

EVALUACIÓN DE DIETAS BASADAS EN GRANO ENTERO, SIN FIBRA LARGA, PARA ENGORDE DE BOVINOS A CORRAL

PORDOMINGO^{1,2}, A.J.; JONAS², O.; ADRA², M.; JUAN¹, N.A.; AZCÁRATE¹, M.P.

RESUMEN

La provisión de fibra es frecuentemente una limitante operativa y económica en dietas de feedlot. El presente trabajo evalúa el potencial de dietas sin fibra larga, basadas en grano entero de maíz. Se utilizaron 48 novillitos y 48 novillos Angus, ($155 \pm 9,7$ y $269 \pm 10,8$ kg de peso vivo) bloqueados por categoría, estratificados por peso en 4 estratos homogéneos, y asignados de a 4 por corral. Sobre los corrales se impusieron, durante 89 días, 3 tratamientos consistentes en 3 dietas que incluyeron: T1 = grano de maíz entero +harina de girasol + heno de alfalfa, T2 = grano de maíz entero + harina de girasol y T3 = grano de maíz entero + grano de avena entero + harina de girasol. El tratamiento1 sirvió de dieta control. Se determinó el aumento diario de peso vivo (ADPV), el consumo de materia seca (CMS) y la eficiencia de conversión (ECMS) en cuatro periodos consecutivos. Se estimó la producción de heces, la composición química de la dieta y de las heces (PB, FDA, FDN, lignina y almidón) y la fracción de grano visible recuperado de las heces (GrHe), en tres periodos semanales. Los datos se sometieron a análisis de varianza con un modelo totalmente aleatorizado, con un arreglo factorial de tratamientos (categoría x dieta) y medidas repetidas en el tiempo. No se

¹ INTA Anguil, ² Universidad Nacional de La Pampa

detectaron interacciones ($P > 0,12$) entre tratamientos, categoría y período, ni diferencias ($P > 0,05$) entre tratamientos para ADPV ($1,339 \pm 0,023$ kg), CMS ($8,58 \pm 0,107$ kg día⁻¹), y ECMS ($P > 0,12$; $5,46 \pm 0,03$). Los novillos aumentaron de peso a un ritmo superior ($P < 0,01$), pero la ECMS de los novillitos resultó un 29% mayor ($P < 0,01$) (4,67:1 vs 6,58:1). La digestibilidad de la MS total consumida resultó similar ($P > 0,10$) entre categorías y tratamientos. Por su parte, la fracción de GrHe fue mayor en novillos ($P < 0,01$) y mayor para T2. El grano consumido que escapó en heces en fracciones visibles fue de 7 a 9% en novillitos y de 9 a 9,5% en novillos. La utilización del almidón siguió un patrón similar. Los resultados indican que la posible deficiencia de fibra efectiva en dietas de feedlot sin henos, podría ser contrarrestada con la utilización de granos enteros de maíz ó maíz y avena, complementados con harina de girasol.

Palabras clave: *Fibra efectiva; granos enteros; feedlot; eficiencia de conversión; maíz; bovinos para carne*

SUMMARY

EVALUATION OF WHOLE-GRAIN LOW-FIBER DIETS FOR FEEDLOT CATTLE

Addition of fiber to Argentinean feedlot diets imposes frequently an economic constraint because of hay baling and grinding costs as well as equipment required. The present work evaluated performance of feedlot diets without a long-fiber source, based on whole corn grain. Forty eight calves and 48 steers (155 ± 9.7 y 269 ± 10.8 kg live weight, respectively) were blocked by sex, stratified by weight in 4 homogeneous groups and assigned in groups of 4 to each feeding pen. Three diet treatments were imposed on pens during 89-day study period: T1 = whole shelled corn grain + sunflower meal + alfalfa hay, T2 = whole shelled corn + sunflower meal, and T3 = whole shelled corn + whole oats + sunflower meal. Treatment 1 served as control. Average daily weight gain (ADG), dry matter intake (DMI) and feed efficiency (FE) were determined for 4 consecutive periods. Fecal production, diet and feces chemical composition (CP, ADF, NDF, lignin and starch), and proportion of visible grain eliminated in feces (FeGr), were determined in three weekly periods over the study. Data were submitted to ANOVA using GLM under a completely randomized design with repeated

measurements and a factorial arrangement of treatments (animal category x diet). Neither interaction was detected ($P > 0.12$) among diet, animal category and period, nor differences were found ($P > 0.05$) among treatments for ADG (1.339 ± 0.023 kg), DMI (8.58 ± 0.107 kg day⁻¹) and FE ($P > 0.12$; 5.46 ± 0.03). Steers gained weight faster than calves ($P < 0.01$), but calves had 29% greater FE ($P < 0.01$) (4.67:1 vs 6.58:1). Dry matter digestibility was similar ($P > 0.10$) between categories and among diets. The FeGr fraction was greater ($P < 0.01$) in steers, compared to calves, and in T2, compared to T1 and T3. Seven to 9% of grain consumed by calves and 9 to 9.5% of grain consumed by steers escaped in feces as visible forms. Starch use efficiency followed a similar pattern to grain. Results suggested that use of whole shelled corn grain or whole corn plus oats grain, complemented with sunflower meal would be a solution for counteracting effective-fiber deficiency of hay-free feedlot diets.

Key words: *Effective fiber; whole grains; feedlot; feed efficiency; corn; beef cattle.*

INTRODUCCION

El procesado de los granos mejora la digestibilidad de la MS y del almidón e incrementa la tasa de pasaje de los granos a lo largo del tracto digestivo (Galyean *et al.*, 1976; Goetch y Galyean 1986; McNeill *et al.*, 1976; Theurer, 1986; Huck *et al.*, 1998). Sin embargo, Hibberd *et al.* (1982), Britton *et al.* (1986), Reinhardt *et al.* (1998), Loerch y Fluharty (1998), Hejazi *et al.* (1999) indican que por su tamaño y densidad, el grano de maíz podría ser utilizado entero sin pérdidas de digestibilidad potencial en dietas de alta concentración de energía metabolizable, para animales en confinamiento. Numerosas experiencias han encontrado respuestas similares en aumento de peso al comparar dietas basadas en grano de maíz entero versus molido, partido, aplastado o procesado en copos ("flakes") (Mabuku *et al.*, 1996; Hejazi *et al.*, 1999; Reinhardt *et al.*, 1998; Loerch y Fluharty, 1998; Prawl *et al.*, 1997; Hill *et al.*, 1996 a,b; Guthrie *et al.*, 1992; Mader *et al.*, 1993). En algunos casos, se han detectado mejoras en la eficiencia de conversión (Secrist *et al.*, 1996 a), en otros un mayor

consumo de materia seca en dietas ofrecidas ad libitum (Guthrie et al., 1992; Bartle y Preston, 1992; Murphy *et al.*, 1994).

