van Soest y Wine, 1966 y 1967). Esta última se obtuvo determinando pared celular y al residuo obtenido se le determinó digestibilidad *in vitro*. El P.V. de los novillos, previo destare de 15 hr, se controló cada cuatro semanas.

Las variaciones de P.V. de los animales se analizaron como un diseño de bloques al azar, en arreglo factorial 2 x 2, que consideró el tipo de paja y nivel de concentrado.

Los animales fueron sometidos al programa normal de profilaxis de la Subestación Experimental Humán, que contempla vacunaciones contra las principales enfermedades de la zona y tratamientos antiparasitarios contra distomatosis y parásitos gastrointestinales.

El comentario económico considera principalmente el costo adicional que significa tratar la paja de trigo con amoníaco anhidro. Los precios usados corresponden a los valores de mercado de Chillán y Santiago, durante el mes de abril de 1984.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Variaciones de peso vivo

Los aumentos diarios de P.V. fueron significativamente superiores ( $P \leq 0,05$ ) en los animales que recibieron paja tratada con amoníaco anhidro (Cuadro 1). También se obtuvo ganancias de P.V. significativas ( $P \leq 0,05$ ), al aumentar el nivel de concentrado en las raciones de paja. La interacción entre tratamientos de paja y nivel de concentrado no fue significativa. El incremento más alto se obtuvo en los novillos que recibían paja tratada con  $\text{NH}_3$  y 1,6 kg de concentrado y la menor ganancia, en el tratamiento paja sin tratar y 0,8 kg de concentrado. Las ganancias de peso de

los tratamientos, paja de trigo sin tratar más 1,6 kg de concentrado y paja tratada más 0,8 kg de concentrado, fueron similares (Cuadro 1 y Figura 1).

#### Consumo de alimentos

Los animales de los tratamientos que incluían paja de trigo tratada con  $\text{NH}_3$  consumieron, en promedio, un 22% más de paja que aquéllos alimentados con paja sin tratar. Esto se atribuye a que, como consecuencia

de la mejora en digestibilidad del forraje tratado con  $\text{NH}_3$ , se incrementa la velocidad de paso del alimento del rumen, mejorando con ello el consumo (Saenger y otros, 1983). El posible efecto del amonio en la paja, es romper algunas uniones entre lignina y hemicelulosa (Klopfenstein, 1978), rol que no cumpliría la urea, cuando se usa como suplemento de las pajas (Herrera-Saldana, Church y Kellems, 1983). La solubilización de la hemicelulosa proporciona sustrato aprovechable a las bacterias ruminales, lo que puede explicar el mejoramiento de la digestibilidad de la materia seca

CUADRO 1. Variaciones de peso vivo y consumo de alimentos de los novillos

TABLE 1. Liveweight gain and feed intake

	TRATAMIENTOS			
	Paja sin tratar		Paja tratada	
	Concentrado (kg)		Concentrado (kg)	
	0,8	1,6	0,8	1,6
Días ensayo	104	104	104	104
Peso vivo inicial, kg	217	213	210	210
Peso vivo final, kg	247	266	264	293
Aumento de peso, kg/día	0,29 c*	0,51 b	0,52 b	0,79 a
Consumo diario de alimentos, kg m.s./novillo:				
Paja de trigo	4,06**	4,08**	5,15	5,16
Concentrado	0,75	1,50	0,75	1,50
Total consumo alimentos	4,81	5,58	5,90	6,66
Consumo kg paja/100 P.V.	1,75	1,70	2,18	2,05
kg alimento/kg ganancia	16,6	10,9	11,3	8,4

\* Cifras con distinta letra en cada línea difieren estadísticamente ( $P \leq 0,05$ ), según prueba de Duncan

\*\* Los animales de los tratamientos con paja sin tratar recibieron adicionalmente 72 g de urea/nov/día

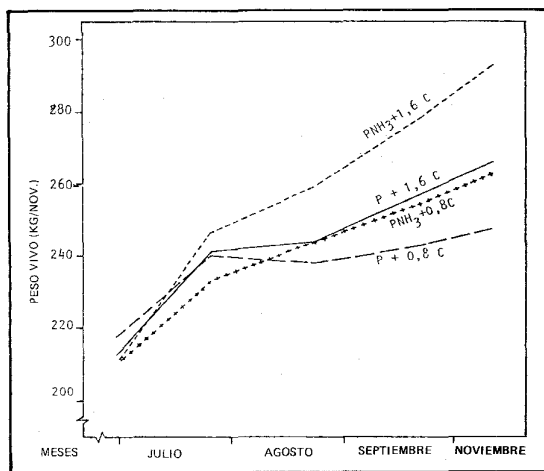


FIGURA 1. Variaciones de P.V. de los novillos.  $\text{PNH}_3$  = paja tratada con  $\text{NH}_3$ ; P = paja sin tratar; C = concentrado; 0,8 y 1,6 = kg concentrado/nov./día.

