

Valor alimenticio del grano y forraje de sorgo en las dietas de bovinos para producción de carne.

Presentado ante el:
United Sorghum Checkoff Program

Dr. Micheal J. Brouk

Departamento de Ciencias Animales e Industria.
Universidad Estatal de Kansas.
134 Call Hall
Manhattan, KS 66506-1600
mbrouk@ksu.edu

INTRODUCCIÓN.

El sorgo, tanto en grano como el forrajero, es un alimento importante para el ganado. En general, el sorgo ha sido cultivado en áreas como en la parte oeste de Kansas donde la precipitación no sostiene la producción económica del maíz u otros cultivos que requerirían casi el doble de humedad en comparación con el sorgo. En los últimos 10 años, los productores estadounidenses han cosechado en promedio casi 7 millones de acres (2.8 millones de hectáreas) de sorgo para grano dando como resultado una producción anual de granos de más de 350 millones de *bushels*. Además, se han cultivado poco más de 350,000 acres (141,600 hectáreas) para ensilado. El sorgo puede usarse en fórmulas para el ganado de producción de carne de bovino como un reemplazo en lugar del maíz. Aunque la investigación ha mostrado que el grano de sorgo es comparable al maíz en las dietas para terminar de engordar al ganado bovino, el mercado con frecuencia valora al sorgo menos que al maíz. En los últimos diez años, el precio del sorgo ha estado por abajo del precio del maíz en aproximadamente \$0.12 por *bushel*, dando como resultado una pérdida en promedio para los productores de sorgo de 42 millones de dólares por año. En el 2008, el diferencial entre el precio del maíz y sorgo se incrementó a \$0.70 por *bushel* reduciendo el valor del cultivo en más de 330 millones de dólares. No se justifica descontar el valor del sorgo como lo muestran los datos de muchos estudios de investigación; sin embargo, los productores de ganado y el mercado continúan descontando su valor en las dietas del ganado bovino para producción de carne.

El uso del sorgo en las dietas de bovinos en el corral de engorda ha sido limitado como lo indica una encuesta de 42 nutricionistas consultores de las áreas central, del altiplano y del suroeste de los Estados Unidos (Vasconcelos y Galyean, 2007). 29 de los nutricionistas terminaron la encuesta y de acuerdo con las cifras reportadas por ellos mismos respecto a los animales que recibían su servicio cada año, el grupo representó aproximadamente el 69% del total de animales en engorda en el 2007. Todos los nutricionistas que terminaron la encuesta indicaron que el maíz era el principal grano que usaban en las dietas de finalización. 31 por ciento indicaron que el sorgo era utilizado como grano secundario. Un estudio anterior (Galyean y Gleghorn, 2001) encontró que el 10% de los nutricionistas estaban usando una mezcla de maíz y sorgo como la fuente primaria de grano en las dietas de finalización y el 31.5% usaban el sorgo como grano secundario. Estos datos indican que puede haber un ligero cambio alejándose del sorgo y optando por el maíz como una fuente primaria de grano para dietas balanceadas en el corral de engorda de bovino. Lo anterior pone de manifiesto la necesidad de información adicional e investigación sobre los beneficios de usar sorgo en las dietas del corral de engorda.

Resulta necesaria una revisión completa de la literatura publicada relativa al desempeño en la crianza de ganado, finalización del ganado, vacas y vaquillas para reproducción cuando se les alimenta grano de sorgo, forraje de sorgo y granos de sorgo de destilería, con el objeto de proporcionar información a los productores de ganado y otros profesionales sobre el verdadero valor del sorgo para la industria de ganado bovino para carne. El siguiente es un reporte de una revisión actual de la literatura referente a la alimentación de sorgo al ganado bovino.

COMPOSICIÓN DE NUTRIMENTOS DEL GRANO DE SORGO EN COMPARACIÓN CON EL MAÍZ, CEBADA Y TRIGO.

