

II. ANTECEDENTES

Cazzuli, Fiorella*
Lagomarsino, Ximena**
Montossi, Fabio***

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este capítulo es recopilar la información experimental que se presenta más adelante en esta misma publicación, de manera de poder conocer los antecedentes de la investigación y realizar una comparación entre los resultados obtenidos previamente, con los de la información producida por esta línea de investigación.

En primera instancia, se describe brevemente la base forrajera sobre la que se realizaron los ensayos (sorgos), detallando características de los distintos tipos de sorgos forrajeros: sudangrás y sorgos forrajeros híbridos ("clásicos", con el gen BMR y fotosensitivos).

Luego, se mencionan algunas generalidades sobre la suplementación de novillos en pastoreo sobre verdeos estivales.

Finalmente, luego de presentar los requerimientos animales energéticos y proteicos de novillos en fase de terminación, se describen las experiencias extranjeras y nacionales con relación al engorde de novillos sobre verdeos de verano.

2. SORGOS FORRAJEROS (SORGHUM SP.)

Douglas (1980), citado por Silungwe (2011), clasifica a los sorgos forrajeros en tres grupos: sudangrás, híbridos de sorgo x sudangrás y sorgo dulce. Los tres presentan características tales que pueden ser cultivados como una pastura de alta producción de aceptable calidad (Watson *et al.*, 1993, citados por Silungwe, 2011).

En Uruguay, el desarrollo de especies templadas en los meses del verano no es el óptimo debido a las condiciones que se presentan en términos de humedad y temperatura. Los verdeos de verano de especies subtropicales, como el sudangrás, sorgo y sus híbridos, son ideales para llenar estos momentos de crisis forrajera (Vaz Martins *et al.*, 2003).

El uso de distintas variedades de sudangrás y sorgo forrajero para pastoreo directo de los animales se ha generalizado en regiones ganaderas del Uruguay. El pastoreo de verdeos de verano permite mejorar la ganancia de peso de bovinos y aumentar la capacidad de carga y productiva del predio (Rovira y Echeverría, 2013).

Estos materiales se caracterizan por tener una elevada producción total de forraje por unidad de superficie (8000 a 15000 kilos de materia seca por hectárea - kg MS/ha) que permite sostener una alta carga animal durante los meses de verano (4 a 6 animales/ha) (Rovira y Echeverría, 2013).

En cuanto a su valor nutritivo, Contreras-Govea *et al.* (2010) citando a Cummins (1981), resumen algunas características del cultivo en diferentes estadios de maduración, en el Cuadro 1.

Los sorgos son especies de metabolismo C4, lo cual los hace más eficientes que las plantas con metabolismo C3 (Fassio *et al.*, 2002). Se caracterizan por presentar excelente macollaje, por lo tanto están bien adaptadas al pastoreo, además de contar con una elevada tolerancia a períodos de déficits hídricos. Aportan altos volúmenes de forraje de aceptable calidad si son maneja-

* Ing. Agr. MSc. Programa Nacional de Producción de Carne y Lana, INIA Tacuarembó.

** Ing. Agr. Programa Nacional de Producción de Carne y Lana, INIA Tacuarembó (2011-2015)

*** Ing. Agr. PhD. Director Nacional de INIA.

Cuadro 1. Composición del sorgo forrajero y su valor nutritivo en diferentes estadios de madurez (Cummins, 1981, citado por Contreras-Govea *et al.*, 2010).

Estadio fenológico	Componente (%)		DMO (%)		FDA (%)	
	Hoja	Tallo	Hoja	Tallo	Hoja	Tallo
Lechoso tardío	24	57	38	55	35	39
Pastoso temprano	20	53	44	55	35	39
Pastoso	18	47	46	53	38	3
Pastoso duro	16	45	44	54	40	38

Nota: DMO = digestibilidad de la materia orgánica in vitro; FDA = fibra detergente ácido.

dos correctamente en pastoreo. Una posible limitante que pueden presentar los sorgos forrajeros es su bajo contenido de proteína, la cual no es suficiente para mantener la producción de animales de alto potencial de crecimiento (Carámbula, 2007).

Cuanto más drásticas son las defoliaciones y se realizan más frecuentemente, decrece de forma notable la producción de forraje total (Carámbula, 1964). Lagomarsino y Montossi (2014) sostienen que el buen aprovechamiento de los sorgos forrajeros depende fundamentalmente del manejo del pastoreo aplicado y la carga animal utilizada. Este concepto es reforzado por Vaz Martins *et al.* (2003) quienes sostienen que podría ser más importante realizar un correcto manejo del material seleccionado, antes que la propia elección del tipo de sorgo a utilizar.

Gallarino (2008) menciona que uno de los problemas que se presentan a la hora de manejar los sorgos forrajeros es su crecimiento inicial –especialmente el tipo sudanés– que este es muy rápido y como consecuencia de ello, los sorgos maduran rápidamente perdiendo su calidad y disminuyendo su producción futura.

Los sorgos forrajeros tienen el potencial de liberar ácido cianhídrico (HCN) como un mecanismo de adaptación contra los herbívoros (Wheeler *et al.*, 1990; Busk y Moller, 2002; citados por Silungwe, 2011). Si la concentración de ácido cianhídrico es lo suficientemente elevada, puede ocurrir el envenenamiento del ganado en pastoreo (Fjell *et al.*, 1991, citados por Silungwe, 2011).

La concentración de HCN que se considera segura para los animales varía según

diferentes fuentes. Por ejemplo, Fjell *et al.* (1991), citados por Silungwe (2011) reportaron que rangos de 0-600 mg/kg de PV de HCN son considerados seguros, mientras que concentraciones de 600-1000 mg/kg de PV son considerados potencialmente tóxicos. En contraste, Vogel *et al.* (1987), citados por Silungwe (2011) sostienen que concentraciones de 0-500 mg/kg de PV son poco probables que resulten en intoxicación de ganado, mientras que rangos de 500-750 mg/kg PV son considerados muy tóxicos. Por otro lado, Takamitsu (1973), citado por Silungwe (2011), especificó que 2,042 mg/kg PV de HCN puede envenenar al animal que consuma un sorgo con estas características y provocar su muerte.

