

TRABAJO ORIGINAL

GRANO DE MAÍZ HÚMEDO CONSERVADO CON UREA EN DIETAS DE ENGORDE A CORRAL*

Urea-conserved high-moisture corn for feedlot diets

PORDOMINGO^{1,2}, A.J., JUAN¹, N.A. Y AZCARATE^{1,2}, M.P.

EEA Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas". Facultad Agronomía, UNLPam

RESUMEN

El presente trabajo evaluó el valor nutritivo en engorde a corral del grano de maíz entero, conservado mediante tratamiento húmedo, tratado con urea. Los tratamientos fueron: T1 = grano de maíz seco, molido; T2 = silaje de grano húmedo de maíz, aplastado y T3 = grano húmedo de maíz entero, conservado con urea. Al maíz destinado a T3 se agregó urea perlada a razón del 3% del peso seco durante el almacenaje. El ensayo tuvo lugar durante 108 días, en dos períodos consecutivos de 58 y 50 días. Se utilizaron 36 vaquillonas y 36 novillitos Angus, bloqueados por sexo, estratificados por peso en 4 grupos y asignados al azar de a 3 por corral. Sobre los corrales se impusieron los tratamientos, basados en 78% de grano de maíz (base MS). Se sometieron los resultados a ANOVA en un diseño de parcela dividida (medidas repetidas). Se detectaron interacciones ($p < 0,01$) entre tratamientos, sexo y período. En el primer período, el nivel de consumo resultó inferior para los tratamientos con granos húmedos T2 y T3 ($p < 0,05$). El ADPV en T3 resultó un superior ($p < 0,05$) a T2 y similar a T1 ($p > 0,32$) a T1 en ambos sexos. En T3 también se registraron las mejores ($p < 0,05$) eficiencia de conversión. En el segundo período, el consumo resultó similar ($p > 0,12$) entre tratamientos en vaquillonas y algo superior en T2 y T3 en novillos. El ADPV y la eficiencia de conversión fueron superiores ($p < 0,05$) en T2 y T3, comparados con T1. En los 108 días, los animales expuestos a T1 y T2 manifestaron ADPV similares y 12% inferiores ($p < 0,01$) a T3. La eficiencia de conversión de la MS resultó similar ($p = 0,87$) entre T1 y T2, y fue 5% superior ($p < 0,05$) para T3. Los resultados indican que el grano de maíz cosechado húmedo, conservado con urea y ofrecido entero para dietas de alto grano tiene un potencial similar o incluso superior al del maíz seco y molido o silaje de grano húmedo.

Palabras clave: grano húmedo de maíz, conservación con urea, silaje de grano húmedo, engorde a corral, conservación húmeda.

Recibido: 23 de febrero de 2000

Aceptado: 15 de julio de 2001

* Los autores agradecen especialmente la colaboración del Sr. Carlos Urquiza y su personal en la conducción del ensayo. Este trabajo fue conducido con el aporte económico de INTA y la Asoc. Coop. de INTA Anguil.

1. EEA Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas". C.C. 11 (6326) Anguil, La Pampa.

2. Facultad Agronomía UNLPam.

SUMMARY

The present research evaluated the nutritive value of whole, urea-treated high-moisture corn, compared with dry ground corn and silage of rolled high-moisture corn. A feedlot study was carried out during 108 days, comprised of 2 consecutive periods of 58 and 50 days. Thirty six Angus heifers and 36 Angus steers were blocked by sex, stratified by weight, and assigned randomly in triplets to feeding pens. Pens were the experimental units on which diets were imposed: T1 = dry ground corn; T2 = silage of rolled high-moisture corn; T3 = urea-treated high-moisture whole corn. Corn comprised 78% of diets. Urea was added (3 kg/100 kg of corn on DM basis) to the grain destined for T3 during stockpiling immediately after harvest. Data were submitted to ANOVA-repeated measures procedure with a split-plot model. Interactions among treatment, sex and period were detected ($p < 0.01$). In Period 1, DMI was lower ($p < 0.05$) for T2 and T3, compared with T1. Gain was greater ($p < 0.05$) in T3 compared to T2 and similar to T1. Feed efficiency was greater ($p < 0.05$) in T3, compared to the other treatments. In Period 2, DMI did not differ ($p > 0.12$) among treatments in heifers, was superior ($p < 0.05$) in T2 y T3, compared with T1. Weight gain and feed efficiency were greater ($p < 0.05$) for T2 and T3 than for T1. Over the study, animals of both sexes exposed to T1 and T2 expressed similar ADG, which was 12% lower ($p < 0.01$) than ADG of T3. Feed efficiency was similar ($p = 0.87$) for T1 and T2, and 5% greater ($p < 0.05$) for T3. Results showed that urea conserved, high moisture corn, supplied whole, would have a similar or even greater feed potential than ground dry corn or high moisture corn grain silage.

Key words: urea-conserved high-moisture corn, high-moisture corn silage, feedlot diets, high-moisture conservation, corn diets, beef cattle.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha difundido en el país la suplementación con granos conservados húmedos (Bragachini, Cattani, Ramirez, Moreno, Viviani Rossi y Gutierrez, 1995; Romero, Díaz y Giordano, 1996a). La calidad obtenida, determinada en laboratorio o en ensayos de performance animal, ha sido calificada como similar a la de los granos secos (Clark, 1980; Kennelly, Dalton y Ha, 1988; Voelker, Casper, Ludens y Schingoethe, 1989; Herrera-Saldana, Huber u Poore, 1990; Romero, Díaz, Bruno, Comerón y Gaggiotti, 1996b; Romero, Díaz y Comerón, 1997; Juan, Pordomingo, Velilla y Jouli, 1998; Pordomingo y Juan, 2000). Estudios de los efectos de la conservación húmeda sobre el grado y sitio de digestión han detectado incrementos de la degradabilidad ruminal de granos con almidón de baja solubilidad como el maíz y el sorgo (Hibberd, Wagner, Schemm, Mitchell, Weibel y Hintz, 1982; Bri-

tton y Stock, 1986).