Todos ellos, la cebada, maíz, sorgo y trigo, son potenciales fuentes de energía para los animales bovinos. Dependiendo de las condiciones climáticas locales, un grano puede preferirse en lugar de otro. Por lo general, el maíz es la fuente de energía de elección. Sin embargo, algunas condiciones climáticas pueden limitar o anular la productividad. Los valores promedio de nutrimentos para el sorgo, maíz, cebada y trigo aparecen en la Tabla 1. Se obtuvieron los valores de dos publicaciones del NRC (Consejo Nacional de Investigación) (NRC, 1996 y 2001) y del Laboratorio de forraje Dairy One ubicado en Nueva York. Los valores obtenidos del NRC se basan en valores publicados antes de la fecha de su publicación. Los datos de Dairy One son el valor promedio reportado para todas las muestras analizadas desde mayo del 2000 al 30 de abril del 2010. Los niveles de proteína cruda de las muestras analizadas por Dairy One son más bajas para todos los granos en comparación con los valores obtenidos por NRC. Probablemente esto se debe a un incremento en los niveles de almidón a causa de un mayor rendimiento de los granos en las últimas dos décadas. El sorgo contiene más proteína cruda que el maíz, pero menos que la encontrada en la cebada o trigo. En general, hoy se puede esperar que el sorgo contenga alrededor de 14% más proteína cruda que el maíz. Los datos resumidos en las publicaciones del NRC indicarían que 23-28% más, pero los cambios en la genética de las plantas probablemente han dado como resultado un mayor rendimiento del almidón que diluiría la cantidad de proteína cruda. La fibra según la medición por medio de Fibra Detergente Ácido (FDA) es la menor para el maíz y trigo, y más elevada para el sorgo y cebada. Los valores para el sorgo y cebada son variables y pueden ser un reflejo de una mayor proporción de tegumento de la semilla a endosperma y germen, en comparación con el maíz o trigo. Es probable que esto contribuya al nivel general mayor de FDA que se encuentra en el sorgo y cebada. Si bien existen diferencias, son pequeñas y no tendrían un gran efecto negativo en la digestión de los rumiantes. Se expresan los valores energéticos en términos de energía neta para mantenimiento (NE_m) y ganancia de peso (NE_g). Éstos son un reflejo de cuán eficientemente un animal utilizaría la energía proveniente del alimento. Comparar el valor NRC con valores de laboratorio más recientes, parece que han aumentado los niveles. Es probable que esto se deba a cambios en la genética de la planta y prácticas agronómicas dando como resultado rendimientos más elevados del almidón en la actualidad que en el pasado. El sorgo y maíz son muy comparables en términos de energía. Los valores tabulares indican una ligera ventaja para el maíz sobre el sorgo, pero la diferencia es relativamente pequeña. Puede ser que las pequeñas diferencias en los valores tabulares no sean detectadas en estudios con animales. Debido a la influencia del clima, a las prácticas agrícolas y a la genética; deberían analizarse las fuentes de granos y usarse los perfiles de nutrimentos resultantes para formular las dietas de los animales en lugar de utilizar los valores tabulares.

UTILIZACIÓN DE GRANO DE SORGO EN DIETAS PARA BOVINO.

Los granos de cereal son la fuente más común de energía para las dietas de ganado y pueden equivaler hasta al 95% de la dieta total para animales en corral de engorda. En los Estados Unidos los granos de cereal más comúnmente usados son el maíz, milo, cebada, trigo y avena.

De acuerdo con encuestas entre especialistas en nutrición de bovinos (Galyean y Gleghorn, 2001; Vasconcelos y Galyean, 2007), el maíz es el grano de elección y los otros granos son considerados como fuentes secundarias de energía. Esto no indica que los otros granos sean inferiores al maíz, sino solo una preferencia de los nutricionistas y operadores del corral de utilizar maíz como la fuente primaria de energía. El uso de almidón en el rumen es crítico cuando se incrementa el desempeño del animal. Como resultado, determinar y entender los patrones de fermentación en el rumiante de diferentes fuentes de grano, resulta importante al tratar de lograr altos niveles de eficiencia del alimento e incrementar la ganancia diaria de peso promedio.

Los patrones de fermentación en el rumen de la materia seca, proteína cruda y almidón varían para diferentes ganancias de peso. Las Figuras 1, 2 y 3 demuestran las diferencias observadas en las tasas de fermentación de los cinco granos. En todos los casos, el sorgo se fermenta más lentamente que los otros granos. Sin embargo, las tasas de digestión calculadas para la proteína cruda, almidón y materia prima fueron similares para el maíz y sorgo (Herrera-Saldana, 1990). Después de 48 horas de exposición en el rumen, todos los alimentos terminaron en puntos finales similares. En algunos casos, una mezcla de granos puede proporcionar un patrón más óptimo de fermentación en el rumen que un solo grano. Por ejemplo, una pequeña cantidad (1-2 libras [454-908 g]) de trigo, cebada o avena agregada a TMR incrementará la cantidad de almidón disponible inmediatamente después de alimentarla. Cuando se hace la combinación ya sea con maíz o sorgo, esto proporciona un nivel más alto y estable de almidón disponible en el rumen en el lapso de tiempo entre suministros de alimento. Huck y colaboradores (1998) reportaron que alimentar una mezcla de 2 a 1 de sorgo-maíz hojuelados al vapor, dio como resultado mayor ganancia diaria de peso promedio y eficiencia del alimento en comparación con las dietas basadas en cualquiera de los granos solos. Se mejoró la eficiencia del alimento en 5% con la mezcla de sorgo y maíz.

