

DESEMPEÑO PRODUCTIVO DE NOVILLOS PASTOREANDO SUDANGRÁS O SORGO FORRAJERO NERVADURA MARRÓN (BMR) DURANTE EL VERANO

P. Rovira¹, J. Echeverría¹

INTRODUCCIÓN

El uso de distintas variedades de sudangrás (*Sorghum sudanense*) y sorgo forrajero (*Sorghum vulgare*) para pastoreo directo de los animales se ha generalizado en regiones ganaderas del Uruguay durante el verano. Estos materiales se destacan por tener una elevada producción de forraje por superficie (8.000 a 15.000 kg/ha MS) que permite sostener una alta carga animal (4 a 6 animales/ha) durante los meses del verano. Sin embargo, las ganancias diarias de peso que se pueden alcanzar son moderadas debido a desbalances nutricionales (Fernández Mayer *et al.*, 2011). Para superar parcialmente dicha limitante, recientemente se ha expandido el uso de variedades de sorgo forrajero con el gen de nervadura marrón (Brown Middle Rib o BMR; por su sigla en inglés) que le confiere a la planta menor contenido de lignina y por lo tanto mayor digestibilidad (Porter *et al.*, 1978; Fritz *et al.*, 1981; Jung and Fahey, 1983a; 1983b; Akin *et al.*, 1986).

El incremento de productividad animal debido al gen BMR ha sido ampliamente reportado para vacas lecheras utilizando ensilajes de maíz y sorgo (Frenchick *et al.*, 1976; Keith *et al.*, 1979; Stallings *et al.*, 1982; Oba and Allen 1999; Oliver *et al.*, 2005). Sin embargo, la información comparando materiales de sorgo con o sin la inclusión del gen BMR en la respuesta animal de bovinos para carne utilizando forraje fresco mediante pastoreo directo es prácticamente inexistente. Se ha reportado que la utilización de sorgos BMR como forraje fresco permite superar los 0,700 kg/a/d de ganancia diaria en novillos de 300-400 kg de peso vivo (Fernández Mayer *et al.*, 2011).

El objetivo del presente experimento fue evaluar el desempeño productivo de novillos pastoreando un sorgo forrajero BMR como alternativa al uso de sudangrás, principal opción de verdeo de verano para los sistemas ganaderos en Uruguay.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se desarrolló entre el 18 de diciembre de 2012 y el 1° de marzo de 2013

¹ Programa Nacional de Investigación en Producción de Carne y Lana, INIA Treinta y Tres

(73 días) en la Unidad Experimental Palo Pique perteneciente al Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) en la región este del Uruguay (S 33° 15'38.77", W 54° 29'45.34"). Se utilizaron 54 novillos de 1½ año de edad cruce Hereford x Aberdeen Angus (peso inicial ± DE: 304±44 kg) distribuidos al azar en dos tratamientos con dos repeticiones (17 y 18 animales/tratamiento, en repetición 1 y 2). Los tratamientos fueron pastoreo de 1) sudangrás (*Sorghum sudanense*) cv. La Estanzuela Comiray, y 2) sorgo forrajero (*Sorghum vulgare*) nervadura marrón (BMR) cv AGT 21. En cada grupo de animales el sistema de pastoreo fue rotativo en 4 parcelas de 0,75 ha cada una con una dotación instantánea de 23 y 24 animales/ha (repetición 1 y 2, respectivamente). La fecha de siembra de ambos materiales fue el 6 de noviembre de 2012 a una densidad de 22 kg/ha habiendo recibido el mismo manejo pre-siembra en cuanto a fertilización y aplicación de herbicidas.