En un análisis conjunto de 605 ensayos de alimentación en confinamiento que incluyó información de 22.834 animales, Owens *et al.* (1997) concluyeron que el potencial del maíz entero para aumento de peso es equivalente al del maíz aplastado en seco o en húmedo e incluso superior al del silaje de grano húmedo, con altas eficiencias de conversión. Surge también de ese trabajo que la eficiencia energética (estimada como energía metabolizable) del grano de maíz ofrecido entero es superior a la del grano ofrecido aplastado. Los autores argumentaron que: a) frecuentemente las dietas de feedlot que incluyen maíz entero tienen menor contenido de fibra que dietas basadas en granos procesados. La mayoría de los «feedlots» estadounidenses que utilizan grano entero de maíz incluyen no más del 5% de la ración en alguna forma de fibra larga (Owens *et al.*, 1997). Esa característica podría, en el caso de evaluaciones comparativas, sobredimensionar el valor energético del grano entero por transferir al grano una cualidad propia de toda la dieta (Owens *et al.*, 1997); b) el grano entero promueve una mayor salivación (mayor efecto fibra efectiva) y mayor pH ruminal con lo que se esperaría una reducción de la acidosis subclínica y un mayor consumo (Britton y Stock, 1986; Stock *et al.*, 1995); c) los efectos asociativos negativos (deletéreos) entre el almidón y la fibra en el rumen podrían ser inferiores en dietas con maíz enteros que en dietas con grano aplastado o molido, consecuencia de una mayor estabilidad ruminal (Zinn y Owens, 1983); y d) si la digestión del grano no se afecta, el uso de grano entero promueve un mayor pasaje de partículas de almidón sin fermentar hacia el tracto inferior, con la consecuente mejora en la eficiencia de utilización de la energía (almidón) (Owens *et al.*, 1986).

Entre las alternativas para el suministro de fibra, frecuentemente se recurre a las cáscaras de semillas (cáscara de semilla de algodón, de girasol o de maní), residuos fibrosos e incluso cama de aves. Aunque existen asociaciones entre tipo y procesado del grano, y el tipo de fibra a utilizar (Owens *et al.*, 1997), las fuentes de fibra antes citadas son utilizables sin diferenciarse mayormente en el resultado de aumento de peso o eficiencia de conversión. La fracción mínima de fibra necesaria en las dietas de «feedlot» ejerce un efecto físico o

mecánico más que nutritivo. El valor alimenticio de ese recurso es muy bajo (Swingle, 1995), principalmente por la baja degradación ruminal de esa fracción en dietas de alta proporción de concentrado energético (Zinn y Owens, 1983). El principal objeto de la fibra en esas dietas es promover la rumia, la salivación y la consecuente producción de buffer ruminal para reducir el riesgo de acidosis, y reducir la tasa de consumo, sin afectar el resultado productivo.

Aunque la necesidad de fibra en los planteos de «feedlot» es baja, su provisión es frecuentemente una limitante operativa y económica. El heno cosechado en rollos y luego procesado para su mezclado en la dieta se convierte en uno de los insumos más caros por unidad de energía digestible. Incluso, en la mayoría de los «feedlots» de poca escala, no se dispone de equipamiento para molienda de henos. Sostener una fermentación adecuada de la dieta con independencia de fuentes de fibra larga, permitiría simplificar la alimentación a corral y hacer accesible esta práctica a numerosos planteos de engorde. Para el presente trabajo se asumió que el grano de maíz ofrecido entero no limitaría la eficiencia de conversión y también se sostiene que los granos enteros serían un estímulo suficiente para la rumia y la función ruminal, permitiendo eliminar la necesidad de fibra larga proveniente de henos en las dietas de alto contenido de grano para bovinos en confinamiento.

MATERIALES y MÉTODOS

Ubicación

El estudio tuvo lugar en la Estación Experimental Agropecuaria de Anguil «Ing. Agr. Guillermo Covas» del INTA (36°30' de latitud sur, 63°59' de longitud oeste, 165 msnm), localizada próxima a Santa Rosa, provincia de La Pampa, por un período de 98 días, durante el invierno de 2000.

Tratamientos

En un ensayo de alimentación a corral se utilizaron 48 novillitos y 48 novillos Angus de $155 \pm 9,7$ y $269 \pm 10,8$ kg de peso vivo inicial, respectivamente. Los animales fueron bloqueados por categoría,

estratificados por peso en 4 estratos homogéneos, y asignados de a 4 por corral. Sobre los corrales se impusieron los tratamientos consistentes en tres dietas de alta concentración de energía metabolizable que incluyeron: T1 = grano de maíz entero + harina de girasol + heno de alfalfa, T2 = grano de maíz entero + harina de girasol y T3 = grano de maíz entero + grano de avena entero + harina de girasol. Dos de ellas, T2 y T3, no incorporaron fibra larga de forrajes y la primera (T1) incorporó heno de alfalfa para cubrir los requerimientos de fibra efectiva, según el modelo de formulación de raciones CNCPS (Cornell Net Carbohydrate and Protein System, NRC, 2000). La harina de girasol se seleccionó para aportar proteína vegetal y urea como fuente de N no proteico. Las dietas se confeccionaron equivalentes en proteína bruta (14,2 %), y diferentes en su oferta de fibra efectiva (FDNe) y metabolizabilidad de la proteína (Cuadro 1). Los tratamientos T2 y T3 fueron confeccionados equivalentes en concentración de energía metabolizable (2,76 y 2,75 Mcal EM kgMS⁻¹, respectivamente), la incorporación del heno en T1 redujo la concentración de EM a 2,70 Mcal EM kgMS⁻¹. Las dietas se complementaron con un núcleo vitamínico, mineral y portador de monensina (Macro Corrector Feedlot Plus, Biofarma, S.A.). La fracción mineral del núcleo ofreció macro y micro elementos. El maíz fue Dekalb 4F37, cosechado seco (84% MS) en la Estación Experimental. El heno fue de alfalfa, confeccionado en un 50% de floración y molido con moledora de rollos antes de la confección de la dieta. La ración completa fue mezclada y suministrada diariamente por corral, a las 10:00 h, en cantidad excedente en un 20% del consumo diario de MS (CMS) estimado para asegurar un consumo sin restricciones por disponibilidad.

