

MEJORAMIENTO DEL VALOR NUTRITIVO DE ENSILAJES DE CAÑUELA DE MAÍZ PARA EL BORREGO, MEDIANTE LA ADICIÓN DE HIDRÓXIDO DE AMONIO O DE UREA¹

ELENA PARTIDA BECERRA^{2, 3}
ALVARO JIMÉNEZ DUARTE³
LEONEL MARTÍNEZ ROJAS^{3, 4}
ARMANDO S. SHIMADA³

Resumen

Se efectuó un estudio con objeto de determinar mediante el comportamiento de borregos Polibuey en etapa de finalización, el valor nutritivo de la cañuela de maíz (planta verde sin mazorca) tratada con hidróxido de amonio al tiempo de ensilar, comparándola con cañuela más urea y con planta de maíz con mazorca en estado lechoso-masoso. Se emplearon 144 animales, los cuales se alimentaron de acuerdo a un diseño de bloques al azar en un arreglo factorial 3×2 (3 forrajes: maíz completo, cañuela con urea y cañuela con amonio; 2 suplementos: 15% de proteína cruda (sorgo y girasol) y 25% de proteína cruda (girasol y sorgo) durante el tiempo necesario para que alcanzaran el peso de mercado (35 kg). Los datos de comportamiento mostraron los promedios más altos para los ensilajes de maíz completo, habiendo diferen-

cias altamente significativas ($P < 0.01$); los resultados fueron intermedios para el ensilaje de cañuela adicionada con urea y los más bajos para la cañuela adicionada con hidróxido de amonio. De los suplementos, resultó ser más eficaz el de 15% de proteína cruda para cualquiera de los ensilajes.

Introducción

El maíz (*Zea mays*) es el cereal más importante en la dieta del mexicano. Se cultiva para obtener principalmente el grano; la parte aérea restante, una vez seca, representa la tercera parte de los nutrimentos digestibles totales de la planta. Sin embargo, debido a que la cosecha de la mazorca se efectúa una vez marchita la planta, el rastrojo es un esquilmo lignificado de bajo valor alimenticio aun para los animales rumiantes que consumen este forraje (Martínez y Vargas, 1982; Castañeda *et al.*, 1982; Urrutia, Martínez y Shimada, 1982). Para poder utilizar mejor la planta del maíz, se ha pizcado la mazorca cuando la planta está aún verde con un 60-65% de humedad, para poder ser ensilada teniendo todavía nutrimentos aprovechables (celulosa y hemicelulosa) y con un menor porcentaje de lignificación (Shimada, Wilson y Harpster, 1984).

Los tratamientos químicos se han utilizado para mejorar la digestión de forrajes de baja calidad para los rumiantes; además la aplicación de amonio anhídrido incrementa el nitrógeno del forraje. Algunos estudios han demostrado exitosos reemplazos de pro-

¹ El manuscrito forma parte del proyecto "Estudios sobre manipulación de la fermentación en ensilajes de forrajes y subproductos tropicales", (PYT/NAL/81/1200), auspiciado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

² Este trabajo es parte de la tesis de licenciatura que el primer autor sometió a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la Universidad Nacional Autónoma de México, como requisito para la obtención del título correspondiente.

³ Coordinación Nacional de Nutrición Animal, Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias (INIP), Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), Apdo. Postal 41-652, México, D.F.

⁴ Centro Experimental Pecuario del Estado de México, INIP-SARH, Apdo. Postal N° 32, Suc. "C", Toluca, Edo. de México.

teína natural en dietas para corrales de engorda, con amonio agregado al ensilar (Lomas, Fox y Black, 1982; N.R.C. 1980).

Los objetivos de esta investigación consisten en evaluar mediante el comportamiento de borregos en etapa de finalización, el valor nutritivo de la cañuela de maíz tratada con hidróxido de amonio o adicionada con urea al ensilar.

Material y métodos

El presente trabajo se efectuó en el Departamento de Nutrición Animal, Unidad Central del INIP en Palo Alto, México, D.F.

