

Calidad nutritiva de silajes de sorgo silero normal y nervadura marrón

Nutritional quality of normal and BMR sorghum silages

Di Marco¹, O.N., Ilarregui¹, I., Aello¹, M.S.,
Arias², S. y Gutiérrez¹, L.M.

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata
Estación Experimental Agropecuaria, INTA Balcarce

Resumen

Se comparó un híbrido de sorgo silero normal (AG200) con otro de nervadura marrón (BMR), en términos de características agronómicas (peso y composición morfológica de la planta) y de calidad nutritiva del silaje. La siembra se realizó (11/11/04) en un diseño en bloques completamente aleatorizados con tres repeticiones. Las plantas se cosecharon en estado de grano pastoso y previo al ensilado se determinó el peso individual y de sus componentes morfológicos. Después se confeccionó, de cada parcela, un microsilaje de planta entera y otro de planta sin panoja (stover). A los 60 días en los silajes se evaluó: 1) composición química; 2) degradabilidad in situ (DEG-in situ) en dos novillos durante 0, 15, 24 y 48 horas y 3) producción acumulada de gas (ml/g MS) a las 3, 6, 12, 24, 48 y 72 h. El peso de las plantas no difirió entre híbridos (113,9 g MS/planta), si bien las del BMR tuvieron mayor porcentaje de panoja (47,1 vs. 33,2%), menor de tallo (25,3 vs. 39,5%) e igual de hojas (27,4%). Los silajes no se diferenciaron en composición química, a excepción del contenido de almidón que fue mayor en el BMR (28,0 vs. 19,7%). El silaje de planta entera no se diferenció entre híbridos en DEG-in situ a las 0, 15 y 24 h de incubación (25,1; 33,0 y 49,9%, respectivamente), pero fue mayor en el BMR a las 48 h (70,2 vs 61,4%). El silaje de stover del BMR presentó mayor DEG-in situ a las 24 h (46,8 vs. 40,8%) y 48 h de incubación (61,6 vs. 54,7%), sin diferenciarse a las 0 y 15 h. El perfil de producción de gas in vitro no se diferenció entre híbridos ni entre tipos de silaje y estuvo altamente correlacionado ($R^2 > 0,95$) con la degradabilidad in situ. Se concluye que el híbrido BMR tuvo plantas de peso similar al AG200, con menor contenido de tallos y mayor de panoja. Sin embargo el silaje de planta entera, si bien tuvo mayor contenido almidón y un stover más degradable, no se diferenció del híbrido normal en degradabilidad in situ a 24 h de incubación ruminal ni en el perfil de producción de gas in vitro.

Palabras clave: silaje de sorgo, nervadura marrón, calidad nutritiva, degradabilidad in situ, producción de gas in vitro.

Recibido: febrero de 2006

Aceptado: abril de 2007

1. Fac. de Ciencias Agrarias de Balcarce, Universidad Nacional de Mar del Plata. odimarco@balcarce.inta.gov.ar.

2. Facultad de Agronomía de Azul, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires
sarias@faa.unicen.edu.ar

Summary

A normal silage sorghum hybrid (AG200) was compared with a brown mid rib (BMR) hybrid in terms of plant dry matter (DM) weight, plant morphological composition and silage nutritional quality. Sorghum crops were sown (11/11/04) in a randomized complete block design with three replications. At harvesting (dough stage) plant weight (DM/plant) and morphological composition were determined; then two kinds of silages were made from each plot, one of whole plant and other of stover. After 60 days, silages were evaluated in term of: 1) chemical composition; 2) in situ degradability (DEG-in situ) at 0, 15, 24 and 48 hours (in two steers) and 3) accumulated in vitro gas production (ml/g DM) at 3, 6, 12, 24, 48 and 72 hours. Plant weight did not differ between hybrids (113.9 g DM/plant), however BMR plants had higher head percentage (47.1 vs. 33.2%), lower stalk (25.3 vs. 39.5%) and similar leaf proportion (27.4%). Silages did not differ in chemical composition with the exception of starch content that was higher in the BMR whole plant silage (28.0 vs. 19.7 %). The whole plant silages did not differ between hybrids in DEG-in situ at 0, 15 and 24-h (25.1, 33.0 and 49.9%, respectively), although it was higher in the BMR silage at 48 h of incubation (70.2 vs. 61.4%). The BMR stover silage presented higher DEG-in situ at 24-h (46.8 vs. 40.8%) and at 48-h of incubation (61.6 vs. 54.7%), but no differences between hybrids were found at lower incubation times (0 and 15 h). The profile of accumulated gas production was not different between hybrids and it was highly correlated ($R^2 > 0.95$) with the in situ degradability. It was concluded that the BMR hybrid had plants of similar weight than the AG200, with lower stalk content and higher proportion of heads. However, the whole plant silage did not differ in terms of in situ degradability at 24 h of ruminal incubation neither in the profile of in vitro gas production, in spite of it higher starch content and the higher degradability of the stover.