Determinaciones

Consumo voluntario. Se determinó el consumo de materia seca (CMS) por corral a través de pesadas del alimento ofrecido y del remanente en forma diaria. Cada 20 días se muestrearon los ingredientes del alimento ofrecido y los remanentes para realizar análisis del contenido de MS y parámetros de calidad. El consumo se expresó en términos de MS y en función de esta información se ajustó la cantidad ofrecida. La información diaria fue promediada por periodos coincidentes con los intervalos entre pesadas de los animales.

Cuadro 1. Composición química de los granos, harina y heno utilizados en las dietas ¹.

Table 1. Chemical composition of grains, meal and hay used in diets.

Parámetros ²	Granos de maíz	Grano de avena	Heno de alfalfa	Harina de girasol
MS, %	87,0	86,0	84,3	85,2
PB, %	8,7	12,8	14,0	30,8
FDN, %	8,2	28,0	55,4	48,0
FDA, %	4,1	14,9	46,2	33,2
Lignina, %	1,72	2,61	11,16	10,32
DIVMS, %	84,2	78,0	53,1	63,2
EM, Mcal/kg MS	3,04	2,81	1,95	2,28

¹ T1 = Dieta basada en grano de maíz entero, harina de girasol, urea y heno de alfalfa; T2 = Grano de maíz, harina de girasol; T3 = Grano de maíz, grano de avena, harina de girasol. N (corrales por categoría animal) = 4 (4 de novillitos y 4 de novillos); 4 animales corral.

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.

Producción de heces. Se estimó la producción total de heces mediante la estimación de la indigestibilidad de la dieta a través del cambio en la concentración de lignina, utilizado como un marcador interno, inerte a la fermentación y digestión (Krysl *et al.*, 1998), y la información de CMS. Habiéndose determinado el consumo diario de lignina y las concentraciones de esta fracción en la dieta y en las heces, se pudo estimar la producción total de heces. Para ello, se recolectaron muestras de heces en cada corral en 3 periodos de una semana cada uno; al comienzo, a la mitad y al final del ensayo. En cada período de muestreo se recolectaron sub-muestras cada 2 días, las que se juntaron para conformar una muestra compuesta por corral. Una fracción de las mismas fue separada y secada en estufa a 60°C para determinación de MS y composición química en laboratorio. El resto fue congelado y posteriormente utilizado para determinar la proporción de grano (fracciones mayores a 2 mm) mediante lavado, tamizado y separación manual en la muestra. Los resultados de producción de heces y proporción de grano en heces fueron expresados en MS y promediados para obtener un valor por corral y período de muestreo.

Composición química de la dieta. Semanalmente se muestrearon cada uno de los componentes del alimento ofrecido. Con una alícuota de cada una de las muestras de los ingredientes de la dieta se constituyó una muestra compuesta; esta fue utilizada para determinar MS, PB, FDN, FDA, lignina (AOAC; 1990), digestibilidad *in vitro* (Tilley y Terry, 1963), almidón (MacRae and Armstrong, 1968) y concentración de energía metabolizable (EM: Mcal kgMS⁻¹; NRC, 1996). La calidad nutritiva de cada dieta se determinó a partir de la composición de sus constituyentes y las proporciones ofrecidas en base seca.

Composición química de las heces. Alícuotas de los muestreos de heces fueron utilizadas para constituir una muestra compuesta por corral representativa de las heces producidas a lo largo del ensayo, sobre la que se realizaron las determinaciones de MS, FDN, FDA, lignina, almidón y EM. También sobre alícuotas de las fracciones de los granos recuperados de las heces se determinó composición química para contrastarla con la del grano ofrecido, y calcular la proporción de almidón eliminado en la forma de grano visible.

Consumo de MS digerible (CMSD). Con la información de calidad se calcularon el CMSD ($\text{CMSD} = \text{CMS} * \text{digestibilidad } in vitro \text{ de la MS}$) y el consumo de EM ($\text{CEM} = \text{CMSD} * 0,82 * 4,4 \text{ Mcal kg}^{-1} \text{ MS}$; NRC, 1996) por corral y período.

Se calculó la cantidad de grano efectivamente digerido, descontando de la cantidad de grano consumido voluntariamente la cantidad de grano recuperado en heces y la fracción potencialmente indigestible (indigestibilidad *in vitro*), mediante la siguiente ecuación: $(\text{Consumo de grano} - \text{Grano en heces}) * (1 - \text{indigestibilidad } in vitro) * (\text{Consumo de grano})^{-1}$.

Peso vivo. Se estimó el peso vivo (PV) a los 0, 26, 47, 68 y 89 días de ensayo. Se generaron 4 períodos consecutivos sobre los que se calculó el aumento diario de peso vivo (ADPV) por animal. Las pesadas se realizaron con 18 horas de desbaste previo (encierre sin alimento) en balanza electrónica.

Eficiencia de conversión. Se calculó la eficiencia de conversión en aumento de peso de la MS (ECMS) y de la EM consumida (ECEM) por período entre pesadas, coincidente con las determinaciones de CMS y ADPV.

Eficiencia de utilización del almidón. Como información adicional sobre el uso del grano entero, se calculó la digestibilidad efectiva

Cuadro 2. Composición de las dietas¹

Table 2. Diet composition

	T1	T2	T3
Dieta			
Grano de maíz entero	72,0	73,75	60,0
Grano de avena entera	-	-	15,0
Heno de alfalfa	10,2	-	-
Harina de girasol	14,0	23,0	22,0
Urea	0,8	0,25	-
Núcleo vitamínico y mineral ²	2,98	2,98	2,98
Monensina	0,02	0,02	0,02
Nutrientes³			
PB, %	14,3	14,2	14,0
FDN, %	18,2	17,2	20,0
FDA, %	13,6	11,7	12,8
DIVMS, %	74,9	76,5	76,3
FDN efectiva, % de requerim ⁴	106	75	85
EM, Mcal kg MS ¹	2,70	2,76	2,75

¹ Ensayo de 89 días. N (corrales por categoría) = 4 (4 de novillitos y 4 de novillos); 4 animales corral

² Núcleo vitamínico y mineral "Macro-corrector Feedlots plus" (Biofarma S. A.).