A los 21 días post-siembra se cuantificó la cantidad de plantas por metro (m) lineal en las 4 parcelas en cada repetición mediante 10 muestreos al azar de 1 m cada uno por parcela. Se estimó el número de plantas por hectárea a una distancia entre hileras de 40 cm. Luego de iniciado el pastoreo, en 2 de las 4 parcelas de cada repetición se determinó la altura del cultivo (cm) y la disponibilidad (kg MS/ha) tanto al entrar (disponible) como al salir (remanente) los animales. Para la estimación de la disponibilidad se utilizó un marco de 0.25 m² (50 x 50 cm) empleando la técnica de doble muestreo (Haydock and Shaw 1975) utilizando 5 puntos de referencia y 15 puntos de estimación visual por parcela. Para estimar la cantidad de materia seca disponible dentro de cada marco de referencia se tomaron submuestras de 500 g las que fueron pesadas y secadas en estufa a 60°C durante 48 horas. Adicionalmente, se evaluó la composición de la biomasa mediante la separación de las fracciones hoja y tallo para determinar la proporción de estos, así como la relación de ambos componentes en base seca. Las muestras de hoja y tallo correspondientes de una parcela por ciclo de pastoreo por repetición se enviaron al Laboratorio de Nutrición Animal de INIA La Estanzuela para la determinación de proteína cruda (PC), fibra detergente ácido (FDA), fibra detergente neutra (FDN), cenizas (C), y lignina (L). Se registró el peso vivo lleno

(kg) de los animales cada 21 días con el objetivo de estimar la ganancia de peso (kg/a/d) por periodo de pastoreo y promedio en los 73 d mediante la regresión lineal del peso vivo en el tiempo.

Para el análisis estadístico se utilizó el paquete SAS versión 9.12 (SAS Institute, Cary, NC, USA). Las variables fueron sometidas a un análisis de varianza utilizando un diseño completamente al azar con dos repeticiones. Se utilizó un modelo que evaluó el efecto del tratamiento por período de pastoreo y/o promediando sobre todo el período experimental utilizando la sub-parcela (pasturas) y cada grupo de animales como unidad experimental. En todos los casos, las medias de los efectos fijos significativos ($p < 0,05$) se separaron mediante el comando LSMEANS. Los resultados para cada variable se presentan como media \pm desvío estándar (DE).

RESULTADOS

A los 21 días post-siembra el sudangrás registró una mayor cantidad de plantas por superficie ($p < 0,05$) comparado con el sorgo BMR (Cuadro 1). A pesar de dicha diferencia,

tanto la altura (99 ± 27 cm) como la disponibilidad de forraje (6409 ± 2368 kg/ha MS) al inicio del primer pastoreo (48 d post-siembra) fue igual para ambas variedades ($p > 0,05$), si bien numéricamente la disponibilidad total del sorgo BMR fue 15% superior. Tampoco se registraron diferencias significativas ($p > 0,05$) en el aporte de hojas realizado a la materia seca total (50%) ni en la tasa de crecimiento en el periodo siembra – primer pastoreo (131 ± 36 kg/ha/día MS).

Durante el segundo y tercer pastoreo no se registraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre tratamientos en las variables altura, disponibilidad de forraje total y aporte de las fracciones hoja y tallo (Cuadro 2). Al igual que en el primer pastoreo, la disponibilidad de forraje total del sorgo BMR fue numéricamente superior a la registrada en el sudangrás (28% y 21% superior en el segundo y tercer pastoreo, respectivamente). En ambas variedades, el aporte de la fracción hoja a la disponibilidad total disminuyó de un 50% en el primer pastoreo a un 20-25% durante el segundo y tercer pastoreo.

Cuadro 1. Implantación y características al primer pastoreo del sudangrás y sorgo BMR (media \pm DE).