Owen et al. (1997) revisaron 605 comparaciones de diferentes métodos de procesamiento con cinco granos diferentes y concluyeron que alimentar sorgo daba como resultado ganancias diarias de peso promedio similares a las del maíz cuando se alimentaba a animales del corral de engorda (Tabla 2). Las comparaciones reportadas son las respuestas promedio de alimentar un tipo de grano sin considerar el efecto del procesamiento. Las comparaciones adicionales de diferentes tipos de procesamiento dieron como resultado algunas conclusiones adicionales. Alimentar maíz o sorgo con alta humedad dio como resultado tasas de ganancia de peso más bajas en comparación con otros tipos de procesamiento (Tabla 3). Al alimentar sorgo, se redujeron las ingestas de materia seca ante un mayor grado de procesamiento (Tabla 4), y aumentaron las eficiencias del alimento (Tabla 5). Rolar el sorgo con vapor dio como resultado un incremento del 15% en la eficiencia del alimento, en comparación con el rolado en seco. Debe considerarse el proceso, con un énfasis en el procesamiento térmico, al alimentar sorgo y comparar la eficiencia de la ganancia de peso con maíz y sorgo.

EFFECTOS DEL PROCESAMIENTO TÉRMICO EN EL DESEMPEÑO DE LOS ANIMALES.

El procesamiento térmico ha sido utilizado en los corrales de engorda durante muchas décadas. En general, los granos procesados incluirían: el hojuelado al vapor, reconstitución, ensilado de la cosecha temprana (alta humedad), reventado, explosión, tostado o micronizado; en contraste con los no procesados que incluirían a los granos integrales o aquellos mínimamente procesados: triturados, molidos, rolados en seco o crudos (Theurer, 1986). Procesar el sorgo moliéndolo, rolándolo, rolado al vapor u hojuelado al vapor es necesario para alterar la matriz proteínica alrededor de los gránulos de almidón y la desorganización de los gránulos del almidón. La mayor alteración de la matriz de proteína y gránulos de almidón es el resultado del hojuelado al vapor en comparación con los otros métodos. Esto se debe a que combina la humedad, presión y calor en un proceso uniforme que da una mayor proporción de almidón disponible para los microbios en el rumen. Los datos presentados en la Tabla 6 demuestran el incremento en la conversión del alimento cuando se procesa el maíz o sorgo a través del hojuelado al vapor en comparación con un rolado en seco (Theurer, 1986). Como lo muestran los datos, no hubo incremento en la ganancia diaria de peso promedio debido al procesamiento. Las conversiones del alimento y la ganancia diaria de peso promedio para el maíz y sorgo procesados, también fueron similares. Al usar un procesamiento mínimo (rolado en seco) hubo una ventaja para el maíz en comparación con el sorgo. Se asoció el incremento en eficiencia del alimento con un cambio en la ubicación de la digestión del almidón. Se han obtenido comparaciones y resultados similares con el ganado lechero lactante (Theurer et al., 1999).

La digestibilidad del almidón en el tracto total para el maíz se incrementó de 91 a 99 por ciento al comparar el hojuelado al vapor con otros métodos de proceso. En el caso del sorgo, aumentó del 91 a 98 por ciento con el hojuelado al vapor. La digestibilidad del almidón en rumen se incrementó de 70 a 86 por ciento para el maíz con el hojuelado al vapor en comparación con otros métodos de procesamiento, y de 57 a 76 por ciento para el sorgo. Esto representa aproximadamente un incremento del 23% en digestión del almidón en rumen para el maíz y aproximadamente un incremento del 33% para el sorgo. En tanto que la digestibilidad del almidón en el tracto total es similar para el maíz y el sorgo, estos datos enfatizan el mayor valor agregado para el sorgo con el hojuelado al vapor a través de un mayor incremento en digestión del almidón en el rumen en comparación con el maíz. No solo se ve alterado el sitio del almidón en rumen por medio del hojuelado al vapor, sino que también hay un incremento en la cantidad de síntesis de bacteria en él y la disponibilidad de proteínas bacterianas del rumen en el intestino delgado (Rahnema et al., 1987). Incrementar el suministro y digestibilidad de la proteína bacteriana es importante para mejorar el desempeño del animal. Al alimentar sorgo, el hojuelado al vapor tiene una ventaja sobre otros métodos de procesamiento y deberá considerarse como el método de procesamiento de elección.