³ PB = proteína bruta; FDN = fibra detergente neutro; EM = energía metabolizable.

⁴ FDN efectiva = fibra efectiva. Proporción (%) calculada en función de la requerida por un novillo británico de 300 kg PV con un ADPV esperado de 1,3 kg y un consumo de MS de 2,6 % PV según el modelo CNCPS (NRC, 2000).

del grano y del almidón ofrecido a partir de la información de consumo total y de grano, producción total de heces, contenido de grano detectable en heces, y contenido de almidón en heces, en el grano de heces y en los componentes de la dieta.

Análisis estadístico

Los factores (dieta y categoría animal) fueron distribuidos sobre los corrales (4 corrales por tratamiento emergente de la combinación de factores), con cuatro animales por corral, previamente estratificados por peso. Los datos se sometieron a análisis de varianza (GLM; SAS; 1992) sobre un diseño completamente aleatorizado y medidas repetidas en el tiempo, con arreglo factorial de tratamientos en la parcela principal. Los ADPV se analizaron con el animal como unidad experi-

mental; el consumo y la eficiencia de conversión se evaluaron con los valores medios por corral como unidad experimental. Las medias se separaron mediante LSD si el efecto de tratamiento fue detectado significativo ($P < 0,05$).

Cuadro 3. Efecto de dietas de alto contenido de grano y baja fibra sobre la evolución del peso vivo (PV, kg) y el aumento diario de peso (AAPV, kg) de novillitos y novillos en engorde a corral ¹.

Table 3. Effect of whole-grain low-fiber diets on live weight (PV, kg) and daily weight gain (AAPV, kg) of feedlot calves and steers.

	T1	T2	T3	EE ²	P =
Novillitos					
PV día 0 ³	155,1	155,2	155,1	1,41	0,87
día 89	262,2a	272,0b	272,2b	2,43	0,03
ADPV	1,218	1,325	1,330	0,027	0,08
Novillos					
PV día 0	271,8	272,0	269,6	2,70	0,62
día 89	392,0	394,8	395,4	1,89	0,45
ADPV	1,358	1,384	1,420	0,037	0,72
ADPV	1,288	1,354	1,375	0,023	0,06

¹ T1 = Dieta basada en grano de maíz entero, harina de girasol, urea y heno de alfalfa; T2 = Grano de maíz, expweller de girasol; T3 = Grano de maíz, grano de avena, harina de girasol. N (corrales por categoría animal) = 4 (4 de novillitos y 4 de novillos); 4 animales corral

² EE = error estándar de la media

³ día = días desde inicio del ensayo

^{a, b} Filas con promedios de tratamientos con superíndices diferentes difieren ($P < 0,05$)

RESULTADOS y DISCUSION

No se detectaron interacciones significativas de tratamientos con los factores período ($P = 0,17$) o categoría animal ($P = 0,29$) para ACPV. Tampoco se detectaron diferencias ($P = 0,062$) entre tratamientos (Cuadro 3). El ACPV promedio de categorías y tratamientos resultó de $1,339 \pm 0,023$ kg. Aunque sin diferencias significativas al nivel de $P = 0,05$ se destacó una tendencia ($P = 0,062$) en los promedios de ambas

Cuadro 4. Efecto de dietas de alto contenido de grano entero y baja fibra sobre el consumo individual absoluto de materia seca (CMS, kg día⁻¹) y en función del peso vivo (CMSPV, %), y la eficiencia de conversión (ECMS, kg MS: kg ADPV) de novillitos y novillos en engorde a corral^{1,2}.

Table 4. Effect of whole-grain low-fiber diets on absolute and body weight relative dry matter intake (CMS, kg day⁻¹, CMSPV, %), and feed efficiency (ECMS, kg MS: kg ADPV) of feedlot calves and steers^{1,2}.

	T1	T2	T3	EE ³	P =
CMS	8,63	8,56	8,55	0,107	0,85
Novillitos	6,95	7,07	7,01	0,136	0,82
Novillos	10,31	10,06	10,08	0,167	0,51
CMSPV	2,87	2,84	2,83	0,020	0,44
Novillitos	2,92	2,92	2,90	0,027	0,73
Novillos	2,81	2,76	2,77	0,027	0,35
ECMS	5,63	5,44	5,33	0,029	0,13
Novillitos	4,85	4,62	4,56	0,206	0,12
Novillos	6,67	6,62	6,45	0,212	0,72

¹ T1 = Dieta basada en grano de maíz entero, harina de girasol, urea y heno de alfalfa; T2 = Grano de maíz, harina de girasol; T3 = Grano de maíz, grano de avena, harina de girasol. N (corrales por categoría) = 4 (4 de novillitos y 4 de novillos); 4 animales corral

² No se detectaron interacciones tratamiento x categoría animal (P>0,38), ni tratamiento x período (P > 0,82) para las variables CMS, CMSPV y ECMS en ambas categorías. Se informan los promedios por tratamiento, promediados los períodos, y por categoría para el efecto significativo (P<0,01) del factor categoría. Tampoco se detectaron efectos de tratamientos (P>0,12) sobre las variables citadas dentro de cada categoría.

³ EE = error estándar de la media.

categorías hacia un mayor ritmo de engorde para los tratamientos sin heno de alfalfa (T2 y T3), comparados con T1. La información emergente del ensayo no permitiría, sin embargo, desarrollar una explicación consistente sobre esta tendencia. Los novillos aumentaron de peso a un ritmo de $1,387 \pm 0,037$ kg día⁻¹, 96 g superior (P<0,01) al de los novillitos ($1,291 \pm 0,028$ kg día⁻¹).

No se detectaron interacciones (P>0,38) entre tratamientos, categoría y período en CMS, en CMS en proporción al PV (CMSPV) o ECMS. Los tratamientos resultaron semejantes en CMS (P>0,51; 8,58

$\pm 0,107 \text{ kg día}^{-1}$), CMSPV ($P > 0,35$; $2,85 \pm 0,019 \%$) y ECMS ($P > 0,12$; $5,46 \pm 0,03$) en promedio de ambas categorías (Cuadro 4). El CMS resultó un 44,7 % superior ($P < 0,01$) en novillos ($10,15 \pm 1,157$ vs $7,01 \pm 0,940 \text{ kg día}^{-1}$). Expresado como proporción del peso vivo; sin embargo, el consumo de los novillitos resultó un 4,7 % superior ($P < 0,01$) ($2,91 \pm 0,027$ vs $2,78 \pm 0,028 \%$). La ECMS de esa categoría resultó un 29 % mayor ($P < 0,01$) que la de los novillos ($4,67$ vs $6,58$ durante los 89 días).