Para conservar el grano húmedo sin que se deteriore por putrefacción es necesario controlar el desarrollo de microorganismos indeseables. El ensilado es la técnica más difundida. Esta técnica aprovecha el desarrollo de acidez (pH 4,5 a 5) en un medio anaerobio y de fermentación mayoritariamente láctica para eliminar las oxidaciones y fermentaciones de la putrefacción, reducir la tasa de degradación de la materia orgánica y así preservar en el tiempo el material original.

Una técnica alternativa, menos explorada, es la conservación en un medio alcalino. Esta opción no requiere de la anaerobiosis necesaria en el silaje. La masa de grano se puede alcalinizar mediante el agregado de urea (2 al 3% de la materia seca) durante la descarga del grano de la tolva o camión que lo transporta recién cosechado, con 30 a 35% de humedad, almacenada en una pila en tinglado o galpón, o en un silo aéreo de malla metálica para granos. Con la humedad

propia del grano la urea se hidroliza, solubiliza y convierte en amoníaco, el cual da origen a hidróxido de amonio, elevándose el pH hasta 8,5. Ese medio impediría el desarrollo de la microflora fúngica y bacteriana responsable de la putrefacción (Ghate y Bilansky, 1981; Russell, Lin, Thomas y Mora, 1988; Russell y Schmidt, 1993).

En contraposición al ensilado, al no ser exigente en anaerobiosis, esta técnica implicaría un ahorro en la estructura de conservación y facilitaría la tarea de producción de la reserva. Adicionalmente, existen antecedentes que indican que el amoníaco provocaría un ablandamiento del pericarpio del grano, lo que haría innecesaria la molienda o partido del grano para lograr una buena digestión en el bovino (Russell y Schmidt, 1993).

Los bajos rendimientos de los granos en las regiones marginales y los costos asociados a su conservación ácida (silo puente o trinchera, bolsa plástica, embolsadora, etc.), hacen del silaje una técnica costosa por unidad de materia seca y de energía digestible. Si bien la técnica de conservación de grano húmedo con urea ofrece las ventajas antes mencionadas, existen en la región escasas experiencias que demuestren el potencial de los granos así conservados en producción animal (Juan y otros, 1998; Pordomingo y Juan, 2000). Consecuentemente, el presente trabajo tuvo por objetivo evaluar el valor nutritivo del grano de maíz húmedo, conservado con urea, comparado con silaje de grano húmedo y con grano seco como componentes energéticos de dietas de engorde a corral.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El ensayo tuvo lugar en la EEA Anguil "Ing.Agr. Guillermo Covas" del INTA (36°30' de latitud sur, 63°59' de longitud oeste, 165 msnm.), localizada próxima a Anguil, Provincia de La Pampa, durante 1999.

Tratamientos

En un ensayo de alimentación a corral de 108 días se utilizaron 36 vaquillonas y 36 novillitos Angus de 8 meses de edad, con $207,9 \pm 15,4$ y $232,9 \pm 16,3$ kg de peso inicial, respectivamente. Los animales fueron separados en bloques por sexo, estratificados por peso en 4 estratos homogéneos, y asignados de a 3 por corral al azar. Sobre los corrales se impusieron los tratamientos consistentes en 3 dietas energéticas (78% de grano de maíz), equivalentes en energía, pero variables en la presentación del grano: T1 = grano de maíz seco; T2 = silaje de grano húmedo de maíz, y T3 = grano húmedo de maíz conservado con urea. El grano conservado con urea fue ofrecido entero. El grano húmedo ensilado fue aplastado al momento del embolsado para conservación en medio ácido (silobag). El grano seco fue conservado entero en silo aéreo y molido previo al suministro en moladora a martillos.

Las dietas elegidas fueron variables en la presentación del grano y en la técnica de conservación sin compararse todas las alternativas posibles. Las elecciones de los tratamientos, sin embargo, se centró aquellas de mayor aplicación. Se propuso comparar la conservación con urea al menor costo (sin procesado del grano), con las alternativas conocidas que permitan la mayor expresión del potencial nutricional del mismo grano conservado en seco o en húmedo. Tampoco los tratamientos fueron equiparados en el contenido de N resultando T3 en el de mayor contenido de PB, debido al elevado nivel N incorporado con fines de conservación del grano en húmedo. Aunque ese nivel podría haber penalizado la utilización de la energía metabolizable, se lo consideró una condicionante propia de la técnica. En el mismo sentido, la incorporación de N adicional en T1 y T2 habría colocado a estos tratamientos en un plano comparativo sin extrapolabilidad práctica.

Se utilizó el mismo maíz Dekalb 4F37, cosechado en húmedo o en seco. El grano húmedo se cosechó con 30,1% de humedad y una parte del mismo se destinó a la conservación aeróbica con urea. Esta fracción se almacenó en un silo aéreo de malla "Cima", revestido con plástico negro del lado interno. Completada la cantidad necesaria se cubrió el silo también con plástico. Con el uso del plástico se pretendió evitar el secado excesivo del material en la periferia, pero no generar anaerobiosis. Durante el llenado del silo se agregó urea perlada (46% N) a razón del 3% del peso de grano en base seca, a través del sin-fin de descarga.

El resto del grano húmedo fue embutido en bolsa plástica ("silobag") correspondiente al tratamiento de silaje de grano húmedo. El grano fue aplastado previo al embolsado. Se aseguró que el aplastado fuera riguroso, sin dejar granos enteros. Por último, cuando el remanente del cultivo alcanzó el 12% de humedad en grano se procedió a la cosecha del grano "seco" y se lo almacenó en silo aéreo común.