Key words: sorghum silage, BMR hybrid, nutritional quality, in situ degradability, in vitro gas production.

Introducción

En los últimos años se ha incrementado la siembra de sorgo para silaje en distintas regiones del país, particularmente en el sudeste de la provincia de Buenos Aires. Ello se debe a que este cultivo puede prosperar en zonas que son marginales para el maíz, ya sea por escasas precipitaciones, irregular distribución de las mismas, o por limitantes edáficas como baja retención hídrica o exceso de sales en el suelo (Centeno, 2001).

En el sorgo, al igual que en el maíz, la calidad nutritiva de los silajes depende del contenido de grano y de la digestibilidad del resto de la planta o "stover" (Di Marco et al., 2005). Como es sabido el grano es un componente de alta digestibilidad (Miron et al., 2005), mientras que el stover es de limitada

calidad nutritiva, tanto en maíz (Arias et al., 2003) como en sorgo (Tonani et al., 2001; González, 2004). Por ello, la calidad del silaje en ambos casos está altamente influenciada por el índice de cosecha del cultivo dado que determina la proporción de grano y, por ende, el contenido de almidón del silaje.

Para obtener un alto índice de cosecha en maíz es fundamental que las precipitaciones estén bien distribuidas, principalmente en la época de floración, ya que en caso contrario disminuye el rendimiento de grano (Andrade et al., 1996). Esta etapa crítica del cultivo en el sudeste bonaerense ocurre en enero, época que suele ser de escasas precipitaciones. El sorgo, si bien tiene la misma época de floración que el maíz, es más resistente a la sequía y, por tanto, puede ser más estable

en la producción de grano. En síntesis, el sorgo puede constituirse en una alternativa interesante para la obtención de silajes de mejor calidad en zonas donde el crecimiento del maíz esté limitado por precipitaciones o condiciones edáficas.

El stover constituye normalmente el 50-80% del material ensilado, por lo cual su calidad también es importante. Por esta razón existe un interés creciente por los sorgos de nervadura marrón o BMR (brown mid rib) que tienen menor contenido de lignina, por lo cual tienen mayor digestibilidad y consumo que los híbridos tradicionales (Romero et al., 2003).

Para la evaluación de la digestibilidad existen distintas metodologías que tienen sus ventajas y limitaciones. Entre los métodos indirectos más utilizados se encuentran la digestibilidad in vitro de Tilley y Terry (1963), el método in situ o de las bolsitas ruminales (Mehrez y Ørskov, 1977) y el de producción de gas in vitro (Theodorou et al., 1994). Si bien la digestibilidad in vitro de Tilley y Terry es el método de laboratorio más difundido, tiene la desventaja que sobreestima la digestibilidad in vivo del silaje, en tanto que la incubación in situ durante 24 horas produce resultados comparables a los obtenidos in vivo (Di Marco et al., 2005). El método de producción de gas in vitro se está difundiendo ampliamente en el país y en el mundo por ser rápido y sencillo, y permite estimar la digestibilidad (o degradabilidad) como así también la cinética de degradación del sustrato in vitro. Sin embargo no existen resultados concluyentes sobre sus alcances y limitaciones para evaluar silajes y se desconoce si el perfil de producción de gas tiene relación con el de degradabilidad in situ.

El presente trabajo se llevó a cabo con el objetivo de evaluar un híbrido silero normal con otro de nervadura marrón en base a los siguientes parámetros: 1) peso y componentes morfológicos de las plantas, 2) calidad nutritiva de los respectivos silajes en términos de composición química, degradabilidad

in situ y perfil de producción de gas in vitro. Adicionalmente se analizó la relación entre la producción de gas in vitro y la degradabilidad in situ.