2.1. Sudangrás (*Sorghum sudanense*)

Dentro del grupo de los sorgos, el sudangrás se destaca netamente del resto por sus características morfofisiológicas y sus atributos agronómicos. Es una especie con plantas muy macolladoras, con tallos delgados, sólidos, que rara vez superan los 6 mm de diámetro y que poseen gran cantidad de hojas. Resiste muy bien al pisoteo y tiene un excelente rebrote, el cual se hace mayor a medida que avanza su ciclo. Esta especie produce en promedio un total de 9000 kg MS/ha. La digestibilidad de la materia orgánica (DMO) oscila entre 53,7 y 69,8 % y el contenido de proteína cruda (PC) oscila entre un máximo de 14,1 y un mínimo de 7,7 % (Carámbula, 2007).

No obstante, el sudangrás tiene un rendimiento menor en comparación, por ejemplo, con los sorgos híbridos (Silungwe, 2011).

2.2. Sorgos híbridos (*Sorghum* x *S. sudanense*)

Para poder superar las ventajas productivas del sudangrás, los mejoradores genéticos cruzaron sudangrás por sorgo para producir variedades con mejores valores nutritivos y de productividad que el sudangrás (Kalton, 1988; Miron *et al.*, 2007; Moyer *et al.*, 2004; citados por Silungwe, 2011). Así, fueron generados los materiales híbridos, resultantes de la cruce de *Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense* (Silungwe, 2011).

Los sorgos híbridos presentan tallos más gruesos y hojas más anchas que los de sudangrás y se caracterizan por poseer una mayor precocidad, lo que les permite ser pastoreados antes. Los rendimientos de forraje totales son mayores que los de sudangrás (Carámbula, 2007). Su modalidad de crecimiento y sus rendimientos elevados en un período corto de tiempo crean problemas en su utilización y en el mantenimiento de su valor nutritivo (Hoveland, 1968, citado por Carámbula, 2007).

Si bien el potencial productivo del sorgo híbrido es elevado, este puede ser limitado en mayor proporción que en el sudangrás cuando se efectúan cortes más frecuentes (Carámbula, 2007).

Giorello *et al.* (2012) reportaron producciones totales de sorgo híbrido en régimen de secano de 10.066 kg MS/ha. Por otro lado, Bianco *et al.* (2003) reportaron disponibilidades de forraje de 3806, 842 y 1185 kg MS/ha para un sorgo híbrido para el primer, segundo y tercer pastoreo, respectivamente. Estos últimos autores reportaron contenidos de proteína cruda (PC) de 15,1 y 12,7 % para el segundo y tercer ciclo de pastoreo, respectivamente.

Los sorgos del tipo nervadura marrón o Brown Middle Rib (BMR) tienen la particularidad que cuentan con una digestibilidad mayor que el *Sorghum bicolor*, dado su menor lignificación (Vasconcelos *et al.*, 2003; Casler *et al.*, 2003; Mc Cuistion *et al.*, 2005; Schwarz *et al.*, 2008; Contreras-Govea *et al.*, 2010).

Los sorgos BMR cuentan con mayor calidad como forraje fresco que se traduce en una mayor producción de carne, siempre que esta opción forrajera esté acompañada de un



Figura 1. Sorgo de nervadura marrón o BMR (Silungwe, 2011).

aporte adicional de proteína, un correcto manejo (intensidad de pastoreo) y una adecuada asignación de forraje (Fernández Mayer *et al.*, 2011ab).

A pesar que el gen BMR aporta características deseables en forrajes de verano, generalmente se asocia con rendimientos en materia seca menores y con un menor vigor de las plantas (Casler *et al.*, 2003; Miller y Stroup, 2003; Pedersen *et al.*, 2005; citados por Silungwe, 2011). A partir de esta situación, los mejoradores genéticos trabajaron en la creación de nuevos híbridos con mayor vigor y alto rendimiento productivo (Miller y Stroup, 2003, citados por Silungwe, 2011).

Bianco *et al.* (2003) reportaron disponibilidades de forraje de sorgo BMR de 3901, 772 y 1148 kg MS/ha, para el primer, segundo y tercer ciclo de pastoreo, respectivamente. Estos autores reportaron 13,3 y 12,0 % de PC para el segundo y tercer ciclo de pastoreo, respectivamente.

Por otra parte, actualmente se cuenta con sorgos del tipo "fotosensitivos". Según Mc Cuistion *et al.* (2005), las variedades de sorgos fotosensitivos retrasan el inicio del período reproductivo de la planta hasta que la longitud del día no sea mayor que 12 horas con 30 minutos. La característica fotosensitiva de este tipo de materiales mejora la producción potencial de materia seca, al extender el período vegetativo de la planta (Mc Cuistion *et al.*, 2011).

Asimismo, Vasconcelos *et al.* (2003) plantean que los sorgos híbridos foto sensitivos, por lo general, presentan una mayor relación hoja/tallo, lo que se podría asociar con mayores digestibilidades del forraje.

3. SUPLEMENTACIÓN DE BOVINOS SOBRE VERDEOS DE VERANO

La suplementación en pastoreo es una de las principales herramientas para la intensificación de los sistemas ganaderos. Permite corregir dietas desbalanceadas, aumentar la eficiencia de conversión de las pasturas, mejorar las ganancias de peso de los animales y acortar los ciclos de engorde de los bovinos (Peruchena, 1999).

La suplementación también es una herramienta para aumentar la capacidad de carga de los sistemas productivos, incrementando la eficiencia de utilización de las pasturas en sus picos de producción y aumentando el nivel de producción por unidad de superficie (Leng, 1983, citado por Peruchena, 1999).