Las dietas incluyeron una proporción mayoritaria de grano de maíz (78% en base seca); una fuente de fibra (heno de alfalfa, HA), una fuente proteica y nitrogenada (expeller de girasol y urea) y una mineral (harina de hueso, conchilla y sal común) (Cuadros 1 y 2). Se adicionó además un núcleo vitamínico - mineral, y un ionóforo (monensina). El heno de alfalfa fue confeccionado al 25% de floración, en rollos, y molido con moledora de rollos. La ración completa fue mezclada y suministrada diariamente por corral, a las 10:00, en cantidad excedente en 20% del consumo diario de MS (CMS) estimado para asegurar un consumo sin restricciones.

Se condujeron dos períodos consecutivos de medición, el primero de 58 días y el segundo de 50 días. El primer período se planeó para identificar efectos diferenciales de los tratamientos en aumento de peso. Aunque los animales fueros expuestos durante la semana previa al inicio del ensayo a las

dietas tratamiento, la variabilidad del consumo observada en experiencias preliminares hacía suponer un proceso de acostumbramiento más prolongado de lo habitual en la dieta con grano conservado con urea (Juan y otros, 1998). Adicionalmente, la composición del aumento de peso entre categorías podría interactuar con períodos dependiendo del ritmo de engorde.

Determinaciones

Consumo voluntario. Se determinó el consumo de MS (CMS) por tratamiento y repetición en forma continuada a través de pesadas diarias del alimento ofrecido y el remanente y en función de esta información se ajustó la cantidad ofrecida semanalmente. Se muestreó el alimento ofrecido una vez cada 15 días para análisis del contenido de MS y calidad. Finalmente, se asignó a cada unidad experimental el promedio correspondiente por corral y período. Con la información de digestibilidad **in vitro** se calculó el CMS digestible ($CMSD = CMS * \text{digestibilidad in vitro de la MS}$) y consumo de EM ($CEM = CMSD * 0,82 * 4,4 \text{ Mcal kg}^{-1} \text{ MS}$; NRC, 1996). Para realizar comparaciones del nivel de consumo sin efecto del peso del animal se expresó también el CMS en función del peso vivo medio ($CMS\%PV$) por período o de todo el ensayo.

Composición química de la dieta. Con un alícuota de cada una de las muestras de los componentes de las dietas se constituyó una muestra compuesta, utilizada para estimar la calidad nutritiva promedio de los constituyentes en: MS, PB (AOAC; 1990), FDN (Robertson y Van Soest, 1981), FDA, lignina (Goering y Van Soest, 1970), digestibilidad **in vitro** (Tilley y Terry, 1963) y concentración de energía metabolizable (EM, Mcal kgMS^{-1} ; NRC, 1996). El valor nutritivo de cada dieta se determinó a partir de la composición de sus constituyentes y la integración de las proporciones ofrecidas en base seca.

Peso vivo. Se estimó el peso vivo (PV) inicial, a los 58 y a los 108 días de ensayo.

CUADRO 1: Composición química de los granos de maíz y del heno utilizados en las dietas de bovinos en engorde a corral.

Table 1: Chemical composition of corn grain and hay used in feedlot cattle.

Parámetros ²	GMS ¹	SMH	MHU	HA
MS, %	88,0	70,0	72,9	86,0
pH	--	5,09	7,87	--
PB, %	8,8	9,0	16,9	16,2
FDN, %	13,3	7,7	12,9	62,9
FDA, %	3,7	2,6	4,0	40,1
DIVMS, %	86,0	86,8	85,8	57,7
EM, Mcal kg MS ⁻¹	3,10	3,13	3,09	2,08

¹ GMS= maíz seco molido; SMH= silaje de grano húmedo de maíz, embolsado aplastado; MHU= grano húmedo de maíz conservado con urea, entero; HA= heno de alfalfa.

² MS= materia seca; PB= proteína bruta; FDN= fibra detergente neutro; FDA= fibra detergente ácido; DIVMS= digestibilidad *in vitro* de la materia seca; EM = energía metabolizable.

CUADRO 2: Composición de las dietas con grano de maíz conservado de distintas formas para bovinos en engorde¹.

Table 2: Composition of treatment diets based on corn grain conserved under different procedures.

Dieta	T1	T2	T3
	% base MS		
GMS, molido	78,0	--	--
SMH, aplastado	--	78,0	--
MHU, entero	--	--	78,0
Heno alfalfa	14,0	14,0	15,0
Exp. Girasol	5,0	5,0	5,0
Urea	1,0	1,0	--
Núcleo vit./min. ²	2,0	2,0	2,0
Monensina ³	0,025	0,025	0,025
Nutrientes³			
PB, %	13,2	13,2	17,2
FDN, %	21,3	17,0	21,1
FDA, %	9,5	8,7	10,1
DIVMS, %	78,9	79,5	79,2
EM, Mcal kg MS ⁻¹	2,85	2,87	2,86

¹ T1= Dieta basada en grano de maíz seco (GMS); T2= Dieta basada en silaje de grano de maíz húmedo (SMH); T3= Dieta basada en grano de maíz húmedo, conservado con urea (MHU).

² Núcleo vit. / min.= Núcleo vitamínico y mineral: Vitamina A= 73000 UI, Vitamina D3= 7300 UI, Vitamina E= 120 UI, Fe= 1660 mg, Cu= 340 mg, Co= 4 mg, I= 17 mg, Zn= 1350 mg, Mn= 1300 mg, Se= 7 mg, Mg= 16500 mg, P= 50870 mg, Ca 220000 mg, Cl= 130000 mg, K= 34650 mg, Na= 66600 mg, Aromatizante= 2000 mg, Excipiente C.S.P.= 1.000 g (Biofarma S. A.).

³ Rumensin= Aproximadamente 220 a 240 mg animal⁻¹ día⁻¹ dependiendo del consumo diario (incluido en la premezcla vit-min.).

⁴ PB= proteína bruta; FDN= fibra detergente neutro; FDA= fibra detergente ácido; DIVMS= digestibilidad *in vitro* de la materia seca; EM= energía metabolizable.