La densidad de las hojuelas también puede impactar el desempeño de los animales. Swingle y colaboradores (1999) formaron hojuelas al vapor en cuatro densidades diferentes (32, 28, 24 y 20 libras por *bushel*) y realizaron dos estudios. Observaron que una menor densidad de las hojuelas (un mayor procesamiento) incrementaba la disponibilidad de almidón *in vitro* y la

disponibilidad del almidón en el tracto total. Sin embargo, el mayor incremento se asoció con disminuir la densidad de las hojuelas de 32 a 28 libras por *bushel*. Una menor densidad de la hojuela también disminuyó linealmente la ganancia diaria de peso promedio durante el período de engorda. Los costos de la electricidad se incrementaron linealmente a medida que disminuía la densidad de la hojuela. Con base en la respuesta de los animales y los requerimientos energéticos, concluyeron que la densidad óptima de la hojuela era de 28 libras por *bushel*. Theurer y colaboradores (1999) encontraron resultados similares para la disponibilidad del almidón al comparar el sorgo hojuelado al vapor a 32, 28 y 22 libras por *bushel*. En ambos estudios, la digestibilidad del almidón en rumen se aumentó a 81% de la ingesta total de almidón y la digestibilidad de almidón en el tracto total se incrementó, en tanto que se redujo la cantidad de almidón digerido en el intestino delgado. Los resultados de estos estudios fueron similares a los resultados reportados anteriormente por Reinhardt et al. (1997).

EFFECTO DE LOS HÍBRIDOS DE SORGO SOBRE EL DESEMPEÑO DE LOS ANIMALES.

Varios estudios han examinado las diferencias entre los híbridos de sorgo (Larrain et al., 2009; McCollough et al., 1972; Maxson et al., 1973; Goldy et al., 1987; Streeter, et al., 1990; y Pederson et al., 2000). Las dietas que contienen más del 65% de grano de sorgo alto en taninos han mostrado que reducen el crecimiento del animal (Larrain et al., 2009; Maxson et al., 1973). Sin embargo, se ha mostrado que una mezcla del sorgo alto en taninos y grano de maíz mejora el desempeño de los animales (Larrain et al., 2009). Sin embargo, la mayor parte del sorgo que se cultiva en la actualidad tiene cantidades más bajas de taninos, por lo que esto ya no es un problema. Streeter et al. (1990) evaluaron cuatro híbridos de sorgo diversos (amarillo, crema, hetero-amarillo y rojo). En comparación con el maíz, el híbrido color crema dio como resultado una digestibilidad del almidón en el tracto total, y proporción alimento-grano calculada, similares con los otros tipos de sorgo, dando como resultado valores más bajos. Estos datos sostienen que existen diferencias en el desempeño de los animales al alimentarles diferentes híbridos de sorgo. Además, las condiciones ambientales durante la época de cultivo pueden impactar adicionalmente estas diferencias. Pederson et al. (2000) reportaron un nuevo procedimiento de 12 horas *in vitro* que puede ser utilizado para evaluar a los híbridos de granos para cambios en los parámetros de digestión de los mismos. Esto podría ser muy útil para estimular el valor de alimentación del sorgo como resultado de diferentes híbridos o de diferentes ambientes de cultivo.

AGREGAR VALOR AL GRANO DE SORGO A TRAVÉS DEL PROCESAMIENTO.