FIGURE 1. Liveweight changes of the steers during the experiment.  $\text{PNH}_3$  = straw treated with  $\text{NH}_3$ ; P = untreated wheat straw; C = concentrate.

(Saenger y otros, 1983). Estos serían los factores que incidieron en obtener los mejores aumentos de P.V. en los animales que consumieron paja tratada con  $\text{NH}_3$ . La adición de nitrógeno no proteico a las raciones, a la forma de urea, no produjo el mismo comportamiento en los animales, que la adición a la forma de amoniaco; lo que concuerda a lo anteriormente señalado por Herrera-Saldana y otros, 1983.

Un cálculo teórico del balance de nutrientes indica que los animales suplementados con los niveles altos de concentrado (1,6 kg/nov/día), sobrepasan los requerimientos diarios de proteína indicados por el NRC (1978), para alcanzar ganancias de 1 kg/día, pero no así los requerimientos energéticos, que fueron en promedio, un 31% inferiores a los indicados en las tablas.

Los animales que recibieron paja sola y 0,8 kg/nov/día de concentrado, tendrían un déficit de 35% en sus requerimientos energéticos, para alcanzar ganancias de 0,5 kg/día. Otro aspecto que pudo haber limitado el obtener mejores aumentos diarios, podría ser

la carencia de algunos minerales y/o vitaminas, puesto que no se suministró una mezcla vitamínica-mineral completa. Un síntoma de este aspecto deficitario, podría ser el pelaje de regular apariencia observado en los animales.

#### Composición química de los alimentos

Se destaca un notable incremento de la proteína total (P.T.) de la paja tratada con amoníaco anhidro (Cuadro 2), en 5,52 unidades (225,3%), en relación a la paja sin tratar. La digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) fue mejorada en un 22,3% y la digestibilidad de la pared celular fue superior en 24,8%, en relación a la paja sin tratar. La retención de nitrógeno amoniacal de la paja, calculada de acuerdo a procedimiento empleado por Saenger y otros (1983), fue

de un 33,6%; vale decir, que se estaría perdiendo un 66,4% del amoníaco aplicado. La P.T. y la DIVMS fueron 2,1 y 3,8 unidades porcentuales inferiores a las encontradas por dichos autores. Sin embargo cabe destacar que estarían dentro de los rangos normales de cambio, citados por Sundstol y otros (1978); según éstos, las diferencias que se presentan en los resultados de los experimentos, al usar sustancias amoniales, se deben a que se ha trabajado "en condiciones inferiores a la óptima, en relación a los factores que influyen en los efectos de la amonificación".

El sobrante de amoníaco, que teóricamente se perdió, coincide con los antecedentes proporcionados por Sundstol y otros (1978), quienes indican que aún no se ha determinado la forma de reutilizar este gas.

**CUADRO 2. Composición química y digestibilidad *in vitro* de la paja de trigo sin tratar y tratada con NH<sub>3</sub> y del concentrado (base m.s. %)**

**TABLE 2. Chemical composition and *in vitro* digestibility of untreated and NH<sub>3</sub> treated wheat straw and concentrate (% D.M. basis)**

	Concentrado	Paja sin tratar	Paja tratada	% de cambio
Materia seca	93,83	92,43	91,23	
Proteína total (N x 6,25)	32,04	2,45	7,97	225,3
Fibra cruda	5,04	43,15	44,73	
Cenizas	10,15	6,83	8,39	
Lignina	1,80	9,47	8,70	
DIV* m.s.	84,20	40,93	50,07	22,3
DIV* pared celular	—	4,20	5,24	24,8

\* Digestibilidad *in vitro*.

La paja tratada con amoníaco cambió el color natural amarillo cremoso a café claro. Este cambio de coloración es explicado por Schuerch y Davison (1971), como el resultado de oxidación de grupos fenoles o condensación de la fracción aldehído de los azúcares con N, vía reacción de Maillard.

#### Costo del tratamiento de la paja de trigo con NH<sub>3</sub> anhidro

Un costo simplificado de lo que puede significar el tratamiento de la paja con NH<sub>3</sub> anhidro al 30%, se resume en el Cuadro 3. Este no considera los aspectos de enfarde, mano de obra y transporte y las variaciones debidas a tamaño o volumen de las pilas, reutilización de plástico y/o cambios de precio del amoníaco, puesto que el valor usado es sólo una estimación, ya que actualmente no se usa en la agricultura para el propósito indicado. El valor unitario de \$4,5/kg de m.s. de paja tratada es aún elevado, para las condiciones de precios del país, pero es factible que en algunas

condiciones se justifique. Se prevé la factibilidad de reducir notablemente el costo del tratamiento, bajando la cantidad de amoníaco alrededor del 50% de la concentración usada en este trabajo (G. Klee, trabajo no publicado). Esto implicaría disminuir a la mitad el valor unitario del tratamiento, lo que haría más factible su aplicación.