Las pesadas se realizaron con 18 horas de desbaste previo (encierre sin alimento) en balanza electrónica. Se determinó el aumento diario de peso vivo (ADPV) por animal, por período y total, para luego promediar por corral (repetición).

Eficiencia de conversión. Se estimó para cada corral y período la eficiencia de conversión de alimento en MS y EM a carne (ECMS ECEM, respectivamente) mediante la relación entre CMS o CEM y ADPV.

Análisis estadístico

Los tratamientos fueron distribuidos al azar con 4 repeticiones (corrales) por tratamiento y por sexo, con tres animales (submuestras) por repetición. Los datos se sometieron a análisis de varianza (GLM; SAS, 1990) con un diseño de parcela dividida (split-plot; medidas repetidas en el tiempo). El modelo incluyó tratamiento, sexo y tratamiento x sexo en la parcela principal, y período, período x tratamiento, y período x tratamiento x sexo en la sub-parcela. Los efectos de los factores fueron analizados por factor cuando se detectaron interacciones significativas ($p < 0,05$). Las medias se separaron mediante LSD (SAS, 1990) si el efecto de tratamiento fue detectado significativo ($p < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se detectó una interacción dieta x sexo x período ($p < 0,01$) para las variables de consumo y ADPV. En consecuencia, se reporta la información por factor de interacción (Cuadros 3 y 4).

Peso vivo y aumento de peso

El PV inicial fue semejante ($p > 0,76$) entre tratamientos y no se detectaron efectos de tratamientos a los 58 días ($p = 0,57$) de ensayo en ninguno de los dos sexos (Cuadro 3). A los 108 días no se detectaron diferencias entre tratamientos en novillos ($p = 0,31$), pero sí en vaquillonas ($p < 0,05$). Las vaquillo-

nas expuestas a T3 resultaron más pesadas ($p < 0,05$) que las de T2. La respuesta en T1 fue intermedia.

Las tendencias observadas en PV se reflejaron en el ADPV (Cuadro 3). Durante el primer período, el ADPV resultó semejante ($p > 0,68$) entre T1 y T3 en ambos sexos. El tratamiento T2, en novillos resultó estadísticamente inferior ($p < 0,05$) en ADPV.

Durante el segundo período la tendencia de la respuesta a las dietas en ADPV resultó diferente a la del primer período. El tratamiento con maíz seco molido (T1) expresó un ADPV inferior ($p < 0,05$) a los otros tratamientos, e incluso inferior al primer período, en ambos sexos. En novillos, las diferencias fueron significativas ($p < 0,05$) entre todos los tratamientos en favor de los granos húmedos. El mayor ritmo de engorde se expresó en la dieta T3. El ADPV en ese tratamiento resultó 28% superior a T1 y 9% superior a T2. En vaquillonas, T3 resultó 33 y 20% superior ($p < 0,05$) en ADPV a T1 y T2. En el promedio de tratamientos de dieta, el ADPV resultó similar ($p = 0,63$) entre sexos durante el primer período del ensayo (no incluido en tablas). En el segundo período los machos aumentaron a un ritmo superior a las hembras ($p < 0,01$); diferencias no exploradas en el contexto de este ensayo pero posiblemente basadas en una composición diferente del crecimiento.

En los 108 días, la compensación entre períodos diluyó la importancia de la interacción tratamiento x sexo ($p = 0,59$). Los animales expuestos a T1 y T2 manifestaron ADPV similares ($p > 0,54$; $x = 1,218 \text{ kg día}^{-1}$) (Cuadro 3) y 12% inferiores ($p < 0,01$) al ADPV de T3 ($x = 1,373 \pm 0,024 \text{ kg día}^{-1}$). El nivel del ADPV alcanzado en todos los tratamientos sería compatible con ritmos de engorde rápidos y propios de sistemas de engorde a corral. Los resultados obtenidos en esta experiencia sobre evolución del PV y el ADPV estarían de acuerdo a los obtenidos por otros autores con dietas similares basadas en grano húmedo de maíz (Ghate y Bilanski,

CUADRO 3: Efecto de la forma de conservación del grano de maíz sobre la evolución del peso vivo (PV) y el aumento diario de peso vivo (ADPV) de novillos y vaquillonas en en-gorde a corral con 78% grano^{1,2}.

Table 3: Effect of conservation procedure of high-moisture corn on live weight (PV) and average daily gain (ADPV) of steers and heifers fed on 78% corn diet.

	T1	T2	T3	EE ³
PV, kg				
	Novillos			
día 0 ⁴	232,9	232,9	232,9	9,03
día 58	310,1	300,0	300,0	9,21
día 108	368,9	368,7	382,9	9,47
	Vaquillonas			
día 0	207,8	204,3	211,5	8,35
día 58	285,8	271,2	289,0	8,23
día 108	337,6 ^{ab}	328,8 ^a	358,0 ^a	9,51
ADPV, kg animal⁻¹				
	Novillos			
Período ⁵ 1	1,33 ^a	1,16 ^b	1,29 ^a	0,122
Período 2	1,18 ^a	1,38 ^b	1,51 ^c	0,047
	Vaquillonas			
Período 1	1,34 ^a	1,16 ^b	1,34 ^a	0,049
Período 2	1,04 ^a	1,15 ^a	1,38 ^b	0,057
	Global (108 días)			
Novillos	1,26 ^a	1,26 ^a	1,39 ^b	0,019
Vaquillonas	1,20 ^a	1,15 ^a	1,36 ^b	0,045

¹ T1= Dieta basada en grano de maíz seco y molido; T2= Dieta basada en silaje de grano húmedo de maíz, aplastado; T3= Dieta basada en grano húmedo de maíz conservado con urea, entero. N (corrales)= 4 de machos y 4 de hembras; 3 animales corral⁻¹.