	Sudangras	Sorgo BMR	p ¹ .
Implantación (21 d post-siembra)			
Nº de plantas/m lineal	25 ^a \pm 3	14 ^b \pm 1	<0,05
Nº de plantas/metro cuadrado	63 ^a \pm 7	34 ^b \pm 4	<0,05
Primer pastoreo (48 d post-siembra)			
Altura, cm	101 \pm 24	98 \pm 34	ns
Forraje total, kg/ha MS	5973 \pm 1947	6845 \pm 2964	ns
Forraje hojas ² , kg/ha MS	2972 \pm 1351 (50)	3374 \pm 1384 (49)	ns
Forraje tallos ² , kg/ha MS	3001 \pm 880 (50)	3471 \pm 2241 (51)	ns
Tasa de crecimiento, kg MS/ha/d	124 \pm 30	137 \pm 45	ns

¹ Letras diferentes en una misma fila diferencia significativa ($p < 0,05$); $p > 0,05$ no significativo (ns)

² Entre paréntesis aporte porcentual de la fracción en la disponibilidad total

Cuadro 2. Altura y disponibilidad de forraje (media \pm DE) al inicio del segundo y tercer pastoreo del sudangrás y sorgo BMR.

	Sudangrás	Sorgo BMR	p ¹ .
Segundo pastoreo			
Altura, cm	95 \pm 9	93 \pm 7	ns
Forraje total, kg/ha MS	7451 \pm 1461	9550 \pm 2932	ns
Forraje hojas ² , kg/ha MS	1882 \pm 359 (25)	2493 \pm 1537 (26)	ns
Forraje tallos, kg/ha MS	5569 \pm 1305 (75)	6607 \pm 1619 (74)	ns
Tercer pastoreo			
Altura, cm	84 \pm 3	85 \pm 17	ns
Forraje total, kg/ha MS	5712 \pm 644	6935 \pm 2873	ns
Forraje hojas, kg/ha MS	1389 \pm 142 (24)	1494 \pm 244 (21)	ns
Forraje tallos, kg/ha MS	4323 \pm 624 (76)	5441 \pm 2653 (79)	ns

¹ $p > 0,05$ no significativo (ns)

² Entre paréntesis aporte porcentual de la fracción en la disponibilidad total

En cuanto al forraje remanente al momento de retirar los animales, no se registraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre tratamientos en altura y disponibilidad de forraje durante los tres ciclos de pastoreo (Figura 1). Numéricamente, si bien la altura del forraje remanente fue superior en sudangrás (82 ± 13 cm) comparado con el sorgo BMR (75 ± 8 cm), la disponibilidad de forraje fue 21% mayor en el sorgo BMR comparado con el sudangrás (6673 y 5502 kg/ha MS, respectivamente). El aporte promedio de la fracción hoja a la materia seca total del forraje remanente fue de 24% (sorgo BMR) y 13% (sudangrás). Dicha diferencia fue generada en el forraje remanente del primer ciclo de pastoreo, en donde la disponibilidad de la fracción hoja fue significativamente mayor en el sorgo BMR comparado con el sudangrás (2342 y 762 kg/ha MS, respectivamente).

Se encontró una correlación alta y positiva ($p < 0,05$) entre la altura del tapiz y el forraje disponible al inicio de los pastoreos tanto para sudangrás ($r=0,80$) como para sorgo BMR ($r=0,80$). El modelo de regresión lineal entre altura y disponible también fue significativo ($p < 0,05$), en donde cada cm adicional de altura correspondió a un incremento de 77 y 102 kg

MS en sudangrás ($R^2=0,64$), y sorgo BMR ($R^2=0,60$), respectivamente. Las mismas tendencias fueron registradas en el forraje remanente, en donde por cada 1 cm de incremento en altura la disponibilidad se incrementó 67 (sudangrás, $R^2=0,60$) y 79 kg MS (sorgo BMR, $R^2=0,49$).

Comparando el valor nutritivo de la fracción hoja, el sorgo BMR presentó un menor porcentaje de materia seca ($p < 0,05$) y tendió a registrar una mayor digestibilidad que el sudangrás ($p < 0,10$), no encontrándose diferencias significativas ($p > 0,05$) en el resto de los parámetros (Cuadro 3). En la fracción tallo el sorgo BMR registró un incremento de 15% en la digestibilidad y un descenso de 13% en el contenido de lignina comparado con el sudangrás ($p < 0,05$) y una tendencia a menor contenido de fibra detergente ácida ($p < 0,10$). Como característica diferencial entre ambas variedades, en el sorgo BMR la hoja registró menor digestibilidad y mayor fibra detergente neutro que el tallo, mientras que en el sudangrás la fracción hoja presentó mayor digestibilidad y menor fibra detergente neutro que la fracción tallo.