Materiales y Métodos

Siembra, cosecha y procesamiento de las plantas

Se utilizaron dos híbridos de sorgo, uno tipo azucarado (AG200, Agriseed) de buenas características para silaje por su producción de MS/ha, concentración de carbohidratos solubles en tallo y producción de grano, y un híbrido precomercial que tiene incorporado el gen de nervadura marrón (BMR, Advanta), también recomendado para ensilar y de alta producción de grano. La siembra se realizó el 11/11/04 en Azul, provincia de Buenos Aires (36°48' S; 59°45' W), en parcelas de 7x10 m (0,6 m entre líneas), dispuestas en un diseño en bloques completamente aleatorizados con tres repeticiones, a una densidad teórica de 175.000 plantas/ha. El cultivo se mantuvo libre de plagas y malezas durante todo su ciclo. En estado de grano pastoso, según escala de Vanderlip y Reeves (1972), se cortaron a 15 cm del suelo 24 plantas de cada híbrido (8 por parcela), las que se seccionaron manualmente en los componentes morfológicos: hoja (lámina + vaina), tallo y panoja (grano + raquis). Estas fracciones se pesaron antes y después de ser secadas en estufa con circulación forzada de aire (60 °C) hasta peso constante.

Ensilado

De cada híbrido y parcela se confeccionaron dos tipos de silaje: uno de planta entera y otro de planta sin panoja (stover). El material fue picado (3 ± 1 cm) y ensilado en microsilos de policloruro de vinilo de 0,5 m de alto x 0,4 m de diámetro, extrayendo el aire con bomba de vacío para asegurar la anaerobiosis. Los microsilos se abrieron a los 60 días y el silaje se secó en estufa con circulación forzada de aire a 60 °C hasta peso constante.

Análisis químicos

En muestras secas y molidas (1 mm) de los silajes se determinó proteína bruta (PB, nitrógeno x 6,25), almidón (MacRae y Armstrong, 1968), fibra detergente neutro (FDN, Van Soest et al., 1991) y carbohidratos no estructurales solubles (CNES, Pichard y Alcalde, 1990).

Degradabilidad in situ (DEG-in situ) de la materia seca

Se incubaron muestras de aproximadamente 5 g MS de cada tipo de silaje, híbrido y parcela, molidas a 2 mm, en dos novillos Aberdeen Angus (400 kg) con fístula ruminal, alimentados a mantenimiento de peso con heno de alfalfa. El heno se suministró dos veces al día, a las 8:00 (30%) y 16:00 h (70%), en corrales individuales al aire libre, con agua siempre disponible. Las muestras se colocaron en bolsas de dacrón (10 x 20 cm, poros de 50 μ m) y se incubaron por duplicado durante 15, 24 y 48 horas siguiendo la técnica de Mehrez y Ørskov (1977). Para estimar la fracción soluble se incubaron muestras durante 5 minutos. Las bolsas, luego de retiradas, se lavaron a mano con agua fría hasta que la misma escurrió transparente y se secaron en estufa a 60 °C hasta peso constante.

Perfil de producción de gas

La producción de gas se midió según la técnica de Theodorou et al. (1994) modificada por Garciarena y Villalba (2002). El procedimiento consiste en incubar 500 mg de muestra seca y molida (1 mm) en frascos de 125 ml con líquido ruminal en baño termostático a 39 °C. El animal donante es un vacuno alimentado con una dieta compuesta por heno de alfalfa (36%), heno de gramíneas (36%), grano de maíz (19%) y expeller de girasol (9%). La presión de gas se mide a las 3, 6, 12, 24, 48 y 72 h de incubación usando un manómetro electrónico

digital PSI-TRONIX, rango 0-20 PSI, resolución 0,01 PSI, provisto de una aguja de 0,8 x 25 mm.

Análisis estadístico

Los datos de peso y composición morfológica de las plantas se analizaron según un diseño en bloques completamente aleatorizados. Los datos de composición química y producción de gas in vitro de los silajes (planta entera y de stover) se analizaron con un diseño completamente aleatorizado, mientras que los datos de DEG-in situ se analizaron según un diseño en bloques completamente aleatorizados, considerando el animal como bloque. Se estudió la relación entre DEG-in situ (variable dependiente) y producción de gas in vitro (variable independiente) por medio de regresión lineal. Todos los análisis se hicieron utilizando el paquete estadístico SAS (2000).