² La interacción tratamiento x sexo x período se detectó significativa ($p < 0,05$). En consecuencia se reportan las medias por tratamiento, período y sexo. Se reportan también los promedios de ADPV globales (108 días) por sexo, por considerarlos de relevancia en el análisis de los resultados, a pesar de la interacción de tratamiento con período antes citada.

³ EE= error estándar de la media.

⁴ día= días desde inicio del ensayo.

⁵ Período 1= Día 0 a 58; Período 2= Día 59 a 108.

^{a, b, c} Promedios de tratamientos en filas con superíndices diferentes difieren ($p < 0,05$).

1981) o sorgo (Russell y otros, 1988; Russell y Schmidt, 1993), conservados con urea y ofrecidos enteros.

Consumo y eficiencia de conversión

Se detectaron interacciones ($p < 0,01$) entre tratamiento y período para las variables de consumo. Durante el primer período, el consumo de MS (CMS y CMS%PV) y de EM (CEM) en ambos sexos fue superior ($p < 0,05$)

en T1, comparado con T2 y T3 (Cuadro 4). Durante el segundo período, en cambio, no se detectaron efectos de tratamientos ($p > 0,11$) sobre el consumo. En este período mejoró el nivel de consumo colocándose por encima del 3% del PV, en particular el de los tratamientos con grano húmedo (T2 y T3).

Se detectó una interacción ($p < 0,01$) tratamiento x sexo x período para eficiencia de conversión. En novillos, el tratamiento con

CUADRO 4: Efecto de la forma de conservación del grano de maíz sobre el consumo de MS (CMS) y de EM (CEM) y la eficiencia de conversión de la materia seca (ECMS) y de la energía metabolizable (ECEM) de novillos y vaquillonas en engorde a corral con una dieta de 78% grano de maíz en dos períodos de muestreo^{1,2}.

Table 4: Effect of conservation procedure of high-moisture corn on feed intake and feed efficiency of steers and heifers fed on an 80% concentrate corn diet within two sampling periods.

	T1	T2	T3	EE ³
Período 1 ⁴				
	Novillos			
CMS ⁵ , kg animal ⁻¹ día ⁻¹	8,41 ^a	7,16 ^b	6,58 ^b	0,399
CMS, % PV	3,10 ^a	2,69 ^b	2,44 ^b	0,122
CEM, Mcal animal ⁻¹ día ⁻¹	23,97 ^a	20,53 ^b	18,82 ^b	1,140
ECMS, kg:kg ADPV	6,38 ^a	6,18 ^b	5,14 ^c	0,362
ECEM, Mcal:kg ADPV	18,20 ^a	17,74 ^a	14,68 ^b	1,030
	Vaquillonas			
CMS, kg animal ⁻¹ día ⁻¹	7,58 ^a	6,59 ^b	6,59 ^b	0,477
CMS, % PV	3,08 ^a	2,77 ^{ab}	2,63 ^b	0,176
CEM, Mcal animal ⁻¹ día ⁻¹	21,60 ^a	18,92 ^{ab}	18,86 ^b	1,360
ECMS, kg:kg ADPV	5,65	5,81	4,93	0,487
ECEM, Mcal:kg ADPV	16,11 ^{ab}	16,68 ^a	14,11 ^b	1,390
Período 2				
	Novillos			
CMS, kg animal ⁻¹ día ⁻¹	10,60 ^a	10,80 ^{ab}	11,29 ^b	0,454
CMS, % PV	3,12 ^a	3,23 ^{ab}	3,27 ^b	0,078
CEM, Mcal animal ⁻¹ día ⁻¹	30,21 ^a	31,00 ^{ab}	32,29 ^b	1,200
ECMS, kg:kg ADPV	9,05 ^a	7,89 ^b	7,51 ^c	0,461
ECEM, Mcal:kg ADPV	25,80 ^a	22,64 ^b	21,50 ^b	1,320
	Vaquillonas			
CMS, kg animal ⁻¹	9,38	9,16	10,19	0,418
CMS, % PV	3,01	3,05	3,15	0,086
CEM, Mcal animal ⁻¹	26,72 ^a	26,28 ^a	29,14 ^b	1,200
ECMS, kg:kg ADPV	9,20 ^a	7,96 ^b	7,39 ^b	0,506
ECEM, Mcal:kg ADPV	26,22 ^a	22,85 ^b	21,14 ^b	1,450

¹ T1= Dieta basada en grano de maíz seco, molido; T2= Dieta basada en silaje de grano húmedo de maíz, aplastado; T3= Dieta basada en grano húmedo de maíz conservado con urea, entero. N (corrales)= 4 de machos y 4 de hembras; 3 animales corral⁻¹

² La interacción tratamiento x sexo x período se detectó significativa ($p < 0,05$). En consecuencia se reportan las medias por tratamiento, período y sexo.

³ EE= error estándar de la media

⁴ Período 1= Día 0 a 58; Período 2= Día 59 a 108.

⁵ MS= Materia seca, EM= Energía metabolizable; ADPV= Aumento diario de peso vivo; %PV= Proporción del peso vivo.

^{a, b, c} Promedios de tratamientos en filas con superíndices diferentes difieren ($p < 0,05$).

grano conservado con urea y ofrecido entero (T3) sostuvo las mejores ECMS (kg MS x kg ADPV⁻¹) durante ambos períodos (Cuadro 4). Durante el primer período, la ECMS y la ECEM (Mcal EM x kg ADPV⁻¹) resultaron 22% y 24%

superiores ($p < 0,05$) en T3, comparadas con la media de T1 y T2. En vaquillonas, no se detectaron efectos ($p = 0,57$) en ECMS o en ECEM ($p < 0,12$).