El factor período resultó en un efecto significativo ($P < 0,01$) sobre el CMS y la ECMS (Cuadro 5). El CMS se incrementó en el tiempo en ambas categorías, acompañando el incremento del peso. Existie-

Cuadro 5. Efecto del periodo de evaluación sobre el engorde de novillitos y novillos en dietas de alto contenido de grano entero y baja fibra sobre el consumo individual absoluto de materia seca (CMS, kg día⁻¹) y en función del peso vivo (CMSPV, %) y la eficiencia de conversión (ECMS, kg MS: kg ADPV)^{1, 2}

Table 5. Effect of evaluation period on absolute and body weight relative dry matter intake (CMS, kg día⁻¹; CMSPV, %), and feed efficiency (ECMS, kg MS: kg ADPV) of feedlot calves and steers on whole-grain low-fiber diets

	P1	P2	P3	P4	EE ³	P =
CMS						
Novillitos	6,48 ^a	6,99 ^b	7,11 ^{bc}	7,46 ^c	0,157	0,001
Novillos	9,70 ^a	10,03 ^{ab}	10,27 ^{bc}	10,59 ^c	0,193	0,011
CMSPV						
Novillitos	2,81 ^a	3,00 ^c	2,90 ^b	2,94 ^{bc}	0,031	0,013
Novillos	2,77	2,79	2,78	2,79	0,032	0,952
ECMS						
Novillitos	4,18 ^a	4,59 ^b	4,90 ^{bc}	5,13 ^c	0,178	0,001
Novillos	6,02 ^a	6,25 ^a	7,04 ^b	7,19 ^b	0,182	0,001

¹ P1 = Período 1 (26 días), P2 = Período 2 (21 días), P3 = Período 3 (21 días), P4 = Período 4 (21 días). Información promedio de dietas: T1 = Basada en grano de maíz entero, harina de girasol, urea y heno de alfalfa; T2 = Grano de maíz, harina de girasol; y T3 = Grano de maíz, grano de avena, harina de girasol. N (corrales por categoría animal) = 4 (4 de novillitos y 4 de novillos); 4 animales corral

² Se reportan las medias por categoría y período, promediados los tratamientos debido a efectos interactivos con períodos ($P < 0,01$).

³ EE = error estándar de la media

^{a, b, c} Filas con promedios de tratamientos con superíndices diferentes difieren ($P < 0,05$)

ron diferencias entre períodos en CMSPV en los novillitos. Esta categoría incrementó ($P < 0,05$) el CMSPV luego del primer período. Entre los siguientes (P2, P3 y P4), P2 sostuvo el mayor valor, diferente de P3 ($P < 0,03$) y similar a P4 ($P = 0,67$). En novillos no se detectaron diferencias ($P = 0,95$) entre períodos en CMSPV. Por su parte, la ECMS empeoró progresivamente con el transcurso de tiempo (contraste lineal, $P < 0,01$) y el crecimiento de los animales, en ambas categorías y en el promedio de los tratamientos (Cuadro 5).

La composición química de los granos recuperados de las heces resultó similar ($P > 0,82$) a la de los granos de la dieta en EM, digestibilidad *in vitro* y contenido de almidón (Cuadro 6). El grano de maíz recuperado de heces tuvo valores de PB, FDA y lignina inferiores ($P < 0,05$) al grano de la dieta. Esta diferencia no resulta explicable en términos biológicos y podría deberse a efectos erosivos sobre el pericarpio del grano provocados durante el lavado, separación y secado de las muestras. En el grano de avena no se observaron

Cuadro 6. Composición del grano de la dieta y recogido de las heces¹
Table 6. Chemical composition of grain from feed and feces

	Grano de maíz			Grano de avena		
	Dieta	Heces	EE ²	Dieta	Heces	EE
PB ³ , %	8,70 ^a	7,30 ^b	0,48	11,7	11,1	0,41
FDA, %	5,56 ^a	4,51 ^b	0,41	13,53	14,62	0,64
Lignina, %	1,50 ^a	2,61 ^b	0,22	1,23 ^a	2,78 ^b	0,69
Almidón, %	71,09	71,28	0,96	47,8	45,6	0,93
DIVMS, %	84,57	85,39	0,73	78,36	77,51	0,82
EM, Mcal kg MS ³	3,05	3,08	0,02	2,83	2,80	0,02

¹ No se detectaron interacciones ($P > 0,1$) entre dieta y categoría animal para los parámetros de calidad de granos, tampoco se detectaron efectos de la categoría animal ($P > 0,12$) sobre la composición de los granos recuperados en heces. La información presentada es promedio de dietas (T1 = Basada en grano de maíz entero, harina de girasol, urea y heno de alfalfa; T2 = Grano de maíz, harina de girasol; y T3 = Grano de maíz, grano de avena, harina de girasol) y categorías (novillitos y novillos). N (corrales por categoría) = 4 (4 de novillitos y 4 de novillos), con 4 animales corral

² EE = error estándar de la media

³ PB = proteína bruta; FDN = fibra detergente neutro; FDA = Fibra detergente ácido; DIVMS = Digestibilidad in vitro de la materia seca, EM = energía metabolizable.

^{a, b} Dentro de cada tipo de grano, filas con promedios de tratamientos con superíndices diferentes difieren ($P < 0,05$)

efectos de la técnica de recuperación como en el caso del maíz. Se observó un incremento ($P < 0,01$) en el contenido de lignina, pero de escasa significación biológica a la luz de la similitud de los valores de PB, FDA, almidón y EM registrados.

