

## VALORACIÓN NUTRICIONAL DE ENSILAJE DE MAÍZ EMPLEANDO UREA, MELAZA + UREA Y CARBONATO DE CALCIO, COMO ADITIVOS

M.V.Z., M.S., Ph. D. EVERARDO GONZÁLEZ PADILLA <sup>1</sup>  
M.V.Z., M.S. HÉCTOR MERINO ZÚÑIGA <sup>2</sup>

### Resumen

Con objeto de evaluar el efecto de la urea, la melaza + urea y el CaCO<sub>3</sub> como aditivos para ensilar maíz, se realizaron dos experimentos con 60 ovinos jóvenes. En el primer experimento, se estudió el efecto de la adición de urea o melaza + urea; en el segundo, todos los ensilajes contenían melaza + urea y se estudió el efecto de agregar CaCO<sub>3</sub> a esos ensilajes. Las dosis de urea y melaza agregadas al silo fueron (0.5% y 2.5% respectivamente); el CaCO<sub>3</sub> se utilizó al 0.5% y 1.0%. La evaluación nutricional se hizo mediante pruebas de alimentación y determinación de los coeficientes de digestibilidad aparente. Los ensilajes se analizaron para conocer su composición proximal, pH, acidez volátil total, ácido láctico, nitrógeno total y amoniacal y ureico. Los resultados mostraron que el desperdicio del nitrógeno aplicado al silo en forma de urea fue mínimo. La adición de urea sola no produjo ganancias de peso o consumos de alimento diferentes a las del testigo. El tratamiento melaza + urea favoreció ganancias de peso 77% superiores a las del testigo (P<0.05), asimismo, incrementó el consumo de materia seca (P<0.01) y la digestibilidad aparente de la materia seca, la fibra cruda, la proteína cruda y la energía (P<0.05). El porcentaje de nitrógeno total encontrado en forma de amoníaco y urea fue de 64.5 en el ensilaje con urea y 36.0 cuando la melaza fue agregada junto con la urea. Esto, aunado al aumento de la digestibilidad de la proteína en el tratamiento melaza + urea, sugiere que la adición de melaza + urea favoreció la síntesis de proteína microbiana a nivel de silo. El empleo de CaCO<sub>3</sub> junto con melaza + urea, no ejerció ningún efecto benéfico al ser comparado con el tratamiento melaza + urea.

La planta de maíz, además de ser una fuente económica de energía para rumiantes, presenta características que han llevado a utilizarla ampliamente como material para ensilar. Sin embargo, una de las limitantes del ensilaje de maíz es su escaso contenido de proteína, por lo que varios investigadores han tratado de incrementarlo mediante la adición de fuentes nitrogenadas no proteicas (NNP), como urea, sulfato de amonio y otras, para aprovechar la propiedad que tienen los microorganismos del rumen para sintetizar proteína a partir de esos compuestos nitrogenados simples (Woodward y Sepherd, 1944; Kozmanisvilli, 1959; Holzschuh y Wetteran, 1961 y Klosterman y Bentley, 1955).

El ensilaje de maíz puede suplementarse con urea, agregándola al momento de ensilar o bien ofreciéndola sobre el ensilaje en el comedero; sin embargo, se ha observado que la adición de urea al momento de ensilar, además de incrementar la cantidad de nitrógeno, es transformada parcialmente en proteína verdadera durante el proceso de fermentación del

silos (Madjanov, Kozmanisvilli y Kiseler, 1958; Kozmanisvilli, 1959; Gorb y Lebedinskii, 1960).

Es sabido que para lograr una eficiente utilización del nitrógeno no proteico en el rumen se necesita suministrar una fuente de glúcidos rápidamente fermentecibles, como son los azúcares o el almidón. El ensilaje de maíz aparentemente no proporciona cantidades suficientes de tales compuestos para lograr una buena utilización del NNP (Bentley, Klosterman y Engle, 1955; Goode, Barrick y Tugman, 1955; Conrad y Hibbs, 1954), razón por la cual en algunos tratamientos del trabajo que aquí se presenta, se agregó melaza de caña además de la urea al silo de maíz.