Se utilizaron 144 borregos machos enteros de la raza Tabasco con peso promedio de 27.7 ± 3.06 kg y con 1.5 ± 1.23 años de edad promedio. Se mantuvo a los animales dentro del experimento hasta que alcanzaron los 35 kg de peso vivo.

Los animales se sometieron a un período de adaptación de 20 días, en los cuales se desparasitaron⁵ internamente (previo análisis coproparasitoscópico). Se identificaron con aretes de plástico y se implantaron⁶ pesándose previa dieta de sólidos de 12 horas. Los borregos se colocaron en 18 corrales con piso de cemento provistos de comederos y bebederos de pila. Los pesos se determinaron los días 0, 30, 43, 57, 71, 74 y 75 del experimento. Se usó una parcela de maíz (*Zea mays*) de la variedad Ixtlahuaca, sembrada el 26 de abril de 1982, en condiciones de temporal, con una densidad de semilla de 26 kg/ha, en el Estado de México. Fertilizada con 500 kg de N; 300 kg de superfosfato y 60 kg de cloruro de potasio/ha. Una parte del forraje fue cortado, picado mecánicamente, transportado a la Unidad Central del INIP y ensilado los días 14, 15 y 17 de septiembre, cuando el grano estaba en estado lechoso-masoso. La pizca de las mazorcas del forraje sobrante de la misma parcela, se realizó

manualmente los días 10, 11 y 13 de octubre. El corte y picado mecánico de la cañuela se llevó a cabo los días 14, 18 y 20 del mismo mes. La materia seca de la planta fue de 35%. Cada ensilaje experimental fue preparado en silos de concreto con capacidad de 6 toneladas cada uno, de acuerdo a los siguientes tratamientos:

1. Maíz con mazorca en estado lechoso-masoso sin tratar.
2. Cañuela + urea.
3. Cañuela + hidróxido de amonio.

Los tratamientos 2 y 3 se calcularon en base isonitrogenada (12% de proteína cruda).

Para el tratamiento 1, el maíz picado se colocó y apisonó en los silos experimentales en capas de 500 kg; en el 2, se mezclaron 4 kg de urea por cada 500 kg de cañuela y se compactó, y en el 3 se adicionaron 50 litros de agua amoniada (en promedio 4.26% de nitrógeno) por cada 500 kg de cañuela ya compactada. Los silos se cubrieron con un material plástico y el día 4 de noviembre se abrieron para comenzar la prueba biológica.

Se utilizaron 2 suplementos:

- I. Proteínico con 25% de proteína cruda. Pasta de girasol (86.1%); sorgo molido (13.9%).
- II. Energético con 15% de proteína cruda. Sorgo molido (65.9%); pasta de girasol (34.1%).

A los suplementos se les agregó monensina sódica⁷ a una dosis de 75 miligramos/kg de alimento desde el doceavo día de iniciado el experimento. Se ofreció una mezcla de minerales *ad libitum*.

Los ensilajes se ofrecieron a libertad, llevándose un registro diario de sobrantes por corral; se dio el 1% del peso vivo promedio del corral por animal del suplemento con 25% de proteína cruda y el 1.5% del peso vivo promedio del corral por animal del suplemento con 15% de proteína cruda. Estos porcentajes se recalcularon después de cada determinación del peso de los animales.

⁵ Albendazole de Smith and Kline, en dosis de 5 mg/kg; Tresulfas de Carlo Erba, en dosis de 3 comprimidos de 0.5 g cada uno por cada 10 kg de peso vivo.

⁶ Ralgro de IMC, en dosis de 12 mg/animal.

⁷ Rumensín de Elanco.

Se tomaron muestras (3 kg) de los ensilados el día que se abrieron y periódicamente cada 14 días a lo largo del experimento.

Las muestras se colocaron en bolsas de polietileno, extrayéndose el aire antes de sellarlas y colocarlas en un congelador (-4C). Se analizaron, al igual que los forrajes frescos sin aditivo (conservados de igual manera) por medio de métodos químicos para determinar su contenido de humedad por arrastre con tolueno, pH, nitrógeno total, nitrógeno amoniacal, nitrógeno-ácido-detergente, nitrógeno no proteínico, fracciones de fibra, energía bruta y cenizas (A.O.A.C., 1980; Pearson, 1970; Jacobs, 1965; Van Soest y Wine, 1967).