La investigación en animales ha demostrado que el procesamiento del sorgo aumenta su valor para la industria ganadera. Con base en la investigación actual, el procesamiento térmico a través de las hojuelas al vapor parece ofrecer la mejor solución para aumentar la eficacia de la digestión del sorgo. El hojuelado puede aumentar el valor de la alimentación del sorgo en 12-15% por arriba del rolado en seco, incrementando la digestibilidad del almidón en el rumen y en el tracto total. También da como resultado la mejoría de la digestibilidad de la proteína cruda que se encuentra en el sorgo. Se reporta que la densidad ideal de las hojuelas es a 28 libras por *bushel*. Disminuir la densidad de la hojuela por debajo de este nivel da como

resultado un uso significativo de energía. Swingle et al. (1999) informaron que los requerimientos de electricidad se incrementan en 50% cuando la densidad de la hojuela disminuye de 32 a 20 libras por *bushel*, pero solo en 8% al pasar de 32 a 28 libras por *bushel*. Reinhardt y colaboradores reportaron un incremento del 67% en el costo de energía cuando se reduce la densidad de la hojuela de 28 a 22 libras por *bushel*. Al incluir los datos tomando en cuenta el desempeño de los animales, Swingle et al. (1999) reportaron el incremento más alto al pasar de 32 a 28 libras por *bushel*, en tanto que Reinhardt y colaboradores (1997) reportaron una disminución en el desempeño de los animales a medida que disminuía la densidad de la hojuela. Por tanto, los investigadores han concluido que la densidad más efectiva en cuanto a costos es de 28 libras por *bushel* para el grano de sorgo.

USO DE LOS GRANOS DE DESTILERÍA A PARTIR DEL GRANO DE SORGO.

Una revisión reciente del uso de los subproductos de las destilerías en la engorda del ganado bovino para producción de carne (Klopfenstein et al., 2008) indicó que cuando se comparan con granos de destilería a partir de grano de maíz, los granos de destilería con base en el grano de sorgo, el resultado fue que no hubo ninguna diferencia significativa en el desempeño de los animales. Sin embargo, los autores advierten que de los cuatro estudios revisados, todos ellos mostraron una ventaja numérica para el maíz sobre el sorgo. Uno de los desafíos de estos experimentos es obtener granos producidos a partir de la misma planta bajo las mismas condiciones. Al comparar los granos de destiladores de maíz y sorgo, las diferencias en el diseño de la planta y su operación pueden afectar el valor de alimentación de los granos resultantes. Solo uno de los estudios reportados usó granos de destiladores producidos a partir de la misma planta (Al-suwaiegh et al., 2002). Cuando la dieta contenía 15% de granos de destilería ya sea de fuentes húmedas o secas, de maíz o sorgo, no hubo efectos significativos sobre la ingesta, ganancia de peso diaria o proporciones de ganancia a alimento debido al tipo de grano. Los granos de destiladores resultantes del sorgo también por lo general tienen un mayor contenido de proteína cruda debido a la mayor cantidad de proteína cruda encontrada en el sorgo en comparación con el maíz. Se requiere una mayor evaluación de los granos de destiladores a base de sorgo para comprender este asunto por completo. Algunos de los factores a considerar serían métodos de destilación, diseño de la planta y composición de las dietas.

CONCLUSIONES

Con mayor frecuencia, se mide el valor de alimentación del sorgo contra el maíz de EE.UU. las encuestas con los nutricionistas de los corrales indican que la mayoría consideran al maíz como la fuente primaria de grano para los animales del corral de engorda, y aproximadamente el 30% usan el sorgo como una fuente secundaria de granos. Esto puede ser un reflejo de la disponibilidad local más que el desempeño del animal. Debido a la matriz de proteína-almidón encontrada en el sorgo, se ha prestado mucha atención al uso del procesamiento para incrementar el valor alimenticio del sorgo. El uso de humedad, calor y presión para reducir la densidad aparente del sorgo, dando como resultado la alteración de la matriz de almidón-proteína así como la matriz del almidón, han dado como resultado una conversión mejorada del alimento balanceado. El hojuelado al vapor ofrece la mejora más grande. La densidad deseada de la hojuela es de 28 libras por *bushel*. El hojuelado a esta densidad mejorará la eficacia del alimento en 12-15% por arriba del rolado en seco. Al usar el sorgo hojuelado al vapor, se ha detectado que el desempeño del ganado es similar al de los animales engordados con maíz. Sin embargo, al usar otros tipos de procesamiento, puede haber una ventaja para el maíz. Alimentar grano de sorgo como reemplazo en lugar del maíz disminuirá la necesidad de suplemento de proteína cruda. El grano de sorgo por lo general contiene aproximadamente 10% más proteína cruda que el maíz. Aproximadamente del 70-80% del costo total de producción en el corral de engorda se asocia con los costos del alimento. El mayor beneficio del sorgo puede deberse a su adaptación a áreas con precipitación pluvial o riego limitados. En estas áreas, el sorgo puede cultivarse localmente proporcionando un reemplazo eficiente en cuanto al costo para el maíz. Varios estudios han mostrado desempeños similares en animales entre el maíz y el sorgo, cuando éste se procesa correctamente. El procesamiento para una densidad de hojuela de 28 libras por *bushel* aumentará la eficiencia del alimento y dará como resultado un valor nutricional similar al del maíz. Por lo general, se considera que alimentar grano de sorgo procesado, o subproductos producidos a partir del sorgo, da como resultado un desempeño similar en los animales en comparación con el maíz.

