

## TRATAMIENTO DE LA PAJA DE TRIGO CON UREA, HIDROXIDO DE CALCIO, O SULFATO DE AMONIO

*Manuel Núñez Muñoz<sup>1</sup> y Ma. Esther Ortega Cerrilla<sup>1</sup>*

Instituto Nacional de la Nutrición "Salvador Zubirán",  
México D. F., México

### RESUMEN

Se llevó a cabo un experimento con la finalidad de evaluar la efectividad de la urea, sulfato de amonio o hidróxido de calcio en el mejoramiento del valor nutritivo de la paja de trigo para la alimentación de rumiantes.

La paja se sometió a tratamiento con tres soluciones que contenían 50/o de urea-500/o H<sub>2</sub>O (5U); 20/o de urea-20/o CaOH - 500/o H<sub>2</sub>O (2U) o con sulfato de amonio, 20/o CaOH - 500/o H<sub>2</sub>O (5S), ensilándose luego la paja tratada con cada solución, por triplicado, en bolsas de polietileno (5 kg/bolsa) durante 30 días a temperatura ambiente (15-22°C) a excepción de la paja sin tratar, que se usó como testigo (T).

Posteriormente se hicieron las siguientes determinaciones en las pajas sujetas a los tres tratamientos: pH, humedad, proteína cruda, N amoniacal, cenizas, paredes celulares, hemicelulosa, celulosa, lignina, sílice, energía bruta y digestibilidad *in vitro* de la materia seca. El valor de pH de 5U fue mayor ( $P < 0.01$ ) que el de 2U y 5S, y el porcentaje de humedad aumentó en todas las pajas tratadas, en comparación con la testigo. Tanto el contenido de proteína cruda como el de nitrógeno amoniacal fue mayor en las pajas tratadas con 5U (14.66; 1.060/o), 2U (5.41; 750/o), 5S (9.54; 940/o), en comparación con T (2.63; 500/o). Asimismo, el porcentaje de cenizas con 5U, 2U y 5S, aumentó significativamente ( $P < 0.01$ ) en relación con T y 5U. El contenido de paredes celulares disminuyó al tratar la paja con 5U, 2U y 5S, al igual que el de hemicelulosa, lignina y sílice, mientras que el de celulosa aumentó. Los valores de energía bruta fueron mayores en las pajas tratadas, y el porcentaje de digestibilidad de la materia seca fue mayor, aunque no en grado significativo ( $P < 0.01$ ) en la paja tratada con 50/o de urea (45.03) que en 2U (42.43), 5S (34.82) y T (42.36).

---

Manuscrito modificado recibido: 16-1-87.

- 1 Miembros del Departamento de Nutrición Animal, División de Nutrición Experimental y Ciencia de los Alimentos, Instituto Nacional de la Nutrición "Salvador Zubirán", Vasco de Quiroga No. 15, Col. y Deleg. Tlalpan, 14,000 México D. F., México.

Se concluye que es factible mejorar el valor nutritivo de la paja tratada con urea, en particular con 50/o de urea - 500/o H<sub>2</sub>O, que en nuestro ensayo rindió los valores más altos, y el tratamiento puede ser aún más efectivo si ésta es molida o picada previo a su ensilaje.

## INTRODUCCION

Las pajas de trigo se producen en grandes cantidades, ya que representan un recurso que hasta ahora ha sido poco utilizado en la alimentación animal, debido en gran parte a su baja digestibilidad y bajo consumo.

Con el propósito de mejorar su digestibilidad, se han evaluado diferentes tratamientos químicos (1-4), obteniéndose los mejores resultados al emplear tratamientos a base de álcalis (5-7).

De estos tratamientos, aquéllos en que se utilizan compuestos nitrogenados como amoníaco o urea tienen la ventaja sobre los que emplean otros álcalis como NaOH, de aumentar tanto su digestibilidad como su contenido de nitrógeno (8). En algunas regiones, sin embargo, no es posible tratar las pajas con amoníaco, debido a que en ocasiones no es fácil conseguirlo, además de que su manejo puede resultar peligroso.

Desde hace algunos años se observó que la urea se puede descomponer en amoníaco, obteniendo resultados similares al tratar pajas con urea, a los logrados al usar amoníaco en forma directa (9). Esta se puede adquirir fácilmente, ya que es utilizada como fertilizante; por otro lado, su aplicación está exenta de riesgos.