Con la adición de carbonato de calcio en algunos ensilajes, se ha buscado incrementar el consumo voluntario de este forraje, ya que se ha notado que dicho aditivo propicia una mayor formación de ácido láctico e incrementa el consumo de materia seca (Klosterman *et al.*, 1960 y 1962; Klosterman, 1963).

### Material y métodos

Se realizaron dos experimentos en Palo Alto, D.F., en donde se evaluó la adición de urea, melaza + urea o melaza + urea + CaCO<sub>3</sub> al mo-

<sup>1</sup> Departamento de Reproducción Animal. Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias, S.A.G. Km 15.5 Carretera México-Toluca, Palo Alto, D.F.

<sup>2</sup> Departamento de Nutrición Animal. Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias, S.A.G.

mento de ensilar. Los tratamientos empleados en las dos pruebas fueron los siguientes:

#### *Experimento 1*

Aditivo empleado

T = Ninguno (silo testigo).

U = 0.5% de urea al ensilar.

M + U = 0.5 de urea+2.5% de melaza al ensilar.

#### *Experimento 2*

Aditivo empleado

A = 0.5% de urea + 2.5% de melaza al ensilar.

B = Como A+ 0.5% de CaCO<sub>3</sub> al ensilar.

C = Como A+1.0% de CaCO<sub>3</sub> al ensilar.

Todos los tratamientos se hicieron en silos de trinchera con aproximadamente tres toneladas de capacidad. La planta de maíz para los dos experimentos se cortó de la misma parcela localizada en Texcoco, cuando el grano estaba en estado entre lechoso y masoso. Los ensilajes resultantes fueron analizados para conocer su composición proximal, pH y acidez volátil total (AOAC, 1960). El análisis de humedad se hizo extrayendo el agua por medio de tolueno para no incluir los ácidos grasos volátiles (AGV) como humedad (AOAC, 1960). La cantidad de ácido láctico de cada ensilaje fue medida por el método descrito por Barnett (1951). Se hicieron mediciones de nitrógeno total, amoniacal y ureico en cuatro muestras de cada ensilaje sin secar, empleando básicamente el método descrito por la AOAC (1960), pero incluyendo una modificación que consistió en llevar el pH de las muestras a 7.0 mediante una solución amortiguadora antes de ponerlas en contacto con la ureasa.

En el primer experimento se llevó a cabo una prueba de alimentación con 30 borregos castrados, cruce de Hampshire con criollo, que tenían seis meses de edad y un peso promedio de 26.0 kg. Estos animales fueron desparasitados y distribuidos completamente al azar en seis lotes de cinco borregos cada uno. Cada ensilaje se administró a libertad a dos lotes seleccionados al azar. Los lotes tuvieron libre acceso a una mezcla de sal, roca fosfórica y minerales traza similar a la empleada por Valadez y Raun (1963), pero en ningún caso se pro-

porcionó alimento suplementario al ensilaje sometido a prueba. La duración del experimento fue de 39 días después de un período de adaptación de 10 días. Durante la prueba se llevó registro de consumo de alimento por lote y ganancia de peso individual.

Después de terminada la prueba de alimentación del primer experimento, se seleccionaron seis borregos de cada tratamiento para determinar los coeficientes de digestibilidad aparente de los diferentes ensilajes. Para este fin, cada animal fue colocado en una corraleta individual y se mantuvo allí 15 días, a fin de adaptarlo y regularizar su consumo de alimento. Después se hizo colección total de heces durante siete días y se llevó registro del consumo de ensilaje.

En el segundo experimento se efectuó una prueba de alimentación, similar en diseño a la del primer experimento, sólo que la duración fue de 50 días y los borregos empleados fueron machos castrados de aproximadamente seis meses de edad, cruce de Rambouillet con criollo y con peso inicial promedio de 21.1 kg.

## **Resultados y discusión**

*Estudios in vitro.* En el Cuadro 1 se muestra el análisis proximal de los diferentes ensilajes empleados en los dos experimentos. Como era de esperarse, en el primer experimento la cantidad de proteína cruda (Nx6.25) fue mayor en los tratamientos adicionados con urea que en el testigo.