Durante el segundo período mejoró la eficiencia de conversión de T2, comparativamente con los otros dos tratamientos (Cuadro 4). En novillos, se detectaron diferencias entre tratamientos ($p < 0,05$) en ECMS. El tratamiento T3 retuvo la mayor ECMS, seguido por T2. En vaquillonas, la ECMS de los tratamientos con granos húmedos (T2 y T3) resultó similar ($p > 0,16$), pero en promedio fue superior ($p < 0,05$) a la de grano seco (T1). En este mismo período, la ECEM resultó semejante ($p > 0,43$) entre T2 y T3 en ambos sexos (Cuadro 4). El promedio de ambos resultó 17 y 20% superior ($p < 0,05$) a T1 para novillos y vaquillonas, respectivamente.

A pesar de las interacciones de tratamiento con período antes citadas, se consideró relevante en la síntesis de resultados el análisis en forma global del ensayo (Cuadro 5). Analizadas las variables de consumo y eficiencia de conversión sobre los 108 días, se destaca en los novillos un CMS%PV algo inferior para T3, pero mejor ECMS y ECEM en T3, comparado con los otros dos. En vaquillonas se detectaron ($p < 0,05$) similares respuestas en ECMS y ECEM (Cuadro 5). La compensación de efectos entre períodos en los 108 días de ensayo redujo la relevancia de los efectos interactivos sobre las variables de consumo y eficiencia de conversión, desapareciendo las interacciones entre tratamiento y sexo ($p > 0,75$). En promedio de los sexos, no se detectaron efectos de tratamientos sobre el CMS ($8,58 \pm 0,81$ kg animal⁻¹ día⁻¹; $p = 0,34$) y el CEM ($24,53 \pm 2,31$ Mcal día⁻¹; $p = 0,14$) en los 108 días. Tampoco se detectaron diferencias ($p = 0,32$) cuando se expresó el CMS en relación al PV ($2,97 \pm 0,202\%$). La ECMS resultó similar ($p = 0,87$) entre T1 y T2, y fue 5% superior ($p < 0,05$) para T3 ($6,16 \pm 0,307\%$), comparado con el promedio de los otros dos tratamientos ($7,42 \pm 0,318\%$).

La conservación con urea confiere al grano húmedo de maíz una estructura pastosa y blanda a la presión manual, un color tostado y un fuerte olor a amoníaco. Muy

posiblemente el CMS inferior observado en T3 durante el primer período se debió a los olores y la textura del alimento. De la misma manera, se evidenció un menor ($p < 0,01$) CMS inicial en T2, comparado con T1. Superado el primer período, los tratamientos se asemejaron en el CMS en ambos sexos ($p > 0,44$).

El procesado de los granos mejora la digestibilidad de la MS y del almidón, incrementa la tasa de pasaje a lo largo del tracto digestivo (Galyean, Wagner y Jhonson, 1976; McNeill, Potter y Riggs, 1971; Lee, Galyean y Lofgreen, 1982; Theurer, 1986; Huck, Kreikemeier, Kuhl, Eck y Bolsen, 1998) y mejora el aprovechamiento (Perry, 1976; Axe, Bolsen, Harmon, Lee, Milliken y Avery, 1987). En dietas de alto contenido de grano, el tipo de grano (McCollough y Brent, 1972; Perry, 1976) y el procesado o presentación al animal (Rooney y Pflugfelder, 1986; Stock, Brink, Britton, Goedeken, Sindt, Kkreikemeier, Bauer y Smith, 1987a; Stock, Brink, Brandt, Merrill y Smith, 1987b) tienen una alta influencia sobre la tasa y sitio de digestión (Galyean y otros, 1976; Nocek y Tamminga, 1991). Mientras que el almidón del grano de maíz seco, entero o molido, tiene una degradabilidad ruminal media, el grano húmedo de maíz es mayoritariamente digerido en el rumen (McNeill y otros, 1971; Galyean y otros, 1976; Stock y otros, 1987a; Stock y otros 1987b; Nocek y Tamminga, 1991). El escape de almidón hacia el intestino delgado mejora la eficiencia de utilización por su digestión directa (Waldo, 1973), afecta el sitio de digestión del N, y permite incrementos de la eficiencia de conversión de la materia seca (Russell, Young y Jorgensen, 1981; Axe y otros, 1987; Streeter, Wagner, Owens y Hibberd, 1989) si que no se exceda la capacidad intestinal para remover almidón dietario de la ingesta (Orskov, Mayes y Penn, 1971; Owens, Zin y Kim, 1986). Podría argumentarse que el aprovechamiento en rumen del grano de maíz entero ofrecido en T3, probablemente inferior al del silaje de grano hú-

CUADRO 5: Efecto de la forma de conservación del grano de maíz sobre el consumo (CMS) y la eficiencia de conversión de la MS (ECMS) y de la EM (ECEM) de novillos y vaquillonas en engorde a corral durante 108 días con una dieta de 78% grano^{1,2}

Table 5: Effect of conservation procedure of high-moisture corn on feed intake (CMS) and feed efficiency (ECMS y ECEM) of steers and heifers fed on a 78% corn grain diet during 108 days.

	T1	T2	T3	EE ³
	Novillos			
CMS ⁴ kg animal ⁻¹ día ⁻¹	9,42	8,84	8,76	0,386
CMS, % PV	3,13 ^a	2,94 ^{ab}	2,84 ^b	0,082
CEM, Mcal animal ⁻¹ día ⁻¹	26,86	25,38	25,06	1,102
ECMS ADPV ⁻¹ , kg:kg	7,62 ^a	7,97 ^a	6,24 ^b	0,263
ECEM ADPV ⁻¹ , Mcal:kg	21,71 ^a	20,01 ^{ab}	17,83 ^b	0,756
	Vaquillonas			
CMS kg animal ⁻¹ día ⁻¹	8,41	7,78	8,26	0,423
CMS, % PV	3,09	2,92	2,90	0,118
CEM, Mcal animal ⁻¹ día ⁻¹	23,97	22,33	23,62	1,218
ECMS, kg:kg ADPV	7,29 ^a	6,81 ^{ab}	6,07 ^b	0,429
ECEM, Mcal:kg ADPV	20,79 ^a	19,54 ^a	17,37 ^b	1,317

¹ T1= Dieta basada en grano de maíz seco y molido; T2= Dieta basada en silaje de grano húmedo de maíz, aplastado; T3= Dieta basada en grano húmedo de maíz conservado con urea, entero. N (corrales)= 4 de machos y 4 de hembras; 3 animales corral⁻¹

² La interacción tratamiento x sexo x período se detectó significativa ($p < 0,05$). En consecuencia se reportan las medias por tratamiento, período y sexo en el Cuadro 4. Se reportan aquí los promedios de consumo y eficiencia de conversión globales (108 días) por sexo, por considerarlos de relevancia en el análisis de los re-sultados, a pesar de la interacción tratamiento x período antes citada.