De ahí que el objetivo de este trabajo fue evaluar los cambios que ocurren en la composición química y digestibilidad de la paja de trigo, al tratarla con compuestos alcalinos fáciles de conseguir y aplicar, como son la urea, sulfato de amonio e hidróxido de calcio, en diferentes proporciones. Un segundo propósito era determinar si el agregado de tales compuestos mejoraba su calidad nutritiva para su utilización en raciones para rumiantes.

## MATERIAL Y METODOS

La paja entera de trigo (*Triticum aestivum*), se trató con urea, hidróxido de calcio, sulfato de amonio y agua, en las siguientes proporciones, en base al peso de la paja: 1) Paja de trigo con 50/o de urea y 500/o de agua; 2) paja de trigo con 20/o de urea, 20/o de hidróxido de calcio y 500/o de agua, y 3) paja de trigo con 50/o de sulfato de amonio, 20/o de hidróxido de calcio y 500/o de agua.

Luego, estos tratamientos fueron comparados con paja de trigo sin la adición de ninguno de estos compuestos, la que se utilizó como testigo.

Las pajas tratadas con urea, hidróxido de calcio o sulfato de amonio, se ensilaron durante 30 días a temperatura ambiente (15-22°C), en bolsas de polietileno (5 kg/bolsa). Se hicieron tres repeticiones por cada tratamiento.

En todos los tratamientos, incluyendo la paja testigo, se determinó: pH, humedad, cenizas, proteína cruda, y nitrógeno amoniacal, según los métodos propuestos por la AOAC (10), y las fracciones de fibra (paredes

celulares, contenido celular, hemicelulosa, celulosa, lignina y sílice), por el procedimiento de Goering y Van Soest (11). La digestibilidad *in vitro* de la materia seca por el método descrito por Tilley y Terry (12) y la energía bruta, por bomba calorimétrica (13).

Seguidamente, los resultados se analizaron estadísticamente por análisis de varianza, a fin de lograr una distribución completamente al azar, con diferente número de repeticiones por tratamiento. La prueba de Tukey se aplicó para medir su significancia estadística (14).

## RESULTADOS Y DISCUSION

Durante el ensilaje, la paja sufrió modificaciones en sus características físicas. Su color cambió de amarillo oscuro a café claro, y la textura se hizo más quebradiza (9). Ello se debe a una oxidación de los grupos fenoles, o a la condensación de las fracciones aldehídicas del azúcar con bases nitrogenadas vía reacción de Maillard, lo que origina productos coloridos (5).

A pesar del alto contenido de humedad, en ninguna de las pajas tratadas con los álcalis se observó crecimiento de hongos o insectos (2, 9).

Los resultados de las determinaciones de pH, humedad, proteína cruda, nitrógeno amoniacal y cenizas se muestran en la Tabla 1. Según se observa, el contenido de nitrógeno amoniacal y proteína cruda aumentó significativamente ( $P < 0.01$ ) en todas las pajas tratadas en relación a la testigo; los valores más altos se encontraron en la paja tratada con 5% de urea (1.06% nitrógeno amoniacal; 14.66% proteína cruda), siendo similar a lo ya notificado (2, 9, 15).

La cantidad de proteína cruda y nitrógeno amoniacal en las pajas tratadas con álcalis aumentó en forma proporcional al contenido de nitrógeno de cada tratamiento, coincidiendo con lo mencionado en otras investigaciones (15-17).

Cabe también señalar que el agua adicionada en los diferentes tratamientos, favoreció la fijación de nitrógeno en todas las pajas tratadas (17, 18).

El porcentaje de cenizas en la paja con 5% de urea disminuyó en un 10% (9, 19), mientras que en las sujetas a tratamientos con hidróxido de calcio, aumentó debido a la adición de este compuesto (20).

En el caso de los tratamientos que contenían 5% de urea, 2% de urea - 2% CaOH y 5% sulfato de amonio - 2% CaOH, los porcentajes de paredes celulares y contenido celular de las pajas mostraron diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) con respecto al grupo testigo. Los mejores resultados se obtuvieron en la paja tratada con 5% de urea, lo que corrobora lo observado en otros trabajos (18, 19, 21).