El sorgo y el girasol se analizaron para determinar su contenido de materia seca y de nitrógeno total (A.O.A.C., 1980).

Los borregos se distribuyeron en tres bloques por peso promedio similar; cada bloque se diseñó completamente al azar a los tratamientos de un arreglo factorial 3×2 (3 forrajes: maíz completo sin tratar; cañuela-urea; y cañuela-NH₄OH, con 2 suplementos: proteínico y energético) con tres repeticiones de ocho animales cada una.

Se calcularon ganancias de peso, consumo de alimento diario, consumo de alimento diario por kilogramo de peso metabólico y conversión alimenticia (consumo/ganancia)

que se analizaron estadísticamente siguiendo los métodos descritos por Snedecor y Cochran (1980).

Resultados

Algunas de las características composicionales de los forrajes antes de ensilarlos se muestran en el Cuadro 1. El Cuadro 2 contiene el análisis químico de los ensilajes en los diferentes muestreos efectuados una vez destapados los silos.

En los ensilajes tratados, el mayor contenido de proteína (N \times 6.25) le correspondió al ensilaje de cañuela-urea (21.63%) en comparación con el de maíz completo y cañuela-amonio (11.31 y 16.76, respectivamente).

Las cenizas totales aumentaron en los ensilajes de cañuela y la fibra neutro detergente se mantuvo constante en los forrajes después de ensilados.

El ensilaje de cañuela-amonio, en comparación con el de cañuela-urea presentó un pH un poco menos ácido (Cuadro 2), siendo el del maíz completo (3.75) considerado en el rango normal (Garza *et al.*, 1980).

La ganancia diaria de peso de los borregos alimentados con ensilaje de maíz completo fue superior en comparación a la ob-

CUADRO 1

Análisis químico del maíz completo y la cañuela previos al ensilaje. Base seca

	Maíz completo	Cañuela
Humedad, %	81.2 \pm 0.4	68.4 \pm 0.4
Proteína cruda (N \times 6.25)	14.86 \pm 1.32	8.65 \pm 0.45
Cenizas, %	7.79 \pm 0.015	6.17 \pm 0.11
Paredes celulares, %	50.16 \pm 0.84	45.90 \pm 0.71
Contenido celular, %	49.85 \pm 0.84	54.10 \pm 0.71
Nitrógeno de ácido detergente, %	0.2437	0.1625
Nitrógeno no proteínico, %	0.77	0.51
Nitrógeno amoniacal, % ^a	0.348	0.66 \pm 0.06
Energía bruta, kcal/kg	2247.22 \pm 9.51	2153.91 \pm 97.43
pH	7.55 \pm 0.05	5.37 \pm 0.03

a Con base en nitrógeno total.

CUADRO 2

Características composicionales de los forrajes ensilados, maíz completo sin tratar, cañuela-urea y cañuela-hidróxido de amonio

Forraje aditivo	Ensilados		
	Maíz completo Ninguno	Cañuela Urea	Cañuela Hidróxido de amonio
Humedad, %	79.06 ± 1.38	75.54 ± 1.85	74.92 ± 1.41
Proteína cruda ^a , %	11.31 ± 0.86	21.63 ± 1.12	16.76 ± 4.75
Cenizas, %	8.61 ± 1.45	12.64 ± 2.57	11.89 ± 1.03
Paredes celulares, %	52.64 ± 7.25	56.18 ± 11.4	57.4 ± 7.73
Contenido celular, %	47.36 ± 2.86	43.81 ± 11.4	42.59 ± 7.74
Nitrógeno de ácido detergente, %	0.3172 ± 0.07	0.3562 ± 0.03	0.3869 ± 0.04
Nitrógeno no protéinico, %	1.033 ± 0.12	1.99 ± 1.41	1.19 ± 0.31
Nitrógeno amoniacal, % ^a	6.902 ± 1.17	37.64 ± 15.93	24.296 ± 12.65
Energía bruta, kcal/kg	2333.16 ± 22.37	2216.67 ± 39.08	2241.88 ± 51.20
pH	3.75 ± 0.45	5.9 ± 1.8	5.4 ± 1.04

a Con base en nitrógeno total.

tenida con los ensilajes de cañuela de maíz ($P < 0.01$) (Cuadro 3); igualmente los animales en los tratamientos con suplemento energético (15% de proteína cruda) ganaron más peso que aquellos alimentados con los suplementos de 25% de proteína cruda ($P < 0.01$). La interacción de forraje por suplemento no fue significativa.