La digestibilidad de la MS consumida, estimada a través del cambio en la concentración de lignina, resultó similar ($P = 0,613$) entre categorías y tratamientos ($P = 0,860$), promediando $77,48 \pm 2,45$ % (cuadro 7). Por su parte, la fracción de grano recuperado en las heces fue mayor ($P < 0,01$) ($30.5 - 25.3\%$) en novillos que en novillitos y

Cuadro 7. Utilización del grano en dietas de feedlot de alto contenido de grano entero y baja fibra¹

Table 7. Grain use efficiency of whole-grain low-fiber diets of feedlot calves and steers

	DMS ²	Grano ³ en heces	GrHe ⁴ /Gr dieta	Alm GrHe ⁵ /Alm dieta
	% MS			
Novillitos	77,2 (0,71)*	25,3 ^a (1,34)	7,9 ^A (0,55)	8,2** (0,57)
T1	76,7	22,6 ^a	7,4 ^a	7,8
T2	76,9	28,4 ^b	8,9 ^b	9,1
T3	78,1	24,8 ^a	7,3 ^a	7,8
Novillos	77,7 (0,71)	30,5 ^b (1,34)	9,3 ^B (0,55)	9,6 (0,57)
T1	77,8	28,6 ^b	9,0 ^b	8,9
T2	77,8	32,2 ^b	9,6 ^b	9,8
T3	77,6	30,7 ^b	9,3 ^b	10,2
EE ⁶	1,22	2,32	0,96	0,98

¹T1 = Basada en grano de maíz entero, harina de girasol, urea y heno de alfalfa; T2 = Grano de maíz, harina de girasol; y T3 = Grano de maíz, grano de avena, harina de girasol. N (corrales por categoría) = 4 (4 de novillitos y 4 de novillos); 4 animales corral

² Digestibilidad de la materia seca, calculada por concentración de marcador interno (lignina)

³ Grano visible, entero o fracciones, recuperado en las heces

⁴ Proporción que representa el grano en heces del total de grano consumido

⁵ Proporción del almidón consumido que se recuperó contenido en el grano en heces.

* Error estándar de la media de la comparación entre categorías de animales.

** Probabilidad de $F > F_0$ de efecto categoría = 0,102.

⁶ EE = error estándar de la media

^{a, b, c} Medias de tratamientos de dieta, en columnas dentro de cada categoría animal, con superíndices diferentes difieren ($P < 0,05$)

^{A, B} Medias de categorías en columnas, con superíndices diferentes difieren ($P < 0,05$)

mayor para el tratamiento con grano entero de maíz, sin aporte de fibra larga (T2), alcanzando valores medios de 28,4 y 32,2 % para novillitos y novillos, respectivamente. En función de la producción de heces y el consumo se estimó que entre el 7 y el 9% del grano consumido por los novillitos y entre el 9 a 9,5% consumido por los novillos, el grano escapó en heces entero o en fracciones visibles. En novillos no se encontraron diferencias entre tratamientos ($P > 0,547$) en la utilización del grano. En novillitos, la utilización resultó menor ($P = 0,048$) en T2 comparado con T1 y T3, en la cual la pérdida de grano alcanzó al 8,9%. Entre las categorías animales, los novillos tuvieron proporciones más altas de grano en heces, justificados posiblemente en una menor capacidad de retención física del grano en el rumen debido al mayor tamaño del orificio retículo-omasal.

La proporción de almidón detectada en heces alcanzó valores próximos al 25% (Cuadro 8). El tratamiento a base de maíz entero solamente y sin heno de alfalfa (T2) registró los mayores valores ($P < 0,05$) en ambas categorías y T3 el inferior en promedio de ambas categorías ($P = 0,0016$). La relación entre la cantidad de almidón contenida en el grano visible recuperado de las heces y la cantidad de almidón medida en heces totales indicó que entre el 75 al 90% del almidón en heces correspondió a almidón de la fracción de grano pasante. Se detectaron efectos interactivos ($P = 0,014$) entre dietas y categorías en esa variable, sugiriendo en novillos que la proporción de almidón detectado en heces y no contenido en fracciones visibles de granos decrece con la supresión de la fibra larga y el agregado de grano de avena. Sin embargo, dicha tendencia no se confirmó en novillitos, donde al tratamiento que incluyó avena le correspondió la menor relación.

La utilización del almidón siguió un patrón similar al del grano, aunque algo menos marcada. La magnitud de las pérdidas de almidón en el grano, con respecto al almidón consumido (Cuadro 7), no alcanzó a generar diferencias significativas debido al comportamiento diferente de las pérdidas en T2, comparado con el de los otros tratamientos. Las tendencias ($P = 0,102$) indicaron mayores pérdidas en los novillos (9 a 10%), comparadas con las de los novillitos (8 a 9%). En T2, sin embargo, no se observaron diferencias ($P > 0,262$) entre categorías. Las pérdidas de almidón en forma de grano visible

Cuadro 8. Utilización del almidón en dietas de feedlot de alto contenido de grano entero y baja fibra¹

Table 8. Starch use efficiency of whole-grain low-fiber diets of feedlot calves and steers

	Almidón ²	AlmGrHe ³ /	Digestibilidad del almidón ⁴	
	en heces	Alm heces	ofrecido	expuesto ⁵
	% base MS			
Novillitos	23,2 (0,94)*	-	89,6 (0,62)	-
T1 21,8 ^a	78 ^a	90,0	97,6 ^{a,b}	
T2	26,1 ^b	79 ^a	88,5	97,4 ^{a,b}
T3	21,8 ^a	76 ^a	90,4	97,5 ^{a,b}
Novillos	25,7 (0,94)	-	88,8 (0,62)	-
T1	26,6 ^b	75 ^a	88,4	97,0 ^a
T2	27,4 ^b	85 ^b	88,4	98,0 ^b
T3	23,0 ^a	92 ^c	89,6	99,2 ^c
EE ⁶	1,64	2,63	2,13	0,34

¹T1 = Basada en grano de maíz entero, harina de girasol, urea y heno de alfalfa; T2 = Grano de maíz, harina de girasol; y T3 = Grano de maíz, grano de avena, harina de girasol. N (corrales por categoría)

= 4 (4 de novillitos y 4 de novillos); 4 animales corral

² Proporción de almidón en las heces

³ Proporción del almidón en heces aportada por el almidón contenido en el grano visible, entero o fracciones, recuperado en las heces

⁴ Calculada a partir de la estimación de la producción de heces a través de la concentración de un marcado interno y el consumo.

⁵ Digestibilidad del almidón consumido que no fue recuperado en la fracción de grano visible en heces.