En lo que respecta a hemicelulosa y celulosa se encontraron diferencias entre las pajas tratadas y la testigo ( $P < 0.01$ ), siendo similar a lo descrito (19-21). No obstante, la disminución de hemicelulosa no fue tan notoria como en otros estudios (22), observándose el menor porcentaje de hemicelulosa en el material tratado con 5% de urea.

El contenido de lignina en las pajas con álcalis disminuyó hasta en 15% respecto a la testigo, sin que hubiese diferencia entre ninguno de los grupos tratados, con resultados parecidos a los encontrados en otros

TABLA 1

COMPOSICION QUÍMICA Y DIGESTIBILIDAD *in vitro* DE LA PAJA DE TRIGO TRATADA CON UREA, HIDROXIDO DE CALCIO, O SULFATO DE AMONIO<sup>1</sup>

	Paja testigo	5°/o urea	2°/o urea - 2°/o CaOH	5°/o sulfato de amonio 2°/o CaOH
pH	—	8.32 <sup>a</sup>	7.77 <sup>b</sup>	7.92 <sup>b</sup>
Humedad (°/o)	15.05 <sup>a*</sup>	44.63 <sup>b</sup>	44.64 <sup>b</sup>	44.43 <sup>b</sup>
Proteína cruda (°/o) (N x 6.25)	2.63 <sup>a</sup>	14.66 <sup>b</sup>	6.41 <sup>c</sup>	9.54 <sup>d</sup>
N amoniacal (°/o)	0.50 <sup>a</sup>	1.06 <sup>b</sup>	0.75 <sup>c</sup>	0.94 <sup>d</sup>
Cenizas (°/o)	10.05 <sup>a</sup>	9.36 <sup>b</sup>	11.36 <sup>c</sup>	11.69 <sup>d</sup>
Paredes celulares (°/o)	73.64 <sup>a</sup>	70.30 <sup>b</sup>	71.33 <sup>c</sup>	71.20 <sup>c</sup>
Contenido celular (°/o)	26.36 <sup>a</sup>	29.70 <sup>b</sup>	28.67 <sup>c</sup>	28.80 <sup>c</sup>
Hemicelulosa (°/o)	23.09 <sup>a</sup>	21.28 <sup>b</sup>	21.77 <sup>b</sup>	21.66 <sup>b</sup>
Celulosa (°/o)	34.32 <sup>a</sup>	36.95 <sup>b</sup>	37.45 <sup>c</sup>	37.29 <sup>c</sup>
Lignina (°/o)	10.16 <sup>a</sup>	8.70 <sup>b</sup>	8.88 <sup>b</sup>	8.79 <sup>b</sup>
Sílice (°/o)	4.95 <sup>a</sup>	3.36 <sup>b</sup>	3.43 <sup>c</sup>	3.43 <sup>c</sup>
Energía bruta (Kcal/g)	3.57 <sup>a</sup>	3.93 <sup>b</sup>	3.92 <sup>b</sup>	3.77 <sup>c</sup>
DIVMS <sup>2</sup> (°/o)	42.36 <sup>a</sup>	45.03 <sup>a</sup>	42.43 <sup>a</sup>	34.82 <sup>a</sup>

1 Datos notificados en base seca.

2 Digestibilidad *in vitro* de la materia seca.

\* Las cifras con literales diferentes en la misma columna son diferentes (P < 0.01).

trabajos (2, 20, 21).

El sílice también disminuyó (P < 0.01) hasta en un 30°/o en las pajas tratadas, en relación a la paja testigo. El menor porcentaje se obtuvo en la que se trató con 5°/o de urea, debiéndose esta disminución a la solubilización del sílice por acción de los álcalis (20).

Se observó un aumento en el contenido de energía, siendo de 10°/o en la paja tratada con 5°/o de urea; 9.8°/o con 2°/o urea - 2°/o CaOH y 5.6°/o con 5°/o sulfato de amonio - 2°/o CaOH, debido posiblemente a la adición de los álcalis, ya que estos compuestos liberan energía (19, 23).