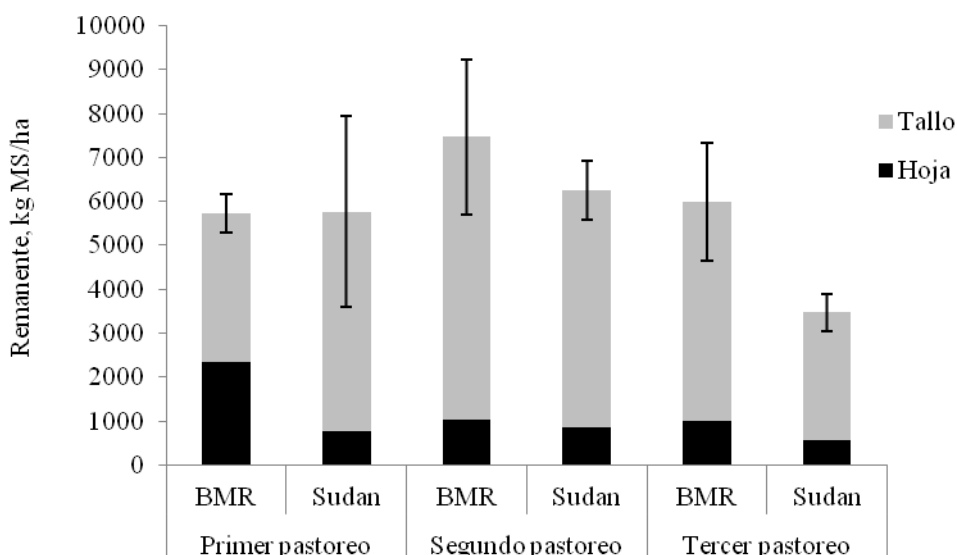


Figura 1. Forraje remanente al momento de retirar los animales luego de cada ciclo de pastoreo del sorgo BMR y del sudangrás. Líneas verticales en cada columna indica desviación estándar de la media de forraje total (hoja + tallo).

Cuadro 3. Valor nutritivo (media \pm DE) de las fracciones hoja y tallo de sudangrás y sorgo BMR en el forraje disponible (promedio de 3 ciclos de pastoreo).

Parámetro (%) ¹	Fracción Hoja			Fracción Tallo		
	Sudangrás	Sorgo BMR	p ²	Sudangrás	Sorgo BMR	p ²
MS	27,4 \pm 3,5	22,2 \pm 3,0	<0,05	19,4 \pm 5,4	15,9 \pm 4,6	ns
DIV	64,5 \pm 2,3	67,7 \pm 2,9	<0,10	61,5 \pm 5,0	70,7 \pm 2,8	<0,05
PC	14,7 \pm 4,2	15,1 \pm 3,2	ns	5,0 \pm 2,9	6,8 \pm 3,3	ns
FDA	37,5 \pm 1,5	38,8 \pm 2,5	ns	42,8 \pm 3,6	39,4 \pm 2,3	<0,10
FDN	61,8 \pm 0,9	63,7 \pm 2,3	ns	64,7 \pm 4,8	60,2 \pm 3,6	ns
Cenizas	9,2 \pm 1,0	9,8 \pm 1,3	ns	8,1 \pm 2,0	8,3 \pm 3,1	ns
Lignina	11,6 \pm 1,0	11,9 \pm 2,2	ns	9,3 \pm 1,0	8,1 \pm 1,1	<0,05

¹ MS=Materia seca, DIV=Digestibilidad *in-vitro*, PC=Proteína Cruda, FDA=Fibra Detergente Ácida, FDN=Fibra Detergente Neutro.