³ EE= error estándar de la media

⁴ MS= Materia seca, EM= Energía metabolizable; ADPV= Aumento diario de peso vivo; %PV= Proporción del peso vivo.

^{a, b} Promedios de tratamientos en filas con superíndices diferentes difieren ($p < 0,05$).

medo aplastado, ofrecido en T2, se compensó con un elevado aprovechamiento del almidón pasante a nivel intestinal. Ello podría explicar la magnitud de la respuesta en aumento de peso y en eficiencia de conversión de la dieta que incluía maíz entero conservado con urea (T3).

Finalmente, aunque la conservación en medio alcalino fue considerada efectiva durante los 8 meses desde cosecha hasta la finalización del ensayo, existieron cambios en el contenido de MS y pH de la masa de grano (Cuadro 6). Se verificaría una pérdida progresiva del amoníaco, identificable a través de los cambios en el pH, luego de los 4 primeros meses de iniciada la conservación. La pérdida

de amoníaco permitiría un incremento en aceptabilidad y consumo, pero también incrementa el riesgo de desarrollo fúngico.

IMPLICANCIAS

La comparación entre tratamientos del nivel de consumo y la eficiencia de conversión indicarían que la oferta efectiva de EM obtenida del grano de maíz conservado con urea y ofrecido entero sería equivalente e incluso superior a la del maíz seco molido o del silaje de grano húmedo de maíz partido. En este contexto, se haría injustificable el molido o aplastado del maíz conservado con

CUADRO 6: Efecto de la conservación de grano de maíz con urea en silo aéreo sobre el contenido de materia seca (MS, %) y el pH en el tiempo¹

Table 6: Effect of the urea treatment for conservation technique of high-moisture corn over time on dry matter content (%) and grain pH.

Mes ²	1	2	3	4	5	6	7	8
MS	68,9	69,0	68,9	70,1	72,1	72,6	73,2	73,9
pH	8,5	8,4	8,4	8,4	8,3	8,2	7,5	7,4

¹ Grano de maíz, cosechado en marzo con 30,1% de humedad, conservado entero con el agregado de 3% de su peso (base seca) en urea, en silo aéreo de malla "Cima", con cobertura plástica de laterales y cono, bajo tinglado.

² Mes desde la cosecha.

urea antes de su almacenamiento o de su utilización. La respuesta productiva al grano húmedo así conservado podría resultar superior a la de otras formas de conservación. Sin embargo, el éxito de la conservación dependerá de la humedad y el nivel de amoníaco contenido en la masa de grano para el sostener el efecto conservador en el tiempo. Deberá además, tenerse en cuenta la menor aceptación inicial del animal a este material, superable luego de un período de adaptación. Los resultados sugieren que la conservación del grano húmedo en un medio aerobio mediante el agregado de urea sería una técnica simple y económica a tener presente entre las alternativas posibles para sistemas de engorde de alta performance.

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC, 1990. Official methods of analysis (15th Ed). Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA.
- AXE, D.E., BOLSEN, K.K., HARMON, D.L., LEE, R.W., MILLIKEN, G.A. y AVERY, T.B. 1987. Effect of wheat and high-moisture sorghum grain fed singly and in combination on ruminal fermentation, solid and liquid flow, site and extent of digestion and feeding performance of cattle. 64: 897-906.
- BRAGACHINI, M., CATTANI, P., RAMIREZ, E., MORENO, E., VIVIANI ROSSI, E. y GUTIERREZ, L. 1995. Silaje de grano con alto contenido de humedad. INTA - PROPEFO. Hoja informativa No 5.
- BRITTON, R.A. y STOCK, R.A. 1986. Acidosis, rate of starch digestion and intake. In: Symposium Proceedings: Feed Intake by Beef Cattle. F. N. Owens, Ed. Okla. Agric. Exp. Stn. MP-121. Pg. 25.
- CLARK, J.H. 1980. Feeding value of high moisture corn for cattle. Pg. 1-11 In: Proc. 41st Minnesota Nutr. Conf., Minneapolis.
- GALYEAN, M.L., WAGNER, D.G. y JHONSON, R.R. 1976. Site y extent of starch digestion in steers fed processed corn rations. J. Anim. Sci. 43:1088-1101.
- GHATE, S.R. y BILANSKI, W.K. 1981. Preservation of High-Moisture Corn Using Urea. American Society of Agricultural Engineers. 24:1047.
- GOERING, H.K. y VAN SOEST, P.J. 1970. Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications). Agric. Handbook 379. ARS, USDA, Washington, DC.
- HERRERA-SALADANA, R.E., HUBER, J.T. y POORE, M.H. 1990. Dry matter, crude protein and starch degradability of five cereal grains. J. Dairy Sci. 73:2386-2393.
- HIBBERD, C.A., WAGNER, D.G., SCHEMM, R.L., MITCHELL, JR., E.D, WEIBEL, D.E. y HINTZ, R.L. 1982. Digestibility characteristics of isolated starch from sorghum and corn grain. J. Anim. Sci. 55:1490-1497.
- HUCK, G.L., KREIKEMEIER, K.K., KUHL, G.L., ECK T.P. y BOLSEN, K.K. 1998. Effects of feeding combinations of steam-flaked grain sorghum and steam-flaked, high-moisture, or dry rolled corn on growth performance and carcass characteristics in feedlot cattle. J. Anim. Sci. 76:2984-2990.