En cuanto a la digestibilidad *in vitro* de la materia seca, ésta fue mayor, aunque no significativamente (P < 0.01) en la paja tratada con 5°/o de urea, en relación a que recibió el tratamiento de 2°/o urea - 2°/o hidróxido de calcio, 5°/o sulfato de amonio - 2°/o hidróxido de calcio, y la paja testigo. Es posible que la menor digestibilidad encontrada en relación a la que se ha observado en otros trabajos (5, 15), se deba a la presencia de grupos acetil. Estos se forman por la esterificación de la hemicelulosa con ácido acético, lo que impide su digestión, y disminuye a la vez la digestibilidad de la paja (24).

En base a los resultados obtenidos en este estudio, es evidente que el mejor tratamiento fue el que contenía urea al nivel de 5°/o, ya que los parámetros de proteína cruda, nitrógeno amoniacal, contenido celular y celulosa, aumentaron considerablemente, disminuyendo los porcentajes

de cenizas, hemicelulosa, lignina y sílice. En vista de los hallazgos notificados, al tratar la paja de trigo con urea, es posible mejorar su valor nutritivo para usarse en la alimentación de rumiantes. Se recomienda el molerla o picarla previamente, a fin de que el efecto del tratamiento sea más efectivo.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración de la Srita. Laura Sánchez en la preparación del manuscrito, así como la del Dr. Pedro Ochoa, en el análisis estadístico de los datos.

#### SUMMARY

##### UREA, CALCIUM HYDROXIDE OR AMMONIA SULPHATE TREATMENT OF WHEAT STRAW

An experiment was conducted to evaluate the effectiveness of urea, ammonia sulphate or calcium hydroxide, in improving the nutritive value of wheat straw for ruminant feeding.

Wheat straw was treated with each of three solutions (w/w) containing: 5<sup>o</sup>/o urea - 50<sup>o</sup>/o H<sub>2</sub>O (5U); 2<sup>o</sup>/o urea - 2<sup>o</sup>/o CaOH - 50<sup>o</sup>/o H<sub>2</sub>O (2U), or 5<sup>o</sup>/o ammonia sulphate - 2<sup>o</sup>/o CaOH - 50<sup>o</sup>/o H<sub>2</sub>O (5S). The treated straw was then ensiled in triplicate in sealed polyethylene bags for 30 days at ambient temperature (15 - 22°C), except for the untreated straw, which was used as control (T).

All treatments were then subjected to the following determinations: pH, moisture, crude protein, ammonia N, ashes, cellular walls, hemicellulose, cellulose, lignin, silica, gross energy, and dry matter *in vitro* digestibility. The pH value of the 5U treatment was higher ( $p < 0.01$ ) than that of 2U and 5S, and the moisture percentage increased in all treated straws, as compared to the control. Both crude protein and ammonia N contents were higher in the 5U treated straws (14.66; 0.6<sup>o</sup>/o), 2U (6.41; 75<sup>o</sup>/o), 5S (9.54; 94<sup>o</sup>/o) in comparison with T (2.63; 50<sup>o</sup>/o). The ash percentage increased significantly in 2U and 5S ( $p < 0.01$ ) in relation to T and 5U, and the cellular wall content decreased in the 5U, 2U and 5S treated straws, as did cellulose. Gross energy values were higher in the treated straws, and the dry matter per cent digestibility was also higher, although not in a significant degree ( $p < 0.01$ ) in the 5<sup>o</sup>/o urea-treated straw (45.03) than in 2U (42.43), 5S (34.82), and T (42.36).

It is concluded that the nutritive value of wheat straw can be successfully upgraded by the urea treatment, mainly with 5<sup>o</sup>/o urea - 50<sup>o</sup>/o H<sub>2</sub>O, which in our experiment rendered the highest values. It is worthwhile adding that urea will have a greater effect if straw is chopped or ground prior to ensiling.

#### BIBLIOGRAFIA

1. Klopstein, T. Chemical treatment of crop residues. *J. Anim. Sci.*, 46:841-848, 1978.
2. Sundstol, F. & E. Owen. *Straw and Other Fibrous By-products as Feed*. New York, N. Y., Elsevier Science Publishing Co. Inc., 1984, p. 196-273.