Según Pordomingo (2003), la respuesta en la mejora de la eficiencia total de producción se manifiesta a niveles de suplementación mayores al 0,75 % del PV. El mismo autor sostiene que el alimento combinado de forraje y suplementos debe ser de alta digestibilidad para que se exprese una mejor conversión de alimento en aumento de peso. A niveles de suplementación por debajo del 0,5 % del PV el efecto de sustitución es poco importante y podría no afectar el consumo de forraje.

Peruchena (1998), citado por Peruchena (1999) y Peruchena (1997), citado por Peruchena, (2003) estudiaron la suplementación de novillos en la fase de terminación durante el verano, si bien para este caso fue sobre una pastura perenne de *Brachiaria brizantha*. Los animales lograron ganancias de 1,140, 1,070 y 0,510 kg/an/día al ser suplementados con expeller de algodón al 0,6 % del PV (suplementación proteica), suplemento balanceado energético-proteico al 1 % del PV y testigo sin suplementación, respectivamente. La suplementación permitió terminar todos los novillos para faena. El investigador destaca la alta eficiencia de conver-

sión de ración en peso vivo, reduciendo el aporte de las pasturas. En el caso de la suplementación proteica, la eficiencia fue de 3:1, mientras que con la suplementación energético-proteica la misma fue de 5,8:1.

3.1. Tipos de suplementos

Según de Ruiter *et al.* (2007), los suplementos son utilizados en la producción animal cuando los nutrientes provenientes del forraje no son suficientes para cubrir los requerimientos de los animales. Estos autores clasifican a los concentrados en energéticos o proteicos, según el principal aporte de un nutriente u otro.

Field (2007) considera energéticos a los suplementos que tienen menos de 20 % de proteína y menos de 18 % de fibra, mientras que los suplementos proteicos son definidos como alimentos con más de 20 % de proteína.

En la práctica, se destacan en nuestras condiciones suplementos energéticos (grano de maíz), energético proteicos (afrechillo de arroz) y proteicos (expeller de soja y girasol).

El grano de maíz es un suplemento energético. Mc Donald *et al.* (2011) consideran a este alimento como una excelente fuente de energía digestible, si bien cuenta con muy baja concentración proteica de muy baja calidad. Estos autores reportan concentraciones de proteína cruda del orden de los 90-140 g/kg MS. Mieres (2004) reporta contenidos promedio de proteína cruda de 9,18 % y energía metabolizable de 3,26 MCal/kg MS.

En cuanto al afrechillo de arroz, es un subproducto de la industria molinera arroceras y su uso es muy común en el país, especialmente en las zonas cercanas a estas industrias. Pittaluga *et al.* (2005) demostraron que este suplemento energético-proteico es una alternativa económica y biológicamente válida para mejorar el proceso de recría vacuna invernal, lo cual fue ratificado por Lagomarsino *et al.* (2014). Mc Donald *et al.* (2011) reportan en afrechillo de arroz contenidos de proteína cruda de 12-14,2 % PC. Mieres (2004) reporta una concentración de

Energía Metabolizable (EM) de 3 MCal/kg MS, 15,2 % PC, 13,8 % FDA (fibra detergente ácido), 31,7 % FDN (fibra detergente neutro), 10,5 % Cen (cenizas) y 15 % EE (extracto etéreo).

Los alimentos tipo "expeller" son ricos en proteína, conteniendo entre 20 y 50 % de PC. Estos alimentos, en general, presentan alrededor del 95 % del contenido de nitrógeno como proteína verdadera de excelente calidad biológica (Mc Donald *et al.*, 2011).

Mieres (2004) reporta para expeller de soja, contenidos de 45,7 % de PC y EM del orden de 3,15 MCal/kg MS.

Mc Donald *et al.* (2011) reportan valores de EM para el expeller de girasol del orden de 3,1 MCal/kg MS. Estos autores sostienen que si bien este tipo de suplementos son fuentes del alto nivel de proteína en la dieta para los animales, puede ser limitante en contenido de

lisina. Mieres (2004) reporta valores de 36,3 % PC para este tipo de alimento.

4. PERFORMANCE ANIMAL DE NOVILLOS SOBRE VERDEOS DE VERANO

4.1. Requerimientos de energía y proteína

Se presentan los requerimientos de energía para mantenimiento y para engorde de vacunos adultos, según NRC (1996) en el Cuadro 2.

Por otro lado, se presentan los requerimientos de proteína metabolizable para mantenimiento y para engorde de vacunos adultos en el Cuadro 3.

Los animales con los que se trabajó en los experimentos para obtener los resulta-

Cuadro 2. Requerimientos de energía metabolizable para mantenimiento y engorde (MJ ME/día) para ganado en crecimiento y terminación (adaptado de NRC, 1996).

GMD (kg/an/día)	PV (kg)				
	250	300	350	400	450
Energía metabolizable para mantenimiento					
0	20,3	23,2	26,1	28,8	31,5
Energía metabolizable para ganancia de peso					
0,500	6,3	7,2	8,1	9,0	9,8
1,000	13,4	15,4	17,3	19,1	20,9
1,500	21,0	24,0	27,0	30,0	32,6
2,000	28,8	33,0	37,0	40,9	44,7

Nota: GMD = ganancia media diaria; kg/an/día = kilos por animal por día; PV = peso vivo.

Cuadro 3. Requerimientos de proteína metabolizable para mantenimiento y engorde (g/día) para ganado en crecimiento y terminación (adaptado de NRC, 1996).