#### CONCLUSIONES

Los resultados del experimento confirman los antecedentes obtenidos en otros trabajos, en el sentido que el tratamiento de la paja de trigo con amoníaco anhidro incrementa la proteína total, digestibilidad de la materia seca y el consumo por los animales. El método de tratamiento de la paja en pilas es simple de realizar y su aplicación dependerá, entre otros factores, del costo del tratamiento, en comparación con otros alimentos de alternativa.

**CUADRO 3. Costo del tratamiento de la paja de trigo con NH<sub>3</sub> anhidro\*****TABLE 3. Cost of treating straw with anhydrous NH<sub>3</sub>**

Materiales	Cantidad requerida	Valor unit. (\$)	Valor total (\$)
Poliétileno negro 0,20 mm, kg	44,5	225	10.012
NH <sub>3</sub> -anhidro, kg	350,0	108**	37.800**
Manguera Planza de 1/4", m	36,0	22	792
Uniones plásticas, unid.	7,0	15	105
Cinta adhesiva, unid.	1,5	224	336
Costo total tratamiento, \$			49.045
Costo unitario, \$/kg de paja estado natural			4,2
Costo unitario, \$/kg de m.s.			4,5

\* Cantidad tratada: 11.667 kg; concentración NH<sub>3</sub> : 3<sup>o</sup>/o.

\*\* Corresponde a una estimación del valor, debido a que actualmente no se comercializa el NH<sub>3</sub> para el uso señalado.

### RESUMEN

En la Subestación Experimental Humán (INIA), durante 104 días de la época invernal, se evaluó con 32 novillos mestizos holando europeo x holando americano, de 212 kg de P.V., el efecto de la paja de trigo tratada con amoníaco anhidro a razón de 3,2<sup>o</sup>/o de la m.s. (3<sup>o</sup>/o de la paja al estado natural), usando el método "noruego" o de pilas. Los animales fueron distribuidos en bloques al azar, a los siguientes tratamientos (raciones diarias): I. Paja de trigo sin tratar (P) + 0,8 kg de concentrado (C) + 72 g de urea (U); II. P + 1,6 kg C + 72 g U.; III. Paja de trigo tratada con NH<sub>3</sub> (PNH<sub>3</sub>) + 0,8 kg C y IV. PNH<sub>3</sub> + 1,6 kg C.

La ganancia de P.V. de los novillos con PNH<sub>3</sub> fue significativamente superior (P ≤ 0,05) a la obtenida con

P. También esta ganancia fue significativa, en relación al nivel de concentrado (32<sup>o</sup>/o P.T.) que se suministró. La interacción tratamiento de paja—concentrado no fue significativa. Los incrementos diarios de P.V. fueron 0,29; 0,51; 0,52 y 0,79 kg, para los tratamientos I, II, III y IV, respectivamente. El consumo de PNH<sub>3</sub> fue 22<sup>o</sup>/o superior al obtenido con P. La proteína (N x 6,25) de la PNH<sub>3</sub> se incrementó en 5,5 unidades porcentuales, la digestibilidad *in vitro* de la m.s. mejoró 22,3<sup>o</sup>/o y la digestibilidad de la pared celular, 24,8<sup>o</sup>/o. El tratamiento con amoníaco anhidro de la paja en pilas, se observa como un método simple para mejorar su valor nutritivo. Su aplicación dependerá del costo del tratamiento, en comparación con el de otros alimentos de alternativa.

### LITERATURA CITADA

- A.O.A.C.—Association of Official Agricultural Chemist. 1970. Official methods of analysis. 11 Ed. Washington, D.C. 1015 p.
- BECKER, M. 1961. Análisis y valoración de piensos y forrajes. Ed. Acribia, España, 209 p.
- HERRERA-SALDANA, R.; CHURCH, D.C. and KELLEMS, R.O. 1983. Effect of ammoniation on *in vivo* digestibility. J. Anim. Sci. 56 (4): 938–942.
- KLOPFENSTEIN, T.J. 1978. Chemical treatment of crop residues. J. Anim. Sci. 46: 841.
- N.R.C.—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.
- SCHUERCH, C. and DAVIDSON. 1971. Plasticizing wood with ammonia—control of color changes. J. Polymer Sci. Part. C. 36: 231.

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, 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.; 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.*: 438–441.

VAN SOEST, P.J. and WINE, R.H. 1967. Determination of plant cell–wall constituent. *J. Assoc. Anal. Chem.* 50: 55.

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.