3. Horton, G.M.J. & G.M. Steacy. Effect of anhydrous ammonia treatment on intake and digestibility of cereal straw by steers. *J. Anim. Sci.*, **48**:1239-1249, 1979.
4. Rexen, F. Low-quality forages improve with alkali treatment. *Feedstuffs*, **51**: 33-34, 1979.
5. Oji, U.I., D.N. Mowat & J.E. Winch. Alkali treatments of corn stover to increase nutritive value. *J. Anim. Sci.*, **44**:798-802, 1977.
6. Moore, K.J., R.P. Lemenager, V.L. Lechtenberg, K.S. Hendrix & J.E. Risk. Digestion and utilization of ammoniated grass-legume silage. *J. Anim. Sci.*, **62**: 235-243, 1986.
7. Zorrilla Ríos, J., F.N. Owens, G.W. Horn & R.W. McNew. Effect of ammoniation wheat straw on performance and digestion kinetics in cattle. *J. Anim. Sci.*, **60**: 814-831, 1985.
8. Herrera-Saldaña, R., D.C. Church & R.O. Kellems. Effect of ammoniation treatment of wheat straw on *in vitro* and *in vivo* digestibility. *J. Anim. Sci.*, **56**:938-942, 1983.
9. Dolberg, P. & M. Saadullah. Almacenamiento de la paja tratada con urea. *Rev. Mundial Zootecnia*, **2**:37-41, 1981.
10. Association of Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis of the AOAC*. 13th ed. Washington, D.C., The Association 1980, p. 133, 211, 220-547.
11. Goering, H. & P.J. Van Soest. *Forage Fiber Analysis*. Agricultural Research Science, USDA, 1970 (Agricultural Handbook No. 379).
12. Tilley, J. & R. Terry. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *J. Brit. Grassland Soc.*, **18**:104-111, 1963.
13. Bateman, J.V. *Nutrición Animal. Manual de Métodos Analíticos*. México, D.F., Herrero Hno. Sucs, S.A., 1970, p. 269-281.
14. Steel, R. G.D. & J.H. Torrie. *Principles and Procedures of Statistics*. 2nd ed. New York, N.Y., McGraw Hill Kogokusha Ltd., 1980, p. 35.
15. Hadjipanayiotou, M. The effect of ammoniation using urea on the intake and nutritive value of chopped barley straw. *Grass and Forage Sci.*, **37**:89-93, 1982.
16. Jayasuriya, M.C.N. & H.G.D. Perera. Urea-ammonia treatment of rice straw to improve its nutritive value for ruminants. *Agricultural Wastes*, **4**:143-150, 1982.
17. Lesoing, G., T. Klopstein, I. Rush & J. Ward. Chemical treatment of wheat straw. *J. Anim. Sci.*, **49**:802, 808, 1979.
18. Solaiman, S.G., G.W. Horn & F.N. Owens. Ammonium hydroxide treatment of wheat straw. *J. Anim. Sci.*, **51**:263-269, 1981.
19. Ortega, M.E., L. Arellano, L. Madrigal & G. López. Efecto del tratamiento de paja de trigo con 5% de urea y tres niveles de humedad, sobre su composición química y digestibilidad. En: *Memorias de la Reunión de Investigación Pecuaria en México, 1984*. México, D.F., Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos y Universidad Nacional Autónoma de México, 1984, p. 49.
20. Jackson, M.G. Review article: The alkali treatment of straw. *Anim. Feed Sci. Technol.*, **2**:105-130, 1977.
21. Ortega, M.E., A. Catalán & F. Pérez-Gil. Efecto de la adición de urea o sulfato de amonio sobre la composición química del rastrojo de maíz. En: *Memorias de la Reunión de Investigación Pecuaria en México, 1983*. México, D.F., Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos y Universidad Nacional Autónoma de México, 1983, p. 688-691.
22. Sharma, S.D. *A Study of Roughagesilica Solubility*. M Sc. Thesis. G.B. Pant University, Pantnagar, India, 1974.

23. Lawlor, M.J. & J. O'Shea. The effect of ammoniation on the intake and nutritive value of straw. **Anim. Feed Sci. Technol.**, 4:169-175, 1979.
24. Morris, E.J. & J.S.D. Bacon. Digestion of acetyl groups and cell wall polysaccharides of grasses in the rumen. **Proc. Nutr. Soc.**, 35:94 A, 1976.