GMD (kg/an/día)	PV (kg)				
	250	300	350	400	450
Proteína metabolizable necesaria para mantenimiento					
—	239	274	307	340	371
Proteína metabolizable necesaria para crecimiento					
0,500	155	158	157	145	133
1,000	300	303	298	272	246
1,500	440	442	432	391	352
2,000	577	577	561	505	451

Nota: GMD = ganancia media diaria; kg/an/día = kilos por animal por día; PV = peso vivo.

dos del próximo capítulo, en términos generales, se encuentran entre pesos superiores a 300 kg PV y menores a 400 kg PV.

4.2. Antecedentes experimentales

4.2.1. Experiencias extranjeras

4.2.1.1. Sin suplementación

Berti (2011) realizó un ensayo en el Chaco Argentino (ambiente subtropical), en la que se evaluó la suplementación azufrada sobre la ganancia de novillos a pastoreo directo sobre sudangrás *ad libitum*. Los animales eran cruza cebú con un PV inicial de 280 kg PV y con 16 meses de edad. Los tratamientos fueron: testigo (T); suplementación mineral que incluía azufre (S); suplementación mineral sin azufre (MIN). El Cuadro 4 resume algunos de los resultados de este ensayo.

Se reportaron valores de ácido cianhídrico (HCN) en planta promedio de 40,7 ppm, no afectando la performance animal. La digestibilidad de la materia orgánica (DMO) pro-

medio fue de 45,8 %. Si bien no se registraron diferencias significativas entre las ganancias obtenidas ($P > 0,05$) en todo el período, durante los primeros 39 días de ensayo se constataron menores ganancias para los dos tratamientos suplementados, efecto que se revirtió luego del rebrote del verdeo.

Vasconcelos *et al.* (2003) llevaron a cabo un ensayo en Texas, Estados Unidos con novillos pastoreando dos materiales de sorgos híbridos tipo BMR (BMR I y II) y fotosensitivos (FS I y II). Se utilizaron novillos cruza con un peso inicial promedio de 250 kg PV. Se presentan algunos resultados de esta experiencia en el Cuadro 5.

Unos años más tarde, el mismo equipo de investigación de Texas (Mc Couston *et al.*, 2005) llevó a cabo un ensayo con novillos cruza pastoreando distintos tipos de sorgos forrajeros, comparando: un material fotosensitivo (FS), dos materiales BMR exclusivamente y uno fotosensitivo con BMR (ambas características combinadas en el mismo material; FS+BMR). Los novillos iniciaron el ensayo con 213 kg PV y la pastura

Cuadro 4. Efecto del tipo de suplementación sobre performance de novillos pastoreando sudangrás (adaptado de Berti, 2011).

Parámetros medidos	T	S	MIN
Disponibilidad inicial promedio (kg MS/ha)		8531	
Disponibilidad final promedio (kg MS/ha)		5514	
Relación hoja/tallo inicial		0,391	
Relación hoja/tallo final		0,168	
GMD (kg/an/día)	0,696	0,676	0,714

Nota: kg MS/ha = kilos de materia seca por hectárea; GMD = ganancia media diaria; kg/an/día = kilos por animal por día.

Cuadro 5. Efecto del pastoreo de distintos tipos de sorgo sobre novillos en crecimiento (adaptado de Vasconcelos *et al.*, 2003).

Parámetro medido	FS I	FS II	BMR I	BMR II
Disponibilidad inicial (kg MS/ha)	2160 ^b	2496 ^{ab}	3000 ^a	2205 ^b
Disponibilidad final (kg MS/ha)	1763	1761	1185	867
Hojas (%)	59	67	61	65
GMD (kg/an/día)	1,020 ^b	1,048 ^b	1,161 ^b	1,379 ^a
Producción PV (kg/ha)	457 ^{ab}	402 ^b	435 ^{ab}	514 ^a

Nota: kg MS/ha = kilos de materia seca por hectárea; GMD = ganancia media diaria; kg/an/día = kilos por animal por día; PV = peso vivo; Valores de una misma línea evaluado con letras distintas son significativamente distintas ($P < 0,10$).

Cuadro 6. Efecto del pastoreo de distintos tipos de sorgo sobre novillos en crecimiento (adaptado de Mc Cuistion *et al.*, 2005).

Parámetro medido	FS	BMR 1	BMR 2	FS+BMR
Disponibilidad inicial (kg MS/ha)	2267	2052	2168	2163
Hojas (%)	59 ^a	58 ^{ab}	55 ^b	55 ^b
GMD (kg/an/día)	0,903 ^c	1,157 ^{ab}	1,202 ^a	1,034 ^b
Producción PV (kg/ha)	138	148	166	145

Nota: kg MS/ha = kilos de materia seca por hectárea; GMD = ganancia media diaria; kg/an/día = kilos por animal por día; PV = peso vivo; Valores de una misma línea evaluado con letras distintas son significativamente distintas ($P < 0,01$).

alcanzaba una altura de 60-76 cm. El Cuadro 6 presenta algunos de los resultados obtenidos en este ensayo.

Los tres materiales conteniendo el gen BMR alcanzaron performances significativamente superiores ($P < 0,01$) al material FS. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas a nivel de la producción total de PV/ha.

Mc Cuistion *et al.* (2007) condujeron un ensayo contrastando dos tipos de sorgos híbridos: BMR versus fotosensitivo (FS) ofrecidos en pastoreo a novillos con un PV inicial de 238 kg. El ensayo se repitió por tres años consecutivos, con un período promedio de 85 días, utilizando cargas de entre 3,2 y 6,8 cabezas/ha. Los animales ingresaban a pastorear con aproximadamente 60 cm de altura del forraje. En el Cuadro 7 se presentan algunos de los resultados logrados en este ensayo.

Los novillos pastoreando sobre sorgo FS lograron ganancias máximas a una carga de 5,0 cabezas/ha, mientras que las ganancias mínimas se registraron con una dotación de 5,9 cabezas/ha. Para el caso del BMR, la ganancia máxima obtenida se logró con una carga de 4,6 cabezas/ha, luego de lo cual, las ganancias disminuían hasta un mínimo registrado con la carga de 5,9 cabezas/ha. Por otra parte, la producción máxima de carne para el FS se alcanzó con 5,7 cabezas/ha, mientras que para el BMR la máxima producción se asoció a la dotación de 5,3 cabezas/ha.