* Error estándar de la media de la comparación entre categorías de animales

⁶ EE = error estándar de la media

^{a,b} Dentro de categoría animal, promedios de tratamientos en columnas con superíndices diferentes difieren (P < 0,05)

en heces de los novillitos fue mayor en T2, comparadas con T1 y T3 (Cuadro 7) y similares a las registradas en la categoría de novillos.

Sin embargo, la utilización del almidón consumido fue $89,2 \pm 2,13$ %, sin diferencias entre dietas (P= 0,381), y prácticamente todo el almidón expuesto (almidón ofrecido menos el eliminado por heces en la forma de granos enteros o partidos) fue digerido (Cuadro 8). Se observaron diferencias (P= 0,022) hacia un mayor aprovechamiento

del grano en T2 y T3 en la categoría de novillos ($P < 0,05$), comparados con T1. El tratamiento T3 registró los valores mayores de digestibilidad del almidón en novillos. En términos de utilización del grano de maíz, este tratamiento no mejoró su utilización, pero la proporción de grano de avena detectado en heces fue muy baja, evidenciando una alta digestión de este grano ($90 \pm 1,52 \%$).

Respuestas similares a las obtenidas en este ensayo, en aumento de peso y eficiencia de conversión en dietas con maíz entero fueron encontradas por varios autores (Murphy *et al.*, 1994; Mabuku *et al.*, 1996; Hejazi *et al.*, 1999; Prawl *et al.*, 1997; Hill *et al.*, 1996 a, b). Al asumir un "efecto fibra" del grano entero sobre la motilidad y función ruminal, Meissner *et al.* (1992), Hill *et al.* (1996 a,b) y Loerch y Fluharty (1998) han encontrado resultados semejantes en eficiencia de conversión y aumento de peso a los del presente ensayo alimentando novillos con dietas de 95 a 100% concentrado, basadas en grano de maíz entero. Cuando la oferta de alimento no fue restringida, Murphy *et al.* (1994) no encontraron diferencias en la digestión de almidón proveniente de una dieta basada en maíz entero y sin fibra, comparada con una equivalente con maíz aplastado. Sin embargo, cuando se restringió la oferta de alimento al 70% del consumo voluntario, la digestibilidad del almidón proveniente del grano entero fue inferior a la del almidón del grano aplastado. De manera similar, Turgeon *et al.* (1983) no encontraron diferencias en la digestibilidad del grano de maíz cuando alimentaron novillos con maíz entero o partido en dietas sin fibra larga y a 2,3 veces el nivel de mantenimiento.

Las tendencias observadas en T3 del presente ensayo sugieren que la mezcla de grano de maíz y de avena en proporción 80:20 permitiría lograr una mayor performance que a base de grano de maíz solamente. Ello podría justificarse por un mejor balance de calidades y ritmos de degradabilidad del almidón, el mayor contenido de proteína en el grano de avena y la alta degradabilidad del grano de avena registrada en este estudio. Beneficios de las mezclas de almidón de distinto origen han sido encontrados por Huck *et al.* (1998), Axe *et al.* (1987), Gross *et al.* (1988) y Kreikemeier *et al.* (1987). Streeter *et al.* (1989) y Axe *et al.* (1987) indicaron que la combinación de granos de diferente tasa de fermentación y oferta proteica mejora el perfil aminoacídico de la dieta y provoca cambios en el sitio de diges-

ción del N. Streeter *et al.* (1989) sugirieron que la mezcla de granos estivales e invernales mejora la utilización de la proteína y la eficiencia de la síntesis de proteína microbiana en el rumen. Brandt *et al.* (1988) combinaron grano de maíz húmedo con trigo procesado en copos (67:33) y determinaron una mayor tasa de engrasamiento. Axe *et al.* (1997) también reportaron mejoras en grados de calidad de la carne (marmoleado) en dietas basadas en grano húmedo de sorgo sobre las que se incorporó trigo seco molido.

Estudios complementarios sobre fermentabilidad ruminal y fuentes proteicas alternativas serían necesarios para completar la información sobre el nivel de compromiso o estrés del rumen y flexibilidad de la práctica de alimentación con grano entero y baja o nula fibra larga. Asimismo, sería conveniente explorar otras combinaciones de granos enteros, particularmente en dietas para animales jóvenes en crecimiento.

CONCLUSIONES

Los resultados de este trabajo indican que la deficiencia potencial de fibra efectiva en dietas de «feedlot» sin henos, basadas en granos enteros de maíz o maíz y avena con harina de girasol, no impide la expresión de un alto ritmo de engorde, similar al alcanzable en dietas balanceadas por fibra efectiva. En adición, la respuesta esperable no dependería de la categoría animal. La mezcla de granos enteros como maíz y avena en proporción 80:20 resultaría en aumentos de peso, eficiencia de utilización del almidón y eficiencia de conversión de la dieta equivalentes o incluso superiores a los logrados con dietas basadas en maíz como único grano.

En las condiciones del presente estudio, las pérdidas de grano visible en heces se ubicarían entre el 7 y el 10% (base seca), registrándose los mayores valores en novillos o en dietas donde el maíz es el único grano y el heno ha sido eliminado de la dieta. Esa pérdida se suma a la pérdida de la fracción naturalmente indigestible, de alto contenido de lignina. Las pérdidas de almidón en heces están muy asociadas a las pérdidas de grano visible, grano cuya composición de

calidad es similar a la del grano consumido. Por el contrario, el almidón del grano que es expuesto a la digestión a lo largo del tracto digestivo se degrada prácticamente en su totalidad.

A la luz de los resultados experimentales, el grano de maíz sólo o en mezcla con avena, ofrecido sin procesar, sería estímulo suficiente para sostener una función ruminal normal y una alta eficiencia de conversión de la dieta. Aunque no evaluado, el agregado de harina de girasol u otro suplemento proteico - fibroso sería conveniente y aparentemente suficiente para mantener un nivel mínimo de fibra a la dieta. En suma, la alimentación de vacunos con grano entero de maíz y/o avena, sin henos, en dietas de «feedlot» constituye, una alternativa factible.

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. *J. Anim. Sci.* 64: 897-906.

BARTLE, S.J. y PRESTON, R.L. 1992. Roughage level and limited maximum intake regimens for feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 70:3293-3303.

BRANDT, R.T., JR., S.J. ANDERSON y J.K. ELLIOTT. 1988. Mixtures of high moisture corn or steam flaked wheat for finishing cattle. "Cattle Feeders" Day, Rep. Prog. 555, Kans. Agr. Exp. Stn., Garden City, KS. Pp 32-34.