En el Cuadro 2 constan los resultados promedio de los análisis de nitrógeno total, nitrógeno amoniacal y ureico, pH, acidez volátil total y ácido láctico, practicados en cuatro muestras de ensilaje fresco de cada tratamiento. Se observará que los resultados de proteína cruda y nitrógeno total presentados en los cuadros 1 y 2 no son estrictamente comparables, ya que las muestras analizadas en el primer caso fueron secadas en estufa, con la consecuente pérdida de nitrógeno amoniacal. Los datos presentados en el Cuadro 2 indican que la pérdida de nitrógeno con la adición de urea al momento de ensilar fue mínima, ya que el contenido de nitrógeno detectado mediante análisis de ensilaje fresco es muy cercano a la cantidad esperada, tomando en cuenta el nitrógeno del silo testigo más la urea aplicada.

En el primer experimento, la cantidad de nitrógeno encontrada en forma de amoniacal y

**CUADRO 1**

**Composición proximal de ensilaje de maíz con o sin aditivos<sup>a</sup>**

Aditivo	Materia seca	Proteína cruda	Extracto etéreo	Cenizas	Fibra cruda	E. L. N.
Experimento 1						
T) Ninguno	19.1	5.8	1.6	7.9	26.4	58.3
U) Urea 0.5%	19.6	9.3	2.8	7.8	29.2	51.4
M + U Melaza 2.5%, +Urea 0.5%	23.0	10.1	2.0	8.0	26.3	53.6
Experimento 2						
A) Melaza 2.5%, + Urea 0.5%	19.8	10.7	2.1	8.8	31.6	46.8
B) Como A + 0.5% de CaCO <sub>3</sub>	22.5	11.4	3.0	10.9	29.7	45.0
C) Como A + 1.0% de CaCO <sub>3</sub>	22.5	12.3	2.9	11.0	31.0	42.8

<sup>a</sup> Valores expresados como % de la materia seca.

**CUADRO 2**

**Resultados de análisis practicados en muestras frescas de ensilajes de maíz**

Aditivo	N total %	N Amoniacal y ureico, % <sup>a</sup>	pH	Acidez volátil mgC <sub>2</sub> /ml jugo <sup>c</sup>	Ac. Láctico <sup>b</sup> %
Experimento 1					
T) Ninguno	0.19	1.0	4.0	3.5	7.0
U) Urea 0.5%	0.50	64.5	4.3	3.5	6.3
M + U Melaza 2.5% + Urea 0.5%	0.43	36.0	4.3	4.1	5.1
Experimento 2					
A) Melaza 2.5% + Urea 0.5%	0.36	36.0	4.2	5.0	5.1
B) Como A + 0.5% de CaCO <sub>3</sub>	0.48	30.4	4.3	3.6	4.6
O Como A + 1.0% de CaCO <sub>3</sub>	0.41	33.0	4.6	3.8	6.0

<sup>a</sup> Como porcentaje del N total.

<sup>b</sup> Como porcentaje de la materia seca.

<sup>c</sup> C<sub>2</sub>: = equivalente del ácido por ml de jugo del ensilaje.

urea fue mayor en el ensilaje que tuvo urea como único aditivo que en el ensilaje adicionado de melaza + urea, 64.5% y 36.0% del nitrógeno total, respectivamente (Cuadro 2). En el caso del segundo experimento, en donde todos los tratamientos incluían el aditivo melaza + urea, la proporción de nitrógeno total encontrada en forma de nitrógeno amoniacal y ureico fue muy cercana entre los tres tratamientos y parecida a la proporción encontrada en el ensilaje con melaza + urea del primer experimento. Estos resultados sugieren que la adición de melaza al silo con urea favoreció la síntesis de proteína microbiana a nivel del silo; sin embargo, esta hipótesis no puede ser firmemente sostenida con la limitada información obtenida en estos experimentos.

El pH del ensilaje testigo del primer experimento (Cuadro 2) fue ligeramente inferior al de los otros dos (4.0 vs. 4.3); esto pudo deberse a la acción amortiguadora de la urea añadida en los tratamientos U y M + U. En el segundo experimento se demostró la acción del carbonato de calcio en el pH de los ensilajes, ya que conforme aumentó la proporción de ese aditivo, el pH tendió a ser mayor.