Al haber sido realizado este ensayo por tres años, los investigadores pudieron obser-

Cuadro 7. Efecto del pastoreo de distintos tipos de sorgo sobre novillos en crecimiento (adaptado de Mc Cuistion *et al.*, 2007).

Parámetro medido	FS	BMR
Disponibilidad inicial (kg MS/ha)	1783	2264
PC (%)	22 ^a	20 ^b
GMD max (kg/an/día)	0,962	1,100
GMD min (kg/an/día)	0,744	0,640
Producción PV máx (kg/ha)	365	410

Nota: kg MS/ha = kilos de materia seca por hectárea; GMD = ganancia media diaria; kg/an/día = kilos por animal por día; PV = peso vivo; Valores de una misma línea evaluado con letras distintas son significativamente distintas ($P < 0,05$) (solo para el caso de disponibilidad y contenido de proteína cruda).

var variaciones debidas a condiciones ambientales entre otras fuentes de variación. Se concluye que a medida que la carga animal aumenta, la exactitud de la predictibilidad de la performance animal se reduce.

Mc Cuistion *et al.* (2011) continuaron la línea de trabajo recién presentada, trabajando con novillos cruza de razas Británica x Continental, comparando sorgos FS contra BMR. El Cuadro 8 presenta algunos resultados del ensayo.

La producción de peso vivo por hectárea alcanzó un máximo para BMR con cargas más elevadas que en el caso del sorgo FS y declinó más pronunciadamente a medida que la carga animal se incrementaba.

Debido a la selectividad animal en pastoreo, el estado de madurez de las plantas y

Cuadro 8. Efecto del pastoreo de distintos tipos de sorgo sobre novillos en crecimiento (adaptado de Mc Cuiston *et al.*, 2011).

Parámetro medido	FS	BMR
Disponibilidad inicial (kg MS/ha)	2777	3130
PC (%)	21	19
GMD máx (kg/an/día)	0,900	0,930
Producción PV máx (kg/ha)	394	420

Nota: kg MS/ha = kilos de materia seca por hectárea; PC = proteína cruda; GMD = ganancia media diaria; kg/an/día = kilos por animal por día; PV = peso vivo; Valores de una misma línea evaluado con letras distintas son significativamente distintas ($p < 0,05$) (solo para el caso de disponibilidad y contenido de proteína cruda).

senescencia de las hojas, se registró una restricción de la disponibilidad de nutrientes para los animales al final del período de crecimiento de los cultivos, lo que limitó las ganancias de peso por deficiencias en el contenido de energía y/o proteína de la dieta. De esto se deduce que podría ser en este punto de la estación de pastoreo en que un programa de suplementación que provea una fuente adicional de proteína y/o energía pueda ser de utilidad para mitigar la restricción de nutrientes.

En Río Grande do Sul, Brasil, Coser y Maraschin (1983) realizaron un ensayo sobre sorgo forrajero para evaluar el desempeño con animales cruce cebú y cruce Charolais (edad 12-15 meses y PV inicial = 190 kg). El ensayo

tuvo una duración total de 140 días (desde 21 de diciembre hasta 9 de mayo). Las disponibilidades de forraje inicial, media y final fueron de 4100, 2600 y 1200 kg MS/ha, respectivamente, mientras que la dotación animal inicial, media y final fue de 18,4, 5,2 y 4,0 animales/ha, respectivamente. En cuanto a la producción animal, la ganancia inicial, media y final fue de 0,100, 0,110 y 0,710 kg/an/día, respectivamente, si bien se registró un máximo de 1,340 kg/an/día en el tercer ciclo de pastoreo. En promedio, se obtuvieron ganancias diarias de 0,710 kg/an/día y la producción de carne se estimó en 401 kg PV/ha para todo el período experimental.

También en Río Grande do Sul, Restle *et al.* (2002) evaluaron la performance de novillos cruce Charolais x Nelore en fase recria (PV inicial = 211 kg; edad promedio 14 meses) sobre sorgo forrajero (*Sorghum bicolor*), desde los primeros días de enero hasta mediados de abril (98 días en total). La masa de forraje objetivo al ingreso del pastoreo era de 2000 kg MS/ha. Los animales finalizaron el período de evaluación con 330 kg PV. Algunos resultados de esta experiencia se presentan en el Cuadro 9.

Aita (1995), citado por Ribas y Machado (2009), reportó en Río Grande do Sul los resultados que se presentan en el Cuadro 10 en un ensayo con novillos de razas carniceras, pastoreando sobre un sorgo híbrido.

Los resultados presentados corresponden al promedio de un período experimental desde el 1º de enero hasta el 24 de abril. Se destaca que durante el cuarto ciclo de pastoreo (desde 27 de marzo hasta 23 de abril),

Cuadro 9. Evaluación de desempeño de novillos pastoreando sobre sorgo forrajero (adaptado de Restle *et al.*, 2002).

Parámetro medido	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Media-Total
Disponibilidad (kg MS/ha)	1408	2260	2230	2258	2039
PC (%)	12,8	10,1	8,5	8,5	9,95
DMO (%)	67,5	55,9	48,6	46,3	54,6
Carga total (kg PV/ha)	1272	1416	1496	1353	1389
GMD (kg/an/día)	1,295	1,330	1,112	0,370	1,121
Producción PV (kg/ha)	190	199	159	22	570

Nota: kg MS/ha = kilos de materia seca por hectárea; PC = proteína cruda; DMO = digestibilidad de la materia orgánica; GMD = ganancia media diaria; kg/an/día = kilos por animal por día; PV = peso vivo.