Resultados

Peso y composición morfológica de las plantas

Como lo muestra el Cuadro 1, los híbridos no se diferenciaron en el peso individual de las plantas pero fueron diferentes en su composición morfológica. En el BMR el peso y proporción de panoja fue mayor que el AG200, sucediendo lo contrario con el tallo, mientras que el peso y la proporción relativa de hojas no se diferenció entre híbridos. La relación hoja:tallo fue mayor en el BMR que en el AG200 (1,15:1 y 0,72:1, respectivamente).

Composición química

Los silajes de ambos híbridos tuvieron similar composición química, diferenciándose únicamente en el contenido de almidón del silaje de planta entera (Cuadro 2).

Cuadro 1: Peso y composición morfológica de las plantas de dos híbridos de sorgo.

Table 1: Weight and plant morphological composition of two sorghum hybrids.

Variable	AG200	BMR	EEM	Significancia
Peso total (g MS/planta)	112,3	115,4	6,66	NS
Hoja (g MS/planta)	29,5	31,0	1,29	NS
Tallo (g MS/planta)	44,7	28,6	3,08	***
Panoja (g MS/planta)	38,1	55,8	3,92	**
Hoja (%)	27,4	27,5	0,75	NS
Tallo (%)	39,5	25,3	1,43	***
Panoja (%)	33,2	47,1	1,81	***
Relación Hoja/Tallo	0,72	1,15	0,04	***

EEM: error estándar de la media; NS: $p > 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

Cuadro 2: Composición química de silajes de planta entera y stover de dos híbridos de sorgo.

Table 2: Chemical composition of whole plant and stover silages of two sorghum hybrids.

Variable	AG200	BMR	EEM	Significancia
Silaje de planta entera				
MS (%)	27,7	27,3	0,87	NS
FDN (%)	54,1	50,6	1,83	NS
ALMIDON (%)	19,7	28,0	2,05	*
CNES (%)	3,7	3,6	0,79	NS
PB (%)	5,6	6,9	0,72	NS
Silaje de stover				
MS (%)	22,7	22,0	0,55	NS
FDN (%)	60,9	60,7	1,85	NS

EEM: error estándar de la media; NS: $p > 0,05$; * $p < 0,05$.

DEG-in situ de la materia seca

Como se indica en el Cuadro 3, la DEG-in situ de ambos tipos de silajes a la 0 (fracción soluble) y 15 h de incubación no fue diferente entre híbridos. A las 24 h hubo diferencias significativas entre híbridos sólo en el silaje de stover, siendo mayor en el BMR, mientras que a las 48 h de incubación ruminal el BMR superó al AG200 en ambos tipos de silajes.

En todos los horarios de incubación la DEG-in situ fue numéricamente mayor en los silajes de planta entera que en los de stover. Esta diferencia fue en promedio de 18,3% en el AG200 y de 9,4% en el BMR.

Producción de gas in vitro

La producción acumulada de gas in vitro aumentó con el tiempo de incubación con un patrón similar en ambos tipos de silajes, siendo el aumento luego de las primeras 24 horas de incubación a tasas decrecientes (Figura 1). La producción de gas (Cuadro 4) no se diferenció estadísticamente entre híbridos en ninguno de los horarios de incubación ni entre tipos de silaje (planta entera y de stover)

La DEG-in situ y la producción de gas in vitro estuvieron altamente relacionadas, siendo el R^2 igual o superior a 0,95 en los diferentes tipos de silajes. La relación entre

Cuadro 3: Degradabilidad in situ de la MS de silajes de planta entera y stover de dos híbridos de sorgo (valores en %).

Table 3: In situ DM degradability of whole plant and stover silages of two sorghum hybrids (values as percent).

Material ensilado	Híbrido	Horario			
		0	15	24	48
Planta entera	AG200	25,4	33,6	52,8	61,4 b
	BMR	24,8	32,5	47,1	70,2 a
	EEM	0,91	1,60	2,27	1,45
Stover	AG200	23,4	27,3	40,9 b	54,7 b
	BMR	22,1	29,2	46,8 a	61,6 a
	EEM	0,78	1,68	1,34	1,05

EEM: error estándar de la media. Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas entre híbridos dentro de cada tipo de silaje ($p < 0,05$).