² p < 0,05 diferencia significativa entre filas dentro de una fracción, p > 0,05 sin diferencias significativas (ns), p < 0,10 tendencia (0,05 \leq p < 0,10)

La digestibilidad de la hoja y tallo del sorgo BMR tendió a mantenerse estable e incluso a incrementarse levemente (1-4%) al pasar del primer al tercer ciclo de pastoreo, a diferencia de las fracciones de sudangrás que redujeron su digestibilidad entre un 5% (hoja) y 15% (tallo). La lignina en la fracción tallo del sorgo BMR disminuyó de 9,1 a 7,8% del primer al tercer pastoreo, respectivamente; mientras que se mantuvo constante en el tallo de sudangrás (9,3%). También en el tallo, la proteína cruda disminuyó un 64% (9,8 y 3,5%; respectivamente) al pasar del primer al tercer pastoreo, promediando sobre ambas variedades.

Si bien no existieron diferencias significativas (p > 0,05) en el peso vivo de los animales al finalizar el experimento, los animales del

tratamiento sorgo BMR fueron 10 kg más pesados que aquellos del sudangrás (Cuadro 4). Esto fue debido a una mayor (p < 0,05) ganancia diaria de peso de los animales en el sorgo BMR comparado con el sudangrás en los 73 días de pastoreo (0,945 y 0,823 kg/a/d, respectivamente). Si se analiza la ganancia de peso por periodo, la diferencia significativa (p < 0,05) se registró en los primeros 21 días (1,082 y 0,796 kg/a/día, sorgo BMR y sudangrás, respectivamente) durante el primer pastoreo. Luego durante el segundo y tercer pastoreo la superioridad en ganancia de peso de los animales en el sorgo BMR se mantuvo relativamente constante cercana al 6% (p > 0,05). La producción de peso vivo por superficie estimada fue 326 y 375 kg/ha para sudangrás y sorgo BMR, respectivamente.

Cuadro 4. Desempeño productivo (media \pm DE) de novillos pastoreando sudangrás o sorgo BMR.

	Tratamiento		p ¹
	Sudangrás	Sorgo BMR	
Peso vivo inicial, kg	320 \pm 28	320 \pm 29	ns
Peso vivo final, kg	378 \pm 27	388 \pm 28	ns
Ganancia de peso, kg/a/d			
0-21 d	0,796 ^a \pm 0,375	1,082 ^b \pm 0,418	0,009
21-42 d	1,034 \pm 0,542	1,091 \pm 0,453	ns
42-73 d	0,669 \pm 0,428	0,708 \pm 0,304	ns
0-73 d	0,823 ^a \pm 0,155	0,945 ^b \pm 0,184	0,004

¹ Letras diferentes en una misma fila diferencia significativa (p < 0,05); p > 0,05 no significativo (ns)

DISCUSIÓN

A pesar de haber utilizado la misma densidad de siembra (22 kg/ha) el número de plantas fue mayor en el sudangrás que en el sorgo BMR. Esto fue debido a un menor peso absoluto y tamaño de la semilla de sudangrás. Sin embargo, en el primer pastoreo no hubo diferencias significativas en la disponibilidad de forraje y altura del tapiz entre ambos materiales. Si bien se ha reportado que los

materiales que incluyen el gen BMR pueden producir menos materia seca total que aquellos sin la mutación (Casler *et al.*, 2003; Bean 2007), en el presente experimento la disponibilidad de forraje fue entre un 15 y 28% superior en el sorgo BMR comparado con el sudangrás considerando los tres periodos de pastoreo. Aunque no se evaluó la producción total de forraje, la disponibilidad de materia seca al inicio de cada ciclo de pastoreo puede ser un buen indicador de la producción total

bajo una misma dotación y manejo del pastoreo. A pesar de que ambos materiales presentaron similar altura del tapiz, por cada cm de incremento el sorgo BMR presentó una mayor concentración de materia seca (102 y 77 kg MS/cm, respectivamente) lo que explicó la mayor disponibilidad de forraje. La misma tendencia se registró en el forraje remanente en donde el sorgo BMR registró un valor promedio de disponibilidad de forraje 21% superior que el sudangrás con una mayor concentración de materia seca por cada cm de altura.