Cuadro 10. Evaluación de desempeño de novillos pastoreando sobre sorgo forrajero híbrido (adaptado de Aita, 1995, citado por Ribas y Machado, 2009).

Parámetro medido	Promedio
PC (%)	10
DMO (%)	58
GMD (kg/an/día)	1,121
Producción PV (kg/ha)	570

Nota: PC = proteína cruda; DMO = digestibilidad de la materia orgánica; GMD = ganancia media diaria; kg/an/día = kilos por animal por día; PV = peso vivo.

el contenido de proteína cruda descendió hasta 8 %, la DMO fue de 50,7 % y las ganancias mínimas registradas en todo el período fueron 0,375 kg/an/día.

En Río Grande do Sul, Brasil, Neumann *et al.* (2005) realizaron una experiencia con novillos cruza de las razas Charolais y Nelore, de edad inicial promedio 13 meses y peso inicial promedio de 296 kg PV, los que pastoreaban sobre un cultivo de sorgo forrajero (*Sorghum bicolor*). El período de evaluación se extendió desde el 31 de diciembre hasta el 26 de marzo. El Cuadro 11 presenta algunos resultados obtenidos de esta experiencia.

En un ambiente similar al del ensayo anterior, Devicenzi (2011) evaluó el engorde de novillos sobre sorgo forrajero. Los animales pertenecían a la raza Aberdeen Angus, con aproximadamente 20 meses al inicio del ensayo y un PV promedio de 354 kg. Los registros se realizaron desde el mes de febrero, ajustándose una asignación de forraje del

Cuadro 12. Performance animal y calidad de canal y carne de novillos británicos pastoreando sobre sorgo forrajero (adaptado de Devicenzi, 2011).

Parámetro medido	Dato
PV faena (kg)	458
GMD (kg/an/día)	0,824
Rendimiento (%)	49,0
PCC (kg)	226
PCF (kg)	222
EGS (mm)	2,2
AOB (cm ²)	63,6
pH	5,8
Color * L	34,8
Color * a	21,2
Color * b	7,5
CRA (%)	68,8
Terneza (kg F/cm ²)	5,5

Nota: PV = peso vivo; GMD = ganancia media diaria; kg/an/día = kilos por animal por día; Rendimiento = rendimiento carnicero; PCC = peso canal caliente; PCF = peso canal fría; EGS = espesor de grasa subcutánea; AOB = área ojo de bife; pH = pH a las 24 horas post-faena; CRA = capacidad retención de agua; kgF/cm² = kilos de fuerza por centímetro cuadrado.

13 % PV intentando siempre lograr una altura de frente de forraje ofrecido de 90 cm y un remanente de 30 cm. Se presentan algunos resultados de este ensayo en el Cuadro 12.

Fernández Mayer *et al.* (2009) realizaron una experiencia durante dos años con novillos Aberdeen Angus en Argentina. Durante el primer año, se utilizaron dos tandas de animales, con novillos en terminación avan-

Cuadro 11. Características de cultivo sorgo forrajero y performance animal de novillos de razas carniceras (adaptado de Neumann *et al.*, 2005)

Parámetro medido	Ciclo pastoreo			Promedio-Total
	1	2	3	
PC (%)	9,9	7,5	7,2	8,2
DMO (%)	50,4	43,0	38,8	44,2
Carga total (kg PV/ha)	2733	1209	1320	1754
GMD (kg/an/día)	0,495	0,680	0,658	0,608
Producción PV (kg/ha)	117	71	78	266

Nota: PC = proteína cruda; DMO = digestibilidad de la materia orgánica; GMD = ganancia media diaria; kg/an/día = kilos por animal por día; PV = peso vivo.

zada (PV inicial = 406 kg) y con novillos en terminación menos avanzada (PV inicial = 368 kg). Se realizaron tres ciclos de pastoreo y la regulación de la carga se hizo utilizando animales volantes, buscando mantener la utilización de la pastura en el entorno del 65 %.

En cuanto a la calidad del sorgo de pastoreo utilizado –tipo BMR azucarado–, en ambos años, el promedio de calidad del forraje fue el siguiente: el máximo de PC se registró en el primer pastoreo (19,6 %) y el mínimo en el tercer pastoreo (8,69 %), la DMO se ubicó en el rango entre 78,8 % (primer pastoreo) y 74,9 % (segundo pastoreo), mientras que la FDN registró su máximo en el primer pastoreo (57,6 %) y su mínimo en el segundo pastoreo (64,3 %). En esta oportunidad (segundo año de evaluación), el primer pastoreo se inició más tarde en relación a la altura óptima de pastoreo, a pesar de lo cual el forraje presentó muy buena calidad.

En cuanto a la performance animal del primer año, los novillos iniciaron el ensayo con 406 kg PV y registraron ganancias de 0,672 kg/an/día, mientras que los novillos que iniciaron con 368 kg PV registraron ganancias de 0,600 kg/an/día. Durante el segundo año de evaluación, del primer al segundo pastoreo se lograron ganancias de 1,300 kg/an/día y del segundo al tercer ciclo de pastoreo se obtuvieron ganancias promedio de 0,632 kg PV.

Por otra parte, Fernández *et al.* (2011ab) continuaron la línea de investigación recién presentada y realizaron otro ensayo de características similares. En esta oportunidad, se utilizaron novillos Aberdeen Angus con un PV inicial de 364 kg, sobre un verdeo de sorgo forrajero tipo BMR fotosensible. La carga animal promedio fue de 4,5 animales/ha equivalente a 1764 kg PV/ha y la productividad del sorgo fue de 5800 kg MS/ha en el período considerado, lo que determinó una asignación forrajera del 4,6 % del PV. Se registraron consumos promedio de 10,4 kg MS/cab/día y la calidad del forraje fue de 76,9 % de DMO, 12,9 % de PB y 62,5 % de FDN. El contenido de proteína inicial tuvo un nivel de 19,6 %, para luego pasar a 10,4 % y finalmente 8,7 %; estos dos últimos valores se consideran insuficientes para cubrir los requerimientos de estos animales (Dimarco, 1994, citado por Fernández *et al.*, 2011). Las ganancias promedio fueron de 0,801 kg/an/día con una producción de peso vivo por unidad de superficie de 249 kg PV/ha.