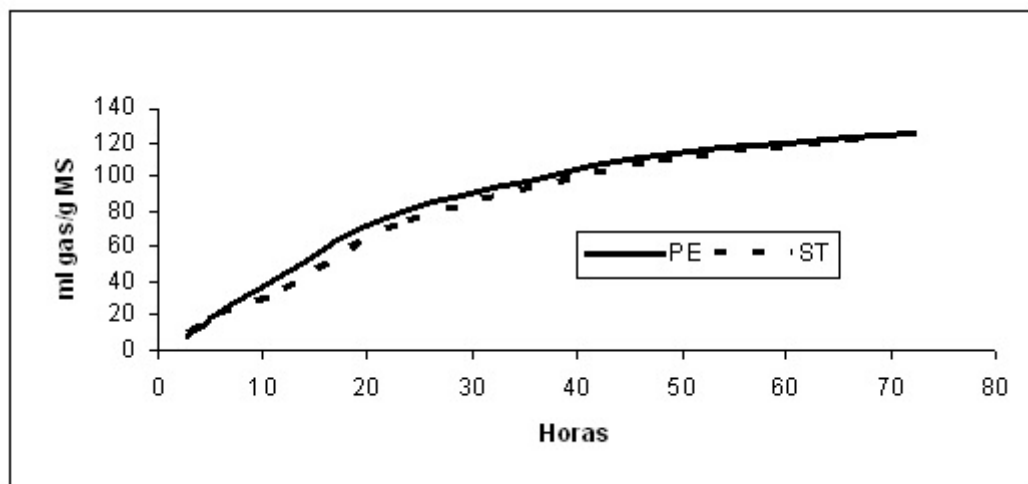


Figura 1: Producción acumulada de gas en silajes de planta entera (PE) y stover (ST) de dos híbridos de sorgo.

Figure 1: Accumulated gas production of whole plant (PE) and stover (ST) silages of two sorghum hybrids.

Cuadro 4: Producción de gas in vitro (ml/g MS) de silajes de dos híbridos de sorgo.
Table 4: Silage in vitro gas production (ml/g DM) of two sorghum hybrids.

Material ensilado	Híbrido	Horario					
		3	6	12	24	48	72
Planta entera	AG 200	8,6	22,1	43,7	77,8	108,2	121,8
	BMR	6,9	20,1	43,8	85,7	116,6	129,4
	EEM	1,21	2,48	3,48	3,17	3,58	3,81
Stover	AG 200	12,9	21,9	37,9	69,5	102,2	118,3
	BMR	9,3	18,5	31,9	78,2	115,4	129,9
	EEM	2,72	2,66	4,63	5,05	4,32	4,16

estos parámetros estuvo descripta por las siguientes ecuaciones de regresión:

Silaje de planta entera:

$$y = 11,5 + 0,48x \quad (R^2 = 0,95)$$

Silaje de stover:

$$y = 14,0 + 0,41x \quad (R^2 = 0,98)$$

donde:

y= DEG-in situ de la MS (%); x= ml gas/g MS

Discusión

Peso y composición morfológica de las plantas

El peso de las plantas no se diferenció entre híbridos (Cuadro 1) y en promedio fue de 113,9 g MS/planta. En base a la densidad teórica de plantas a la siembra (175.000 plantas/ha) puede inferirse que la producción de ambos híbridos habría sido de aproximadamente 20 Tn MS/ha, valor que está dentro del rango informado por Díaz et al. (2003) tanto para híbridos de sorgo graníferos como sileros. En cambio, los híbridos se diferenciaron marcadamente en la composición morfológica. El BMR tuvo más proporción de panoja que el AG200 (47,1 vs. 33,2%, respectivamente), menor proporción de tallo (25,3 vs 39,5%, respectivamente) y similar de hoja (27-28%, Cuadro 1). Cabe

considerar que los híbridos azucarados, como el AG200, por lo general presentan menor proporción de panoja que los graníferos.

Desde el punto de vista de la composición morfológica de las plantas, el híbrido BMR ofrecería un material de mejores características estructurales para ensilar que el AG200, puesto que tiene más contenido de grano, que es el componente de mayor calidad (Ballard et al., 2001; Miron et al., 2005), y mejor relación panoja:tallo (1,85:1 vs. 0,83:1) y hoja:tallo (1,15:1 vs. 0,72:1, BMR y AG200, respectivamente). Las relaciones entre componentes morfológicos del híbrido BMR fueron similares a las encontradas en híbridos doble propósito y graníferos (Neumann et al., 2002).