El descenso del componente hojas al avanzar el ciclo de producción en ambos materiales se atribuyó al manejo poco flexible del pastoreo con dotación y tiempo de ocupación fijo, y a la altura del forraje remanente (Edwards *et al.*, 1971; Espinoza *et al.*, 1992; Berlangieri 2008). Debido al mayor valor nutritivo de la hoja comparado con el tallo, era de esperar un descenso en el desempeño productivo de los animales al avanzar el ciclo de producción con una mayor predominancia de tallos (Vasconcelos *et al.*, 2003). Como consecuencia, la ganancia de peso disminuyó un 27% al pasar del primer al tercer ciclo de pastoreo, promediando sobre ambos materiales. Desde el punto de vista nutricional el principal parámetro responsable del descenso en el desempeño productivo de los animales fue la proteína cruda, la cual disminuyó al avanzar el ciclo de producción, coincidentemente con lo reportado por otros autores (Beck *et al.*, 2007; Fernández Mayer *et al.*, 2011). Promediando sobre ambos materiales evaluados, al iniciar el tercer ciclo de pastoreo el contenido de proteína en la hoja (12,9%) y tallo (3,5%) fue significativamente menor a los valores registrados en el primer pastoreo (19,3% y 9,8%, respectivamente). Debido a que la fracción tallo representó más del 70% al finalizar el ciclo de producción, la oferta total de proteína se consideró limitante para un adecuado crecimiento de los animales. Cuando el forraje fresco tiene un contenido proteico inferior al 11% puede haber deficiencias de nitrógeno a nivel ruminal para la síntesis de proteína microbiana (Hoover and Stokes 1991), lo que se vio reflejado en la disminución de la ganancia de peso en el último pastoreo. El sorgo BMR presentó como ventaja mayor digestibilidad y menor contenido de lignina en el tallo lo que mejoró la ganancia de peso de los novillos en dicho tratamiento. El carácter indigestible de la lignina explicó el incremento de digestibilidad al disminuir la primera (Moore and Jung 2001), característica que ha sido reportada por varios autores en el sorgo BMR (Fritz *et al.*, 1981; Akin *et al.*, 1986;

Gerhardt *et al.*, 1994; Oliver *et al.*, 2005). Además de la mayor digestibilidad, el tallo del sorgo BMR registró una tendencia a menores valores de fibra detergente, tanto neutra (FDN) como ácida (FDA), con implicancias en el consumo de materia seca y de energía. De acuerdo a los valores de FDN, el consumo teórico potencial de materia seca del tallo sería de 1,8% (sudangrás) y 2,0% (sorgo BMR) del peso vivo según ecuación publicada para estimar el consumo diario de alimentos fibrosos (Undersander y Moore 2002). Adicionalmente, varios trabajos reportaron que la digestibilidad de la fracción FDN en sorgos con el gen BMR es mayor comparado con materiales similares que no poseen dicho gen (Gerhardt *et al.*, 1994; Aydin *et al.*, 1999; Oliver *et al.*, 2005) resultando en un incremento del consumo de energía incluso a igual valor de FDN (Oba y Allen 1999). Relacionado al consumo de energía, el menor valor de FDA en el tallo del sorgo BMR es un indicador de la mayor digestibilidad comparado con el tallo del sudangrás. De esta manera, un mayor consumo de la fracción tallo del sorgo BMR con una digestibilidad y concentración energética mayor que el sudangrás estaría explicando en parte la superioridad de la tasa de ganancia observada en los animales pastoreando el sorgo BMR. El mayor valor nutritivo del sorgo BMR comparado con otras variedades de sorgo y sudangrás fue corroborado por experimentos de comportamiento de pastoreo, en donde animales expuestos a elegir distintos materiales genéticos al mismo tiempo (prueba de preferencia) siempre pastorearon como primera opción y utilizaron una mayor proporción del forraje de aquellos materiales que incluían el gen BMR (Miller y Stroup 2004).