En el caso del consumo diario de materia seca total y consumo sobre kg de peso metabólico, se observó la misma tendencia mencionada para la ganancia diaria de peso.

Discusión

El pH del ensilaje de cañuela-amonio fue menor en relación con el ensilaje de cañuela-urea, lo que puede deberse a un nivel bajo de fermentación y un efecto amortiguador del amonio libre (Glewen and Young, 1982).

Los contenidos de proteína ($N \times 6.25$), nitrógeno no protéinico y nitrógeno amoniacal del ensilaje de cañuela-urea fueron superiores en comparación con el ensilaje de cañuela-amonio, lo que probablemente

se haya debido a la pérdida del amonio de este último al tiempo de ensilar. Lomas *et al.* (1982) informan que sólo se recobra una tercera parte del nitrógeno agregado al forraje en el momento de ofrecerlo a los animales, ya que es sumamente volátil. De cualquier forma los valores de nitrógeno de los ensilajes de cañuela fueron muy elevados en relación con el cálculo efectuado al ensilar, lo que tal vez podría explicarse ya sea por una mala distribución del aditivo, o por un mal muestreo del silo. El ensilaje de maíz completo presentó menos proteína que los ensilajes tratados.

El mejor comportamiento de los animales de los tratamientos del maíz completo puede tener varias explicaciones como son el hecho de que tal ensilaje proporcionó un mejor balance nutricional, o un mayor aporte de energía (dada por la mazorca), una mayor gustosidad y posiblemente la menor lignificación del producto, lo cual pudo haberse traducido en una mejor digestibilidad del mismo (Shimada *et al.*, 1984; Garza *et al.*, 1982; Urrutia *et al.*, 1982); debe recordarse que los ensilajes de cañuela de maíz no sólo no contaban con la mazorca,

CUADRO 3

Comportamiento de borregos Tabasco en finalización, alimentados con ensilajes de maíz y dos suplementos

Ensilaje Proteína del suplemento, %	Maíz completo		Cañuela + Urea		Cañuela + NH ₄ OH		S \bar{x}
	15	25	15	25	15	25	
Ganancia diaria promedio, g	154 a	145 a	126 ab	92 bc	117 ab	70 c	10.8
Consumo diario de ensilaje, g	840 ab	924 a	795b	731 b	789 b	756 b	20.1
Consumo diario de concentrado, g	436 a	281 d	428 abc	281 d	430 ab	280 d	7.5
Consumo diario de materia seca, g	1,276 x	1,204 xyz	1,224 xy	1,062 yz	1,220 xy	1,036 z	54.9
Consumo diario por kg ^{0.75} , g	95 a	90 ab	92 ab	81 b	92 ab	81 b	1.9
Conversión alimenticia	8.3 c	8.7 bc	9.7 bc	12.9 ab	10.6 abc	14.8 a	1.3

a, b, c, d Para cada parámetro, valores con diferente literal son estadísticamente desiguales (P < 0.01).

x, y, z Valores con diferente literal son estadísticamente desiguales (P < 0.05).

que aporta cantidades considerables de almidones solubles altamente disponibles para el rumiante, sino que además eran plantas que tenían 4 semanas más de edad, lo que significa que la relación celulosa-lignina pudo ser más estrecha. Los complejos lignocelulósicos son de menor digestibilidad, fenómeno que tiende a deprimir el consumo voluntario (Berger *et al.*, 1979), independientemente de la composición del suplemento. Sobre estos últimos debe recordarse que se proporcionaron en relación con el peso vivo de los animales (1% para el suplemento con 25% de proteína cruda y 1.5% para el de 15% de proteína cruda) lo que se hizo pensando en aportar cantidades similares de nitrógeno suplementario. Esta diferencia en cantidad proporcional y por ende en energía disponible ofrecida pudo ser la causa de la diferencia significativa en comportamiento por parte de los animales.