Calidad nutritiva de los silajes

Composición química: El contenido de almidón fue más alto en el silaje BMR, en concordancia con la mayor proporción de panoja que tuvo este híbrido. En cambio, para el resto de los parámetros evaluados, no hubo diferencias entre híbridos en ningún tipo de silaje (Cuadro 2).

Degradabilidad in situ: En los dos primeros horarios de incubación (0 y 15 h), y en ambos tipos de silajes, no hubo diferencias en DEG-in situ entre híbridos. El silaje de

planta entera tampoco se diferenció entre híbridos a las 24 h, pero fue superior en el híbrido BMR a las 48 h de incubación. En cambio, el silaje de stover tuvo mayor degradabilidad que el AG200 a las 24 y 48 h de incubación ruminal (Cuadro 3). En base a estos resultados puede plantearse el interrogante sobre cuál es el tiempo de incubación más adecuado para comparar los híbridos en términos de degradabilidad in situ. Al respecto, Kuhen et al. (1999) señalan que el silaje tiene una tasa de pasaje entre 4 y 5%/h, lo cual significa que el alimento está retenido en el rumen entre 20 a 25 horas. En concordancia con esto Di Marco et al. (2005) observaron que en silajes de maíz los valores de DEG-in situ a las 24 h estaban en el rango de los de digestibilidad in vivo. Por tanto, a falta de datos in vivo de los híbridos evaluados en este trabajo, se puede aceptar que la degradabilidad in situ a las 24 horas es un parámetro adecuado para comparar la calidad nutritiva de silajes.

En términos de DEG-in situ a las 24 h, el silaje de stover del híbrido BMR fue 14,4% superior al AG200 (46,8 vs. 40,9%). Estos resultados concuerdan con evaluaciones in vitro realizadas por De León et al. (2002) y Pasinato et al. (2002). Esta mayor DEG-in situ (también observada a las 48 h) se podría explicar por dos razones. Primero, porque los sorgos BMR tienen 5 a 50% menos lignina y, por tanto, una FDN de mayor calidad, lo cual redundaría en una mayor valor nutritivo del forraje. Segundo, por la menor proporción de tallo que presentó el stover del BMR (Cuadro 1), el cual es un componente de la planta de menor degradabilidad que las hojas (González, 2004). Sin embargo, a pesar de la mayor degradabilidad del stover BMR, la degradabilidad del silaje de planta entera de este híbrido no se diferenció de la del AG200 (Cuadro 3). Este hecho podría estar sugiriendo que la tasa de degradación del almidón, el otro componente del silaje, fue más lenta en el BMR que en el AG200.

Finalmente es importante señalar que la degradabilidad promedio a las 24 horas del silaje de planta entera (49.9%) y de stover (46,6%) fueron equivalentes a la de un forraje de baja calidad (degradabilidad <50%). Estos valores se encuentran en el rango de los observados en silaje de maíz (Arias et al., 2003; Di Marco et al., 2005) lo que permite inferir que los silajes de ambas especies no se diferencian entre sí y son de baja digestibilidad.

Producción de gas in vitro: Los datos de producción de gas de los silajes (planta entera y stover) mostraron que no hubo diferencias entre híbridos en ningún horario (Cuadro 4). Esto coincide con lo observado en DEG-in situ durante los dos primeros horarios de incubación (0 y 15 h), donde tampoco hubo diferencias entre híbridos, pero difiere de lo observado en los otros horarios. Es decir la metodología in situ mostró diferencias entre híbridos en el silaje de stover a las 24 h, y en ambos tipos de silajes a las 48 h, que no fueron detectadas por la medición de gas in vitro.

Si bien existieron las diferencias comentadas entre metodologías, la producción acumulada de gas medida a las 12, 24 y 48 horas de fermentación estuvo altamente relacionada ($R^2 > 0,95$) con la degradabilidad in situ a las 15, 24 y 48 horas de incubación en el rumen. Esto indica que la cinética de la degradación del silaje se puede estudiar con precisión a través de la medición de la producción de gas in vitro, con el ahorro de tiempo, trabajo y costo que implica utilizar esta técnica en comparación a la metodología in situ. De Boever et al. (2005) han mencionado el potencial que tiene esta metodología para evaluar la calidad de silajes, pero señalan que existen distintos factores que pueden afectar la producción de gas, tales como la alimentación del animal donante y la preparación de la muestra, lo que puede afectar la relación entre la producción de gas y la degradabilidad in situ.