La acidez volátil total del tratamiento M + U del primer experimento fue mayor que en los tratamientos testigo y con 0.5% de urea (Cuadro 2), efecto probable de la melaza adicionada al tratamiento M + U. En el segundo experimento los tratamientos que contuvieron carbonato de calcio mostraron una menor acidez volátil total, lo cual es congruente con la

observación de un pH mayor en esos ensilajes debido a la formación de sales de calcio de los ácidos grasos. La adición de 1.0% de carbonato de calcio aumentó ligeramente la cantidad de ácido láctico, efecto del que informan Klosterman, Bentley y Moxon (1963); sin embargo, la adición de 0.5% de carbonato de calcio no mostró el mismo efecto.

*Pruebas de alimentación.* Los resultados obtenidos de alimentar borregos en corrales con los diferentes tratamientos del primero y segundo experimentos aparecen en el Cuadro 3.

La duración del período de recolección de datos fue de 39 y 50 días para el primero y segundo experimentos, respectivamente. En el caso del primer experimento, el ensilaje que contenía melaza + urea mejoró las ganancias de peso 77% con respecto al testigo ( $P < 0.05$ ); en tanto que las diferencias entre los tratamientos testigo y el que tuvo urea como único aditivo no fueron estadísticamente significativas al 5% de probabilidad. El consumo de materia seca en el tratamiento M + U fue 23% mayor que el del testigo ( $P < 0.05$ ), pero no hubo diferencia significativa entre el testigo y el tratamiento con urea. Bajo las condiciones del primer experimento, el ensilaje que con-

tenía melaza + urea no sólo produjo las mejores ganancias de peso, sino también las más económicas (Cuadro 3).

En el segundo experimento no se lograron detectar diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los parámetros estudiados, sin embargo, el tratamiento con 1.0% de  $\text{CaCO}_3$  y tendió a ser el menos adecuado, resultado probable del exceso de calcio que causó un marcado desequilibrio entre el calcio y fósforo de este tratamiento.

Se observará (Cuadro 3) que las ganancias de peso y la relación consumo/ganancia del segundo experimento lucen mejores que las del primero, sin embargo, no es posible hacer una comparación entre experimentos, ya que además de las diferencias en tratamientos y sujetos experimentales, la primera prueba se llevó a cabo durante el invierno y la segunda durante la primavera en condiciones de temperatura ambiente más favorables.

*Pruebas de digestibilidad.* Los coeficientes de digestibilidad aparente de los tratamientos empleados en el primer experimento constan en el Cuadro 4. En todos los casos, la digestibilidad aparente del ensilaje con melaza + urea fue estadísticamente superior a la de los otros

CUADRO 3

**Resultados obtenidos al alimentar ovinos con ensilaje de maíz solo o con aditivos**

Aditivo	Ganancia Animal/día $\bar{x} \pm e. s.$	Consumo de M.S. animal día $\bar{x} \pm e. s.$	Consumo de M.S. Ganancia $\bar{x} \pm e. s.$	Costo/Kg ganancia <sup>a</sup> \$
Experimento 1 (39 días)				
T) Ninguno	44 ± 6.5 <sup>b</sup>	659 ± 11.5 <sup>d</sup>	15.0 ± 0.6 <sup>c</sup>	7.50
U) Urea 0.5%	32 ± 12.3 <sup>b</sup>	673 ± 3.5 <sup>d</sup>	21.2 ± 0.3 <sup>d</sup>	10.70
M+U) Melaza 2.5% + Urea 0.5%	78 ± 9.9 <sup>c</sup>	811 ± 12.5 <sup>e</sup>	10.7 ± 1.2 <sup>b</sup>	5.39
Experimento 2 (50 días)				
A) Melaza 2.5%+Urea 0.5%	90 ± 13.7	566 ± 9.5	6.5 ± 1.1	3.57
B) Como A + 0.5% de $\text{CaCO}_3$	96 ± 7.8	645 ± 6.5	6.7 ± 0.3	3.69
C) Como A + 1.0% de $\text{CaCO}_3$	69 ± 5.4	620 ± 8.0	9.1 ± 0.4	5.02

<sup>a</sup> Basado en los siguientes precios (\$/kg): ensilaje de maíz 0.10, melaza 0.60, urea 1.65 y  $\text{CaCO}_3$

0.20.