El mejor desempeño productivo de los novillos pastoreando el sorgo con el gen BMR en el presente experimento coincide tanto en la tendencia como en la magnitud con trabajos internacionales, en donde la ganancia de peso de animales con acceso a materiales BMR fue entre un 12 y 17% superior que aquellos animales pastoreando los mismos materiales pero sin el gen BMR (Banta *et al.*, 2005; McCuistion *et al.*, 2011). En otra serie de experimentos de 2 años de duración, novillos manejados a una dotación conservadora (4 animales/ha) sobre sorgo BMR registraron un desempeño productivo superior que novillos manejados sobre sorgo foto-sensitivo pero sin el gen BMR (1,180 y 0,900 kg/a/d, respectivamente) (McCuistion *et al.*, 2005). Si bien en el presente trabajo se evaluaron dos materiales forrajeros distintos (sorgo forrajero y sudangrás) que genotípicamente difieren más allá del gen BMR, la inclusión de ésta

característica presentó una ventaja productiva en términos de producción de carne que compensó el incremento del costo de la semilla comparado con materiales tradicionales como el sudangrás con menor potencial de producción.

CONCLUSIÓN

En un escenario de intensificación de la producción ganadera como estrategia de incremento de competitividad de la empresa, el uso de sorgos forrajeros con el gen BMR permite mejorar el desempeño productivo de novillos en pastoreo durante el verano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKIN D, HANNA W, SOOK M, HIMMELSBACH D, BARTON F, WINDHAM WR.** 1986. Normal 12 and brown midrib 12 sorghum; chemical variations and digestibility. *Agron J* 78:832-837.
- AYDIN G, GRANT RJ, O'REAR J.** 1999. Brown midrib sorghum in diets for lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 82: 2127-2135.
- BANTA JB, MCCOLLUM III FT, GREENE LW.** 2005. The effects of grazing a brown midrib vs a conventional sorghum x sudan hybrid on animal performance and gain/ha. *J Anim Sci* 79 (Suppl.1): 458.
- BEAN BW.** 2007. Producing quality forage sorghum silage. Proceedings Southern Corn and Rice Minimum Tillage Conference. Houston, Texas, USA. Disponible on line: <http://amarillo.tamu.edu/files/2010/11/ProducingQualityForageSorghumSilage.pdf>
- BECK PA, HUTCHISON S, GUNTER SA, LOSI TC, STEWART CB, CAPPS PK, PHILLIPS JM.** 2007. Chemical composition and in situ dry matter and fiber disappearance of sorghum x Sudangrass hybrids. *J Anim Sci* 85, 545-555.
- BERLANGIERI MS.** 2008. Efecto del manejo y el el material genético en la productividad de sorgo forrajero bajo pastoreo. Tesis de Grado. Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Montevideo, Uruguay. 150p.
- CASLER MD, PEDERSON F, UNDERSANDER DJ.** 2003. Forage yield and economic losses associated with the brown-midrib trait in sudangrass. *Crop Sci* 43: 782-789.
- EDWARDS NC, HENRY JR, FRIBOURG A, MONTGOMERY M.** 1971. Cutting management effects on growth rate and dry matter digestibility of sorghum sudangrass cultivar " Sudax SX 11. *Agron J.* 63:267-271.
- ESPINOZA M, ARGENTI P, GIL J, PERDOMO E, LEÓN L.** 1992. Rendimiento y calidad nutritiva de cuatro híbridos y una variedad de sorgo forrajero (*Sorghum bicolor* pers.) bajo riego complementario. *Zootec Trop* 10: 171-188.
- FERNÁNDEZ MAYER AE, STUART MONTALVO RJ, CHONGO GARCÍA B, MARTIN MÉNDEZ PC.** 2011. Ceba pastoril con sorgos nervadura marrón o BMR (Brown Middle Rib) como forraje fresco. *Rev Cuba Cien Agri* 45: 251-256.
- FRENCHICK GE, JHONSON DG, MURPHY JM, OTTERBY DE.** 1976. Brown midrib corn silage in dairy cattle rations. *J Dairy Sci* 59: 2126-2129.
- FRITZ JO, CANTRELL RP, LECHTENBERG VL, AXTEL JD, HERTEL JM.** 1981. Brown midrib mutants in Sudangrass and grain Sorghum. *Crop Sci* 21: 706-709.
- GERHARDT RL, FRITZ JO, JASTER EHC, MOORE KJ.** 1994. Digestion kinetics and composition of normal and brown midrib sorghum morphological components. *Crop Sci* 34: 1353-1361.
- HAYDOCK KP, SHAW NH.** 1975. The comparative yield method for estimating the dry matter yield of pasture. *Australian J. of Exper Agric. Animal Husb.* 15: 663-670.
- HOOVER WH, STOKES SR.** 1991. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. *J Dairy Sci* 74, 3630- 3644.
- JUNG HG, FAHEY GC.** 1983a. Nutritional implications of phenolic monomers and lignin: a review. *J Anim Sci* 57: 206-219.
- JUNG HG, FAHEY GC.** 1983b. Interactions among phenolic monomers and *in vitro* fermentations. *J Dairy Sci* 66: 1255-1263.
- KEITH EA, COLENBRANDER VF, LECHTENBERG VL, BAUMAN LF.** 1979. Nutritional value of brown midrib corn silage for lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 62: 788-792.
- MCCUISTION KC, MCCOLLUM FT, GREENE LW, BEAN B, VAN METER R, VASCONCELOS J, SILVA J.** 2005.