Tabla 1. Comparación de valores de los nutrimentos que se obtienen de estas tres fuentes.

Artículo	Grano	NRC ¹ res	NRC ² lechero	Dairy One ³
% de proteína cruda	Sorgo	12.60	11.60	10.53
	Maíz	9.80	9.40	9.20
	Cebada	13.20	12.40	12.22
	Trigo	14.20	14.20	13.67
% de Detergente Fibra Ácido	Sorgo	6.38	5.90	7.90
	Maíz	3.30	3.40	3.63
	Cebada	5.77	7.20	7.62
	Trigo	4.17	4.40	4.72
NE _m ⁴ , Mcal/lbs.	Sorgo	0.91	0.88	0.96
	Maíz	1.02	0.93	1.00
	Cebada	0.93	0.92	0.89
	Trigo	0.99	0.98	0.93
NE _g ⁵ , Mcal/lbs.	Sorgo	0.61	0.59	0.65
	Maíz	0.70	0.63	0.69
	Cebada	0.63	0.62	0.60
	Trigo	0.68	0.67	0.63
% de ceniza	Sorgo	1.87	2.00	1.92
	Maíz	1.46	1.50	1.55
	Cebada	2.40	2.90	2.93
	Trigo	2.01	2.00	1.97

¹Requerimientos de nutrimentos del ganado bovino para carne, 1996

²Requerimientos de nutrimentos del ganado lechero, 2001

³Laboratorio de forraje Dairy One, 2010

⁴Energía neta de mantenimiento

⁵Energía neta de ganancia de peso

Tabla 2. Comparación de los datos del desempeño de animales para 5 granos en dietas de corrales de engorda.

Artículo	Cebada	Maíz	Sorgo	Avena	Trigo
Ganancia diaria de peso promedio en lbs.	3.13	3.15	3.06	3.31	3.04
Ingesta de materia seca en lbs.	19.34 ^b	19.69 ^b	20.79 ^a	20.18 ^{ab}	19.07 ^b
Alimento/ganancia de peso	6.24 ^b	6.32 ^b	6.88 ^a	6.12 ^{ab}	6.34 ^b

^{ab}Dentro de una fila, las medias con diferentes superíndices difieren ($P < 0.05$).

Adaptado de Owen et al., 1997.

Tabla 3. Comparación de la tasa de ganancia de peso (lbs./d) a partir de 5 granos procesados con diferentes métodos y empleados en las dietas de los corrales de engorda.

Artículo	Cebada	Maíz	Sorgo	Avena	Trigo
Rolado en seco	3.20	3.20 ^a	3.15 ^a	3.38	3.04
Alta humedad	-----	3.02 ^b	2.84 ^b	-----	-----
Rolado con vapor	2.93	3.15 ^a	3.09 ^{ab}	3.26	3.04
Entero	3.04	3.20 ^a	-----	-----	-----
Reconstituido	-----	-----	2.89 ^{ab}	-----	-----

^{ab}Dentro de una columna, las medias con diferentes superíndices difieren ($P < 0.05$).

Adaptado de Owen et al., 1997.

Tabla 4. Comparación de ingesta de materia seca (lbs./d) a partir de 5 granos procesados con diferentes métodos y empleados en las dietas de los corrales de engorda.

Artículo	Cebada	Maíz	Sorgo	Avena	Trigo
Rolado en seco	19.76	20.84 ^a	23.09 ^a	20.29	19.78
Alta humedad	-----	19.23 ^b	20.18 ^b	-----	-----
Rolado con vapor	18.19	18.41 ^c	19.14 ^c	20.11	17.86
Entero	20.51	18.87 ^{bc}	-----	-----	-----
Reconstituido	-----	-----	19.38 ^{bc}	-----	-----

^{abc}Dentro de una columna, las medias con diferentes superíndices difieren ($P < 0.05$).

Adaptado de Owen et al., 1997.