<sup>b,c</sup> Valores con diferente literal son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

<sup>d,e</sup> Valores con diferente literal son significativamente diferentes ( $P < 0.01$ ).

CUADRO 4

**Coefficientes de digestibilidad aparente de ensilajes de maíz,  
con y sin aditivos, obtenidos en ovinos**

Aditivo	Materia seca % $\bar{x} \pm e. s.$	Fibra cruda % $\bar{x} \pm e. s.$	Proteína cruda % $\bar{x} \pm e. s.$	Energía % $\bar{x} \pm e. s.$	Energía digestible Kcal/g M. S.
T) Ninguno	64.5 ± 2.6 <sup>a</sup>	67.9 ± 3.7 <sup>c</sup>	32.3 ± 3.6 <sup>c</sup>	64.8 ± 2.8 <sup>c</sup>	2.71
U) Urea 0.5%	63.5 ± 0.8 <sup>a</sup>	69.1 ± 1.2 <sup>c</sup>	53.3 ± 1.2 <sup>d</sup>	63.6 ± 1.0 <sup>c</sup>	2.67
M + U) Melaza 2.5% + Urea 0.5%	72.2 ± 0.7 <sup>b</sup>	76.5 ± 1.2 <sup>d</sup>	64.9 ± 1.6 <sup>e</sup>	72.6 ± 0.5 <sup>d</sup>	3.01

<sup>a, b</sup> Valores con diferente literal son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

<sup>c, d, e</sup> Para cada parámetro, valores con diferente literal son significativamente diferentes ( $P < 0.01$ ).

dos; la digestibilidad de la proteína cruda de los ensilajes con aditivos fue superior a la del testigo ( $P < 0.01$ ), y la del ensilaje con melaza + urea fue mayor a la del ensilaje con urea ( $P < 0.01$ ). Las observaciones anteriores aunadas a las de los estudios *in vitro* y pruebas de alimentación, sugieren que la adición de melaza además de urea favorece grandemente la utilización del nitrógeno ureico. El mecanismo de esta mejor utilización puede deberse a una mayor síntesis de proteína microbiana, tanto a nivel del silo como del rumen.

Desde el punto de vista energético, los coeficientes de digestibilidad aparente para la fibra cruda y energía total fueron mayores en el tratamiento melaza + urea ( $P < 0.01$ ), en tanto que las diferencias entre los tratamientos testigo y urea no fueron estadísticamente significativas. Debe considerarse que la adición de melaza al ensilaje aumentó automáticamente la energía digestible del mismo, pero el incremento en la digestibilidad de la fibra cruda en este tratamiento fue lo que marcó la gran diferencia en el cálculo final de la cantidad de energía digestible de los tres tratamientos.

Los resultados de los experimentos anteriormente expuestos indican que la melaza de caña empleada como aditivo en ensilaje de maíz con urea, mejora la utilización del nitrógeno no proteico y además incrementa la utilización de la energía del ensilaje.

La adición de los niveles de carbonato de calcio estudiados en ensilajes enriquecidos con melaza + urea aparentemente no mejora el valor nutritivo de los mismos.

### Summary

Two experiments involving 60 wether lambs were carried out to evaluate the addition of urea, molasses and  $\text{CaCO}_3$  as additives to corn silage. In the first trial, three treatments were used: control, control + urea and control + molasses + urea. In the second trial, the effect of adding  $\text{CaCO}_3$  to silages containing molasses + urea was studied. Urea and molasses were used at 0.5% and 2.5%, respectively, while  $\text{CaCO}_3$  was studied at 0.5% and 1.0%. Evaluations of silages were made by feeding trials, digestibility studies and chemical analyses (proximate, pH, total volatile fatty acids, lactic acid and urea and ammonia nitrogen). The results showed a negligible waste of the urea added. Urea additions did not improve rate of gain or feed intake, while molasses + urea improved average daily gain by 77% ( $P < 0.05$ ) and dry matter intake ( $P < 0.05$ ). Apparent digestibility coefficients of dry matter, crude protein, crude fiber and gross energy were higher in the molasses + urea treated silage ( $P < 0.05$ ) than in the control or urea treated silages. The percentages of the total nitrogen found as urea or ammonia in the molasses + urea and urea treated silages were 36.0 and 64.5, respectively. These observations suggested that molasses may have facilitated microbial protein synthesis from the urea in the silo. The addition of  $\text{CaCO}_3$  + molasses + urea did not improve the rate of gain or dry matter intake of the molasses + urea treated silage.