Los valores de producción de gas medidos en este trabajo fueron inferiores a los citados en la bibliografía. Por ejemplo, la producción promedio de gas a las 24 h en los silajes de planta entera fue 81,7 ml/g MS, valor que está muy por debajo del reportado para 12 silajes de maíz en California (Robinson y Getachew, 2002), que dieron un promedio de 228,6 ml/g MS. También en el silaje de stover la cantidad de gas producida a las 24 h (78,3 ml/g MS) fue inferior a la observada por Tolera et al. (1998) en stover fresco de maíz (145,5 a 165,5 ml/g MS).

Las variaciones en producción de gas in vitro entre laboratorio son comunes. Por ejemplo, en un estudio realizado por Getachew et al. (2002) se evaluó una misma muestra de silaje de maíz en distintos laboratorios, empleando la técnica de Menke y Steingass (1988), quienes desarrollaron ecuaciones para predecir el valor energético de distintos alimentos a partir de 400 ensayos de digestibilidad in vivo y la correspondiente producción de gas in vitro. El resultado del estudio mencionado indicó que el contenido de energía metabolizable del silaje varió 17,3% (1,91 a 2,24 Mcal/kg MS). Estas variaciones entre laboratorios muestran la necesidad de establecer una estandarización de la metodología y, al mismo tiempo, realizar experimentos de digestibilidad in vivo con silajes, principalmente de los nuevos híbridos disponibles en el mercado, a los efectos de obtener estimaciones confiables de digestibilidad en el laboratorio.

Conclusiones

El híbrido precomercial con el gen BMR mostró ventajas agronómicas respecto al híbrido silero (AG200) debido a que tuvo igual peso de planta, con mayor proporción de panoja y menor de tallo. Sin embargo el silaje de planta entera no se diferenció del AG200 en degradabilidad ruminal in situ en 24 h de incubación ruminal (49,9%), si bien el silaje de stover fue 14,4% más degradable.

El patrón de producción de gas in vitro tampoco mostró diferencias entre híbridos en ningún tipo de silaje. La alta relación entre la técnica de producción de gas in vitro y la metodología in situ indica que la cinética de la degradación del silaje se puede estudiar satisfactoriamente en el laboratorio, sin necesidad de realizar incubaciones in situ.

Bibliografía

- Andrade, F.H., Cirilo, A.G., Uhart, S.A. y Otegui, M.E. 1996. Ecofisiología del cultivo de maíz. 1ª Ed. La Barrosa, Dekalb press y CERBAS-EEA INTA Balcarce (Ed.). Balcarce, Argentina. 292 p.
- Arias, S., Di Marco, O.N. and Aello, M.S. 2003. Effects of hybrid and maturity on maize stover ruminal degradability in cattle fed different diets. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 16:1919-1924.
- Ballard, C.S., Thomas, E.D., Tsang, D.S., Mandevu, P., Sniffen, C.J., Endres M.I. and Carter M.P. 2001. Effect of corn silage hybrid on dry matter yield, nutrient and milk production by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84:442-452.
- Centeno, A.R. 2001. Evaluación de sorgos para silo. *Rev. PRODUCIR XXI*. N° 120. pp. 22-26.
- De Boever, J.L., Aerts, J.M., Vanacker, J.M. and de Brabander, D.L. 2005. Evaluation of the nutritive value of maize silages using a gas production technique. *Anim. Feed Sci. Technol.* 123-124:255-265.
- De León, M., Ustarroz, E., Simondi, J.M. y Brunetti, A. 2002. Evaluación de silajes de maíz y de sorgo azucarado con el gen nervadura marrón (BMR). *Rev. Arg. Prod. Anim.* 22 (Supl. 1):103-104.
- Díaz, M.G., Di Nucci, E. y Pasinato, A. 2003. Sorgos graníferos y sileros con destino a silajes de planta entera. Consulta:07/05/05. <http://www.inta.gov.ar/parana/info/documentos/produccion_vegetal/sorgo/evaluacion_manejo/sorgo_silero.htm>.
- Di Marco, O.N., Aello, M.S. and Arias, S. 2005. Digestibility and ruminal digestion kinetics of corn silage. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 57:223-228.
- Garciaarena, A.D. y Villalba, S.E. 2002. Producción de gas in vitro. Estimación de la degradabilidad de los alimentos para rumiantes. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 22 (Supl. 1):32-33.