- JUAN, N.A., PORDOMINGO, A.J., VELILLA, S.M. y JOULI R.R. 1998. Utilización de grano húmedo de sorgo conservado con urea para engorde de vaquillonas. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 18(Supl.1):48-49.
- KENNELLY, J.J., DALTON, D.L. y HA, J.K. 1988. Digestion y utilization of high moisture barley by lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 71:1259-1266.
- LEE, R.W., GALYEAN, M.L. y LOFGREEN, G.P. 1982. Effects of mixing whole, shelled and steam-flaked corn in finishing diets on feedlot performance and site and extent of digestion in beef steers. *J. Anim. Sci.* 55: 475-485.
- McCOLLOUGH, R.L. y BRENT, B.E. 1972. Digestibility of eight hybrid sorghum grains and three hybrid corns. *Kansas Agric. Exp. Sta. Bull.* 557:27.
- MCNEILL, J.W., POTTER, G.D. y RIGGS, J.K. 1971. Ruminal and pos-ruminal carbohydrate utilization in steers fed processed sorghum grain. *J. Anim. Sci.* 33:1371-1388.
- NOCEK, J.E. y TAMMINGA, S. 1991. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effects on milk yield and composition. *J. Dairy Sci.* 74:3598-3629.
- NRC. 1996. Nutrient requirements of beef cattle (7th Ed.). National Academy Press, Washington, D. C.
- ORSKOV, E.R., MAYES, R.W. y PENN, A. 1971. The capacity for the removal of glucose from the small intestine by mature sheep. *Proc. Nutr. Soc.* 30:43A.
- OWENS, F.N., ZIN, R.A. y KIM, Y.K. 1986. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. *J. Anim. Sci.* 63:1634-1652.
- PERRY, T.W. 1976. The feeding value of high-moisture grains for beef cattle. *High Moisture Grains Symp. Oklahoma State Univ., Stillwater.*
- PORDOMINGO, A.J. y JUAN, N.A. 2000. Grano húmedo de sorgo conservado con urea: Efecto del partido sobre su potencial de engorde. *Rev. Arg. Prod. Anim. (Supl.1):*91-92.
- ROBERSON, J.B. y VAN SOEST, P.J. 1981. The detergent system analysis and its applications to human foods: In: W.P.T. James and O. Theander (Ed.) *The Analysis of Dietary Fiber.* pp 123-158. Marcell Dekker, New York.
- ROMERO L.A., DIAZ, M.C. y GIORDANO, J.M. 1996-a. Silaje de grano con alta humedad. *INTA EEA, Rafaela, Santa Fe. Pub. Mis. No 81.*
- ROMERO, L.A., DIAZ, M.C., BRUNO, O.A., COMERON, E.A. y GAGGIOTTI, M.C. 1996b. Silaje de grano húmedo de maíz y sorgo en la alimentación de vacas lecheras. *INTA, EEA Rafaela. Infor. Téc. No 110. pg.2.*
- ROMERO, L.A., DIAZ, M.C. y COMERON, E.A. 1997. Utilización de silaje de grano húmedo de maíz o sorgo en la alimentación de vacas lecheras. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 17(Supl.1): 9-10.
- ROONEY, L.W. y PFLUGFELDER, R.L. 1986. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn, *J. Anim. Sci.* 63:1607-1609.
- RUSSELL, J.R., YOUNG, A.W. y JORGENSEN, N.A. 1981. Effect of dietary cornstarch intake on pancreatic amylase, intestinal maltase and pH in cattle. *J. Anim. Sci.* 52:1177-1196.
- , LIN, J.C.M., THOMAS, E.E. y MORA, E.C. 1988. Preservation of high-moisture milo with urea: grain properties and animal acceptability. *J. Anim. Sci.* 66:2131.
- RUSSELL, W. y SCHMIDT, S.P. 1993. Preservation of High-Moisture Sorghum Grain with Urea and Evaluation in Cattle Feeding. *West Virginia University & Auburn University. 18-th Biennial Grain Sorghum Research and Utilization Conference, 9 pp.*
- SAS. 1990. *SAS User's Guide: Statistics (Versión 6.06).* SAS Inst., Inc., Cary, Nc.
- STOCK, R.A., BRINK, D.R., BRITTON, R.A., GOEDERKEN, F.K., SINDT, M.H. KKREIKEMEIER, K.K., BAUER, M.L. y SMITH, K.K. 1987a. Feeding combinations of high moisture corn and dry-rolled grain sorghum to finishing steers. *J. Anim. Sci.* 65:290-302.
- , BRINK, D.R., BRANDT, R.T., MERRILL, J.K. y SMITH, K.K. 1987b. Feeding combinations of high moisture corn and dry corn to finishing cattle. *J. Anim. Sci.* 65:282-289.
- STREETER, M.N., WAGNER, D.G., OWENS, F.N. y HIBBERD, C.A. 1989. Combinations of high-moisture harvested sorghum grain and dry-rolled corn: Effects on site and extent of digestion in beef heifers. *J. Anim. Sci.* 67:1623-1633.
- THEURER, C.B. 1986. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. *J. Anim. Sci.* 63:1624-1643.
- TILLEY, J.M.A. y TERRY, R.A. 1963. A two-stage technique for *in vitro* digestion of forage crops. *J. Brit. Grassl. Soc.* 18:104-118.

- VOELKER, H.H., CASPER, D.P., LUDENS, F.C. y SCHINGOETHE, D.J. 1989. High moisture-corn preserved with esters of propionic acid for lactating cows. *J. Dairy Sci.* 72: 89-92.
- WALDO, D.R. 1973. Extent and partition of cereal grains starch digestion in ruminants. *J. Anim. Sci.* 37:1062-1083.