## Literatura citada

- A.O.A.C., 1960. *Official Methods of Analysis*. Ninth Edition. Washington, D.C., 832 pp.
- BARNET, A.J.G., 1951, The colorimetric determination of lactic acid in silage, *Biochem. Jour.*, 49:527.
- BENTLEY, O.G., E.W. KLOSTERMAN and P. ENGLE, 1955, The use of urea to increase the crude protein content of corn silage for fattening steers, *Ohio Agr. Exp. Sta. Research Bull.* 766.
- CONRAD, H.R., and J.W. HIBBS, 1954, Urea as a protein extender in dairy cattle rations, *Ohio Agr. Exp. Sta., Feed guide N° 7*.
- GOODE, L, E.R. BARRICK and D.F. TUGMAN, 1955, Wintering beef cattle on urea treated corn silage, *Proc. Assoc. Southern Agr. Workers*, 52:64.
- GORB, T.V. and I.S. LEBEDINSKII, 1960. Protein content of corn silage enriched by addition of urea, *Vestn. Sel'shokhoz*, Nauki N° 9:100.
- HOLZCHUH, W. and WETTERAN, 1961, Synthetische stickstoffverbindungen als garffutertzusätze. (Synthetic nitrogen compounds as additives to silage) *Deutsche, Landwirtsch.* 12:407 (L.P.G. Fütterungsberatungsstelle, Leetin) *Nutritional Abstracts and Reviews* 1962, 32:377. Abst. 1890.
- KLOSTERMAN, E.W., 1963, Corn silage improved by ground limestone, *Scientific Feeding*, Calcium Carbonate Co., Quincey, III.
- KLOSTERMAN, E.W. and O.G. BENTLEY, 1955, Increasing the crude protein content of corn silage by the addition of urea, *Ohio Agr. Exp. Sta. Animal Sci.*, Mimeo Series 96:7.
- KLOSTERMAN, E.W., O.G. BENTLEY and A.L. Moxon, 1963, Silage for fattening calves, *Ohio Agr. Exp. Sta. Animal Sci.*, Mimeo Series 79:10.
- KLOSTERMAN, E.W., A.L. MOXON, R.R. JOHNSON and P. ALTHOUSE, 1962, Addition of limestone to dry ground ear corn for fattening cattle, Report of Beef Cattle Research, *Ohio, Agr. Exp. Sta.*, pp. 9-11.
- KLOSTERMAN, E.W., W.L. ROLLER, N.B. KING and V.R. CAHILL, 1960, A study of housing and the feeding value of limestone + urea treated corn silage for fattening heifers, Report of Beef Cattle Research, *Ohio. Agr. Exp. Sta.*, pp. 3-6.
- KOZMANISVILII, A.G., 1959, Obogascenie Kukuruznogo silosa sinteticekoj movevinoj (Enriching maize silage with synthetic urea), *Ocevodstvo N° 6:36. Nutritional Abstracts and Reviews* 1960, 30:275.
- MADJANOV, A.V., A.G. KOZMANISVILLI and E.V. KISELER, 1958, Mocevina i semokislyi ammonij, rak istocnili obogascenija Kukuruznogo silosa, (Urea and ammonium sulphate for enriching maize silage) *Zivotnovodstvo*, N° 7:22. (Vses. Inst. Zivot.) *Nutritional Abstracts and Reviews* 1959, 29:687. Abstr. 3295.
- VALADEZ, S. y N.S. RAUN, 1963, Pasta de cártamo y urea en comparación con harinolina con raciones altas de caña de azúcar. *Téc. Pec. Méx.*, 1:47.
- WOODWARD, T.E. and J.B. SEPHERD, 1944, Corn silage made with the addition of urea and its feeding value. *J. Dairy Sci.*, 27:648.