- Getachew, G., Crovetto, G.M., Fondevila, M., Krishnamoorthy, U., Singh, B., Spanghero, M., Steingass, H., Robinson, P.H. and Kailas, M.M. 2002. Laboratory variation of 24 h in vitro gas production and estimated metabolizable energy values of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.* 102:169-180.
- González, M.F. 2004. Degradabilidad ruminal de fracción vegetativa de silajes de maíz (granífero y silero) y de sorgo (con y sin taninos). Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ciencias Agrarias. Balcarce, Argentina. 42 p.
- Kuehn, C.S., Linn, J.G., Johnson, D.G., Jung, H.G. and Endres, M.I. 1999. Effect of feedings silages from corn hybrids selected for leafiness or grain to lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 80 (Suppl. 1):219.
- Macrae, J.E. and Armstrong, D.G. 1968. Enzyme method for determination of α -linked glucose polymers in biological materials. *J. Sci. Food. Agric.* 19:578-581.
- Mehrez, A. and Orskov, E.R. 1977. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in rumen. *J. Agric. Sci. Camb.* 88:645- 650.
- Menke, K.H. and Steingass, H. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and gas production using rumen fluid. *Anim. Res. Dev.* 28:7-55.
- Miron, J., Zuckerman, E., Sadeh, D., Adin, G., Nikbachat, M., Yosef, E., Ben-Ghedalia, D., Carmi, A., Kipnis, T. and Solomon, R. 2005. Yield, composition and in vitro digestibility of new forage sorghum varieties and their ensilage characteristics. *Anim. Feed Sci. Technol.* 120:17-32.
- Neumann, M., Restle, J., Alves Filho, D.C., Carvalho Bernardes, R.A., Ziegler Arboite, M.A., Cerdótes, L. y de Oliveira Peixoto, L.A. 2002. Avaliação de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) quanto aos componentes da planta e silagens produzidas. *Rev. Bras. Zootec.* 31:302-312.
- Pasinato, A., Sevilla, G., Giudice, C., Peña, S. y De Battista, J. 2002. Desaparición ruminal de la materia de cultivares de sorgo forrajero nervadura marrón y normal. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 22 (Supl. 1):33-34.
- Pichard, A. y Alcalde, J.A. 1990. Determinación de carbohidratos no estructurales. In: M. E. Ruiz & A. Ruiz (Eds.). *Nutrición de rumiantes: guía metodológica de investigación*. IICA, San José de Costa Rica, p. 3-20.
- Robinson, P.H. and Getachew, G. 2002. A practical gas production technique to determine the nutritive value of forages: The UC Davis approach. *Dairy nutrition and management*. June 2002 (<http://animalscience.ucdavis.edu/faculty/robinson/Articles/FullText/FeedstuffEvaluation.htm>).
- Romero, L.A., Aronna, M.S. y Comerón, E.A. 2003. Evaluación de silajes de sorgo de nervadura marrón para la producción de leche. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 23 (Supl. 1):10-11.
- S.A.S. 2000. Statistical Analysis Systems Institute Inc., SAS User's Guide: Statistics, Cary N.C.
- Theodorou, M.K., Williams, B.A., Dhanoa, M.S., Mc Allan, A.B. and France, J. 1994. A simple gas production method using a pressure transducer to determine fermentation kinetics of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.* 48:185-197.
- Tilley, J.M. and Terry, R.A. 1963. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *J. Br. Grassland Soc.* 18:104-111.
- Tolera, A., Sundstøl, F. and Said, A.N. 1998. The effect of stage of maturity on yield and quality of maize grain and stover. *Anim. Feed Sci. Technol.* 75:157-168.
- Tonani, F., Ruggieri, A., Queiroz, A. y Andrade, P. 2001. Degradabilidade ruminal in situ da matéria e da fibra detergente neutro em silagens de híbridos de sorgo colhidos em diferentes épocas. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 53:100-104.
- Vanderlip, R.L. and Reeves, H.E. 1972. Growth stages of sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. *Agron. J.* 64:13-16.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. and Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583-3597.