En Paraguay, Pusineri y Ocampos (2013) evaluaron el desempeño productivo de novillos sangre cebú y novillos cruza *Bos taurus* x *Bos indicus* sobre sorgo forrajero (*Sorghum bicolor*). Los animales se encontraban en fase terminación, promediando los 27 meses de edad y con 406 kg PV de peso inicial. El ensayo totalizó 94 días de período de evaluación. El Cuadro 13 presenta algunos resultados de esta experiencia.

Cuadro 13. Evaluación de desempeño de novillos pastoreando sobre sorgo forrajero híbrido (adaptado de Pusineri y Ocampos, 2013).

Parámetro medido	Ciclo pastoreo		
	1	2	3
Disponibilidad (kg MS/ha)	15.803	18.585	12.485
Utilización (%)	68,7	65,7	70,6
PC (%)	13,4	10,8	14,3
Relación hoja/tallo	0,96	0,64	1,12
PV final (kg PV)		473	
GMD (kg/an/día)		0,704	
Rendimiento (%)		54,2	

Nota: kg MS/ha = kilos de materia seca por hectárea; PC = proteína cruda; PV = peso vivo; GMD = ganancia media diaria; kg/an/día = kilos por animal por día; Rendimiento = rendimiento carnicero.

4.2.1.2. Con suplementación

En Nebraska, Estados Unidos, Schwarz *et al.* (2008) realizaron un ensayo durante 72 días, con novillos sobre dos tipos de rastrojo de sorgo: sorgo híbrido (T) y sorgo similar pero conteniendo el gen BMR. Los novillos iniciaron el ensayo con 249 kg PV a una carga de 2,6 novillos/ha. Los animales se suplementaban diariamente a razón de 1,1 kg/cabeza/día con un suplemento a base de granos de destilería y otros ingredientes, incluyendo un promotor de crecimiento (alimento energético-proteico). En el Cuadro 14 se presentan algunos resultados de esta experiencia.

Cuadro 14. Efecto del pastoreo de rastrojo de sorgo sobre novillos en crecimiento suplementados (adaptado de Schwarz *et al.*, 2008).

Parámetro medido	T	BMR
PV inicial (kg)	249	
PV final (kg)	280 ^b	296 ^a
GMD (kg/an/día)	0,340 ^b	0,558 ^a

Nota: PV = peso vivo; GMD = ganancia media diaria; kg/an/día = gramos por animal por día; Valores de una misma línea evaluado con letras distintas son significativamente distintas (P < 0,01).

También en Nebraska, Geiss *et al.* (2010) realizaron un ensayo por 65-69 días repetido en dos años, en el que novillos pastoreaban directamente un rastrojo de cultivo de sorgo híbrido (T) o un sorgo similar pero conteniendo el gen BMR, a una carga de 2,58 novillos/ha en ambos casos. Además, ambos tratamientos eran suplementados a razón de 1,1 kg/cabeza/día con el mismo suplemento que en el ensayo anterior (energético-proteico). En el Cuadro 15 se presentan algunos resultados de esta experiencia.

Al igual que en la experiencia realizada por Schwarz *et al.* (2008), el uso del sorgo BMR resultó en mejor performance animal que el testigo. No se registraron interacciones entre los tratamientos para ninguno de los parámetros presentados.

Cuadro 15. Efecto del pastoreo de rastrojo de sorgo sobre novillos en crecimiento suplementados (adaptado de Geiss *et al.*, 2010).

Parámetro medido	T	BMR
PV inicial (kg)	240	239
PV final (kg)	271 ^b	280 ^a
GMD (kg/an/día)	0,467 ^b	0,630 ^a

Nota: PV = peso vivo; GMD = ganancia media diaria; kg/an/día = gramos por animal por día; Valores de una misma línea evaluado con letras distintas son significativamente distintas (P < 0,01).

4.2.2. Experiencias nacionales

4.4.2.1. Asociaciones entre altura y disponibilidad de forraje en sorgos

Montossi *et al.* (2013) encontraron valores asociativos de 312 y 211 kg MS/ha por cada cm de aumento en la altura del forraje en el cv. LE Comiray, para pre y post pastoreo con valores de exactitud que variaron entre 73 % y 75 %, respectivamente (Figura 2).

Asimismo, Montossi *et al.* (comp. pers), citados por Montossi *et al.* (2013), registra-

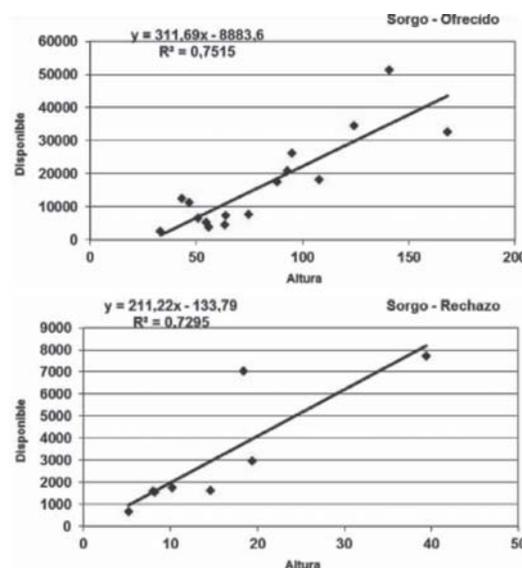


Figura 2. Relación entre altura (cm) y disponibilidad (kg MS/ha) para forraje ofrecido y rechazado de sudangrás (Montossi *et al.*, 2013).