Literatura citada

- A.O.A.C., 1980, Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., U.S.A.
- BERGER, L.L., J.A. PATERSON, T.J. KLOPFENSTEIN and R.A. BRITTON, 1979, Effect of harvest date and chemical treatment on the feeding value of corn stalklage. *J. Anim. Sci.*, 49:5: 1312-1316.
- CASTAÑEDA, F.E., C.J. ESPINOZA, E.J. SIERRA y B.A. RIVEROLL, 1982, Esquilmos agrícolas. Primer Simposio sobre el Aprovechamiento de Esquilmos Agrícolas y Subproductos Industriales para la Alimentación Animal, SARH, Subsecretaría de Ganadería, Dirección General de Aprovechamientos Forrajeros, Compilación de Resúmenes.
- GARZA F., J.D., MA. G. BERNAL S., F. GONZÁLEZ-RUBIO y A.S. SHIMADA, 1980, Ensilajes de planta completa o de cañuela de maíz como fuente de forraje para vaquillas Holstein. *Téc Pec. Méx.*, 39:7-12.
- GLEWEN, M.J. and A.W. YOUNG, 1982, Effect of ammoniation on the refermentation of corn silage. *J. Anim. Sci.*, 54:713-718.
- JACOBS, M.B., 1965, The chemical analysis of food and food products. 3th ed., *D. Van Nostrand Co., Inc.*, Princeton. New Jersey.
- LOMAS, L.W., D.G. FOX and J.R. BLACK, 1982, Ammonia treatment of corn silage. 1. Feedlot performance of growing and finishing steers. *J. Anim. Sci.*, 55:909-923.
- MARTÍNEZ, H.A. y M.B. VARGAS, 1982, Recursos forrajeros en México. Primer Simposio sobre el Aprovechamiento de Esquilmos Agrícolas y Subproductos Industriales para la Alimentación Animal, SARH, Subsecretaría de Ganadería, Dirección General de Aprovechamientos Forrajeros, Compilación de Resúmenes.
- N.R.C., 1975, Nutrient Requirements of Domestic Animals. N° 5, Nutrient Requirements of Sheep. 5th revised ed. *National Academy of Sciences-National Research Council*, Washington, D.C.
- PEARSON, D., 1970, The chemical analysis of foods. *Chemical Publishing Co., Inc.*, New York.
- SNEDECOR, G.W. and W.G. COCHRAN, 1980, Statistical Methods, 7th ed., *Iowa State University Press*, IA, U.S.A.
- URRUTIA, M.J., L. MARTÍNEZ R. y A.S. SHIMADA, 1982, Valor nutritivo del rastrojo y ensilaje de maíz, con y sin mazorca, tratados con hidróxido de sodio para borregos en crecimiento. *Téc. Pec. Méx.*, 42:7-16.
- VAN SOEST, J.J. and R.H. WINE, 1967, Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. The determination of plant cell wall constituents. *J. Assoc. Official Anal. Chem.*, 50:50.

Summary

One hundred and forty four male Pelibuey finishing sheep, with an average live weight of 27.7 ± 3.06 kg were used in a 3×2 factorial arrangement of treatments (3 forages: corn silage, corn stalklage with urea and corn stalklage with NH_4OH ; 2 supplements: 15% crude protein (sorghum and sunflower) and 25% crude protein (sunflower and sorghum) during the necessary time to reach 35 kg of live weight. It was conducted to evaluate through performance parameters, the value of corn stalklage treated with ammonia at the time of ensiling, comparing it with corn stalklage-urea and corn silage.

Performance data showed higher averages for corn silage ($P < 0.01$) followed by stalklage + urea and finally stalklage + NH_4OH . The 15% protein supplement was more effective with either silage.