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.

GALYEAN, M. L., WAGNER, D. G. y JHONSON, R. R. 1976. Site and extent of starch digestion in steers fed processed corn rations. *J. Anim. Sci.* 43:1088-1101.

GOERING, H. K. and P.J. VAN SOEST. 1970. Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications). Agric. Handbook 379. ARS, USDA, Washington, DC.

GOETSCH, A. U. y M. L. GALYEAN. 1983. Influence of feeding frequency on passage rate of fluid and particulate markers in steers fed a concentrate diet. *Can. J. Anim. Sci.* 63:727.

GROSS, K.L., D.L. HARMON y T.B. AVERY. 1988. Net portal nutrient flux in steers fed diets containing wheat and sorghum grain alone or in combination. *J. Anim. Sci.* 66:543-551.

GUTHRIE, M.J., GALYEAN, M.L., MALCOM, K.J., KLOPPENBURG, J.H. y WALLACE, J.D. 1992. Effect of method of corn processing and roughage source on feedlot performance and ruminal fermentation in beef steers. *Proc. Western Sec., Amer. Soc. Anim. Sci.* 43:19-22.

HEJAZI, S., FLUHARTY, F.L., PERLEY, J.E., LOERCH, S.C. y LOWE, G.D. 1999. Effect of corn processing and dietary fiber source on feedlot performance, visceral organ weight, diet digestibility and nitrogen metabolism in lambs. *J. Anim. Sci.* 77:507-515.

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.

HILL, W. J., SECRIST, D. S., OWENS, F. N. y GILL, D. R. 1996a. Effect of limit feeding on feedlot performance and carcass characteristics. *Okla. Agric. Exp. Sta. Misc. Pub.* P-951, 137-143.

HILL, W. J., SECRIST, D.S., OWENS, F. N., STRASIA, C.A, GILL, D.R., BASALAN, M. y JOHNSON, A.B. 1996b. Effects of trace mineral supplements on performance of feedlot steers. *Okla. Agric. Exp. Sta. Misc. Pub.* P-951, 153-163.

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.

KREIKEMEIER, K.K., R.A. STOCK, D. R. BRINK and R.A; BRITTON. 1987. Feeding combinations of dry corn and wheat for finishing lambs and cattle. *J. Anim. Sci.* 65:1647-1654.

KRYSL, L.J., GALYEAR, M.L., ESTELL, R.E. y FOWELL, B.F. 1988. Estimating digestibility and fecal output in lambs using internal and external markers. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 111:19

LOERCH, S.C. y FLUHARTY, F.L. 1998. Effects of corn processing, dietary roughage level, and timing of roughage inclusion on performance of feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 76:681-685.

MABUKU, O., HATENDI, P. R. y MEDLINAH, M. 2000. Effect of feeding different mixtures of whole to milled maize grain in a complete diet on feedlot performance of steers. *Zimbabwe J. Agric. Res.* 34:87-95.

MACRAE, J. E. y AMSTRONG, D.G. 1968. Enzyme method for determination of alpha-linked glucose polymers in biological materials. *J. Sci. Food Agric.* 19, p578.

MADER, T.L., POPPERT, G.L. y STOCK, R.A. 1993. Evaluation of alfalfa type as a roughage source in feedlot adaptation and finishing diets containing different corn types. *Animal Feed Sci. and Tech.* 42:109-119.

MCNEILL, J. W., POTTER, G. D. y RIGGS, J. K. 1976. Ruminant and post-ruminal carbohydrate utilization in steers fed processed sorghum grain. *J. Anim. Sci.* 33:1371-1388.

MEISSNER, et al. 1992. Effect of level and degradation of dietary protein on performance of feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 22:4.

MURPHY, T.A., FLUHARTY, F.L. y LOERCH, S.C. 1994. The influence of intake level and corn processing on digestibility and ruminal metabolism in steers fed all-concentrate diets. *J. Anim. Sci.* 72:1608-1615.

NRC, 2000. *Nutrient Requirement for Beef Cattle (8th Ed.* National Academy Press, Washington, DC.

NRC. 1996. *Nutrient requirements of beef cattle (7th Ed.).* National Academy Press, Washington, D. C.

- OWENS, F. N., SECRIST, D. S., HILL, W. J. y GILL, D. R.** 1997. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: A review. *J. Anim. Sci.* 75:868-879.
- 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.
- PRAWL, Z. I., OWENS, F.N. y GILL, D.R.** 1998. Effects of pen size or housing on performance and carcass characteristics of feedlot steers. *Anim. Sci. Res. Report Agr. Exp. Sta.* P-965, 83-88.
- REINHARDT, C.D., BRANDT, R.T. JR., ECK, T.P. y TITGEMEYER, E.C.** 1998. Performance, digestion and mastication efficiency of Holstein steers fed whole or processed corn in limit- or full-fed growing-finishing systems. *J. Anim. Sci.* 76:1778-1788.
- SAS,** 1992. *SAS User's Guide: Statistics (Versión 6.06)*. SAS Inst., Inc., Cary, Nc.
- Secrist, D.S., Hill, W.J., Owens, F.N., Gill, D.R. y Welty, S.D.** 1996a. Rolled or whole corn for feedlot steers being limit-or ad libitum-fed. *Okla. Agric. Exp. Sta. Misc. Publ.* P-951, 173-180.
- SECRIST, D.S., OWENS, F.N., HILL, W.J. y WELTY, S.D.** 1996b. Rolled versus whole corn: Effects on ruminal fermentation of feedlot steers. *Okla. Agric. Exp. Sta. Misc. Publ.* P-951, 181-188.
- STOCK, R. A., KLOPFENSTEIN, T. y SHAIN, D.** 1995. Feed intake variation. *Okla. Agric. Exp. Sta. Misc. Publ.* P-942:56-59.
- STREETER, M.N., D.G. WAGNER, 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.
- TURGEON, O.A., BRINK, D.R. y BRITON, R.A.** 1988. Corn particle size mixture roughage level and starch utilization in finishing steer diets. *J. Anim. Sci.* 57:739.

SWINGLE, S. 1995. Effect of roughage level and type on intake and performance of feedlot cattle. Okla. Agric. Exp. Sta. Misc. Pub. P-942:257.