Performance of steers grazing photoperiod-sensitive and brown midrib varieties of sorghum-sudangrass. Forage Sorghum Field Day. Texas Agricultural Research and Extension Center, Amarillo.

MCCUISTION KC, MCCOLLUM III FT, GREENE LW, MACDONALD J, BEAN B. 2011. Performance of stocker cattle grazing 2 sorghum-sudangrass hybrids under various stocking rates. *Prof Anim Sci* 27:92-100.

MILLER FR, STROUP JA. 2004. Growth and management of sorghums for forage production. Proceedings of the National Alfalfa Symposium, 13-15 December, 2004, San Diego, CA, UC Coop. Ext., Univ. of California, Davis, CA.

MOORE KJ, JUNG HG. 2001. Lignin and fiber digestion. *J Range Manage* 54: 420-430.

OBA M, ALLEN MS. 1999. Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. *J Dairy Sci* 82: 589-596.

OLIVER L, PEDERSEN JF, GRANT RJ, KLOPFENSTEIN TJ. 2005. Comparative

effects of the sorghum bmr-6 and bmr-12 genes. *Crop Sci.* 45:2234-2239.

PORTER KS, AXTELL JD, LECHTENBERG VL, COLENBRANDER VF. 1978. Phenotype, fiber composition, and invitro dry matter disappearance of chemically induced brown midrib mutants of sorghum. *Crop Sci* 18: 205-208

STALLINGS CC, DONALDSON BM, THOMAS JW, ROSMAN EC. 1982. In vitro evaluation of brown midrib corn silage by sheep and lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 65: 1945-1949.

UNDERSANDER D, MOORE JE. 2002. Relative forage quality (RFQ) indexing legumes and grasses for forage quality. University of Wisconsin Extension. Disponible on line: <http://www.uwex.edu/ces/forage/pubs/rfq.htm>

VASCONCELOS JT, GREENE LW, MCCOLLUM III FT, BEAN BW, VAN METER R. 2003. Performance of crossbred steers grazing photoperiod sensitive and non photoperiod sensitive Sorghum Sudangrass hybrids. *J Anim Sci* 81(supplement 2): 103.