Tabla 5. Comparación de eficiencia del alimento (alimento/ganancia de peso) a partir de 5 granos procesados con diferentes métodos y empleados en las dietas de los corrales de engorda.

Artículo	Cebada	Maíz	Sorgo	Avena	Trigo
Rolado en seco	6.25	6.57 ^a	7.43 ^a	6.01	6.59 ^a
Alta humedad	-----	6.43 ^a	7.12 ^{ab}	-----	-----
Rolado con vapor	6.19	5.87 ^b	6.33 ^c	6.18	5.92 ^b
Entero	6.66	5.95 ^b	-----	-----	-----
Reconstituido	-----	-----	6.75 ^{bc}	-----	-----

^{abc}Dentro de una columna, las medias con diferentes superíndices difieren ($P < 0.05$).

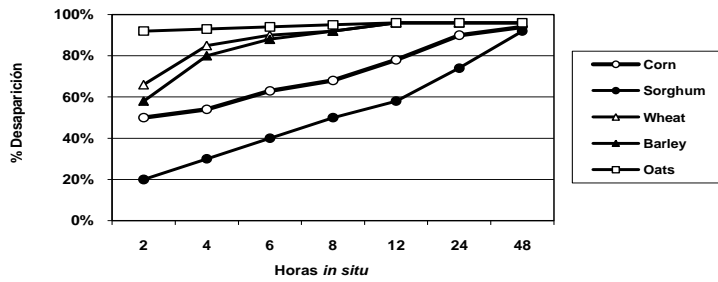
Adaptado de Owen et al., 1997.

Tabla 6. Comparación del procesamiento de maíz y sorgo sobre la conversión de alimento y la ganancia diaria de peso promedio en el ganado bovino para producción de carne en estudios de finalización.

Método de procesamiento	Alimento/lbs. ganancia de peso		Ganancia diaria de peso (lbs.)	
	Maíz	Sorgo	Maíz	Sorgo
Rolado en seco	6.9	7.3	2.65	2.65
Hojuelado	6.3	6.5	2.65	2.65
Reconstituido	6.4	6.3	2.87	2.65
Micronizado, explotado, reventado	----	6.5	-----	2.65

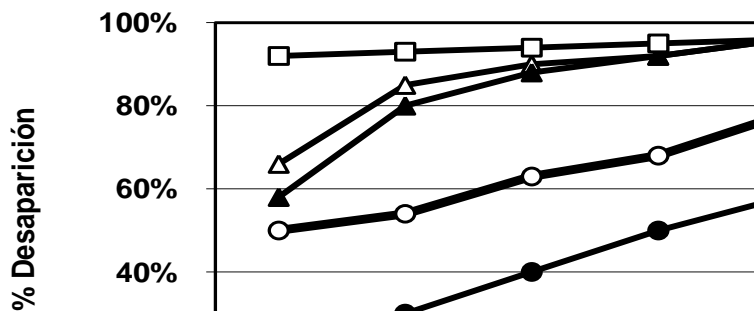
Adaptado de Theurer, 1986.

Figure 1. Desaparición de materia seca *in situ* de cinco granos.



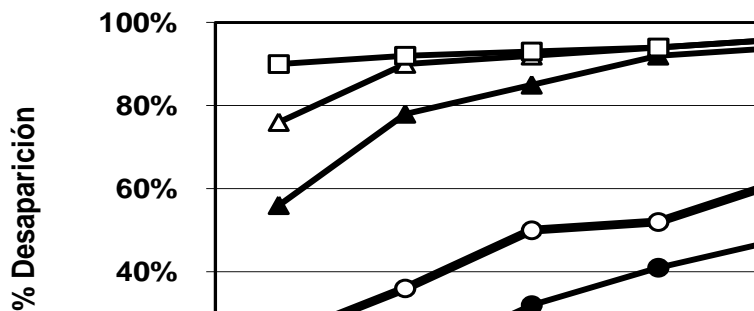
Adaptado de Herrera-Saldana et al., 1990.

Figure 2. Desaparición de la proteína cruda de cinco granos.



Adaptado de Herrera-Saldana et al., 1990.

Figura 3. Desaparición del almidón *in situ* de cinco granos.



Adaptado de Herrera-Saldana et al., 1990

REFERENCIAS.

- Abdelgadir, I. E. O., and J. L. Morrill. 1995. Effect of processing sorghum grain on dairy calf performance. *J. Dairy Sci.* 78:2040-2046.
- Al-Suwaiegh, S., K. C. Fanning, R. J. Grant, C. T. Milton, and T. J. Klopfenstein. 2002. Utilization of distillers grains from the fermentation of sorghum or corn in diets for finishing beef and lactating dairy cattle. *J. Anim. Sci.* 80:1105-1111.
- Dairy One Forage Laboratory Feed Sample Data Base.
<http://www.dairyone.com/Forage/FeedComp/mainlibrary.asp> Accessed May 1, 2010.
- Galyean, M. L., and J. F. Gleghorn. 2001. Summary of the 2000 Texas Tech University Consulting Nutritionist Survey. Texas Tech University Department of Anim. And Food Sci. Burnett Center Internet Progress Report no. 12.
http://www.asft.ttu.edu/burnett_center/progress_reports/bc12.pdf Accessed May 13, 2010.
- Huck, G. L., K. K. Kreikemeier, G. L. Kuhl, T. P. Eck and K. K. Bolsen. 1998. Effects of feeding combinations of steam-flaked grain sorghum and steam-flaked, high-moisture, or dry-rolled grain sorghum and steam-flaked, high-moisture, or dry-rolled corn on the growth performance and carcass characteristics in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 76:2984-2990.
- Herrera-Saldana, R. E., J. T. Huber, and M. H. Poore. 1990. Dry matter, crude protein, and starch degradability of five cereal grains. *J. Dairy Sci.* 73:2386-2393.
- Klopfenstein, T. J., G. E. Erickson, and V. R. Bremer. 2008. Board-Invited Review: Use of distillers by-products in the beef cattle feeding industry. *J. Anim. Sci.* 86:1223-1231.
- Larrain, R. E., D. M. Schaefer, S. C. Arp, J. R. Claus, and J. D. Reed. 2009. Finishing steers with diets based on corn, high-tannin sorghum, or a mix of both: Feedlot performance, carcass characteristics, and beef sensory attributes. *J. Anim. Sci.* 87:2089-2095.
- Maxson, W. E., R. L. Shirley, J. E. Bertrand, and A. Z. Palmer. 1973. Energy values of corn, bird-resistant and non-bird-resistant sorghum grain in rations fed to steers. *J. Anim. Sci.* 37:1451-1457.
- McCullough, R. L., and B. E. Brent. 1972. Digestibility of eight hybrid sorghum grains and three hybrid corns. *Kansas Agric. Exp. Sta. Prog. Rep. Bull* 557:27.
- National Research Council. 1996. Nutrient requirements of beef cattle (7th Rev. Ed.). National Academy Press, Washington, DC.
- National Research Council. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle (7th Rev. Ed.). National Academy Press, Washington, DC.

- Owens, F. N., D. S. Secrist, W. J. Hill and D. R. Gill. 1997. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: a review. *J. Anim. Sci.* 75:868-879.
- Rahnema, S. H., B. Theurer, J. A. Garcia, W. H. Hale and M. C. Young. 1987. Site of protein digestion in steers fed sorghum grain diets. II. Effect of grain processing methods. *J. Anim. Sci.* 64:1541-1547.
- Reinhardt, C. D., R. T. Brandt, Jr, K. C. Behnke, A. S. Freeman, and T. P. Eck. 1997. Effect of steam-flaked sorghum grain density on milk performance, milk production rate, and subacute acidosis in feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 75:2852-2857.
- Richards, C. J., and B. Hicks. 2007. Processing of corn and sorghum for feedlot cattle. *Vet. Clin. Food Anim.* 23:207-221.
- Swingle, R. S., T. P. Eck, C. B. Theurer, M. De la Llata, M. H. Poore, and J. A. Moore. 1999. Flake density of steam-processed sorghum grain alters performance and sites of digestibility by growing-finishing steers. *J. Anim. Sci.* 77:1055-1065.
- Theurer, C. B. 1986. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. *J. Anim. Sci.* 63:1649-1662.
- Theurer, C. B., O. Lozano, A. Alio, A. Delgado-Elorduy, M. Sadik, J. T. Huber and R. A. Zinn. 1999. Steam-processed corn and sorghum grain flaked to different densities alter ruminal, small intestinal and total tract digestibility of starch by steers. *J. Anim. Sci.* 77:2824-2831.
- Vasconcelos, J. T., and M. L. Galyean. 2007. Nutritional recommendations of feedlot consulting nutritionists: The 2007 Texas Tech University survey. *J. Anim. Sci.* 85:2772-2781.