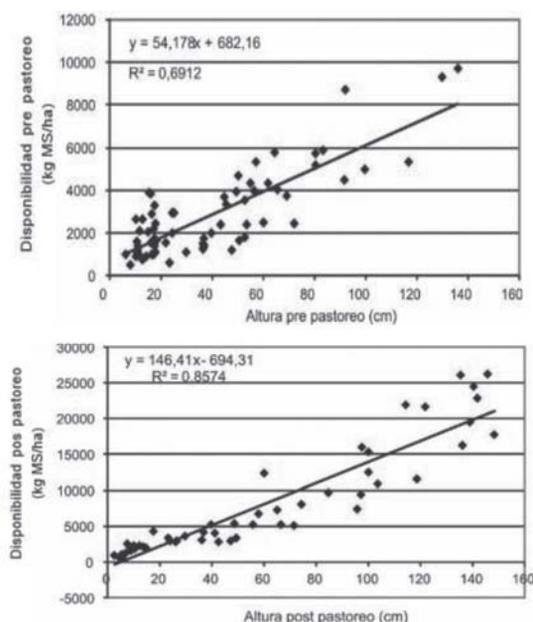


Figura 3. Relación entre altura (cm) y disponibilidad (kg MS/ha) para forraje ofrecido y rechazado de sudangrás (Montossi *et al.* comp. pers., citados por Montossi *et al.*, 2013).

ron valores de 54 y 146 kg MS/ha por cada cm de aumento en el mismo cultivar de sudangrás para pre y post pastoreo respectivamente con exactitudes de 69 % y 86 % (Figura 3). En esta experiencia la pastura fue manejada siempre por debajo de los 45 cm.

Rovira (2002) encontró una asociación simple y positiva entre la altura del cultivo y la disponibilidad de materia seca, con un alto coeficiente de correlación ($r = 0,88$). En este caso, un 77 % de la variación de la disponi-

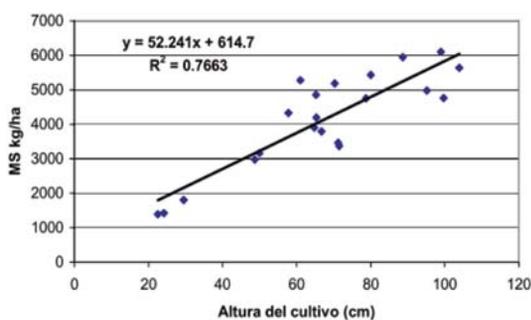


Figura 4. Relación entre altura (cm) y disponibilidad (kg MS/ha) del forraje (Rovira, 2002).

bilidad de materia seca estuvo explicada por la altura del tapiz. La ecuación de predicción encontrada entre disponibilidad y altura de forraje se presenta en la Figura 4.

Gabard y Russi (2005) reportan un coeficiente de regresión de $R^2 = 0,88$ entre altura y disponibilidad de forraje pos pastoreo, donde por cada cm de aumento en la altura del forraje remanente, la materia seca disponible aumentó 63 kg MS/ha en promedio para los tres pastoreos que involucraron este experimento.

Berlangeri (2008) calculó la correlación entre la disponibilidad del forraje y la altura disponible. La Figura 5 presenta los resultados de este cálculo.

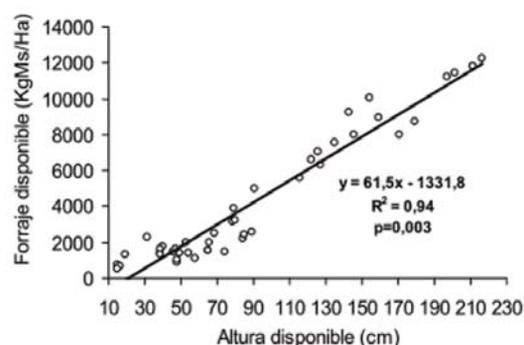


Figura 5. Relación entre disponibilidad de forraje (kg MS/ha) y altura disponible (cm) para todo el periodo (Berlangeri, 2008).

Como se puede apreciar, se encontró una correlación alta y positiva entre disponibilidad y altura, determinando que por cada cm de aumento de altura, aumentó el forraje disponible promedio en 61,4 kg MS/ha.

Rovira y Echeverría (2013) encontraron 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 como para sorgo BMR (en ambos casos, $R^2 = 0,80$). El modelo de regresión lineal entre altura y disponibilidad 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.

4.4.2.2. Productividad de pasturas y animales sobre sorgos

Rovira (2002) realizó una experiencia con novillos de 2 años cruza Hereford x Aberdeen Angus en terminación sobre un verdeo de sudangrás cv. LE Comiray. Los animales comenzaron el ensayo a una dotación de 5,3 animales/ha y con peso inicial de 400 kg PV. En el Cuadro 16 se presentan los resultados medidos en la pastura.

Cuadro 16. Caracterización de la pastura utilizada por novillos en terminación (adaptado de Rovira, 2002).

Parámetros medidos	Disponible	Rechazos
Disponibilidad (kg MS/ha)	4366	2031
Altura (cm)	74	30
Hojas (%)	37	17
Utilización (%)	53,5	

Nota: kg MS/ha = kilos de materia seca por hectárea.

Cuadro 17. Caracterización de la pastura utilizada por novillos en terminación (adaptado de Rovira, 2002).

Parámetro medido	Dato
PV inicial (kg)	400
PV final (kg)	424
Carga total (kg PV/ha)	2197
Carga total (UG/ha)	5,5
Carga instantánea (kg PV/ha)	8788
Carga instantánea (UG/ha)	22
GMD (kg/an/día)	0,451
Producción PV (kg/ha)	128

Nota: PV = peso vivo; 1 UG = 400 kg PV; GMD = ganancia media diaria; kg/an/día = kilos por animal por día.

En el Cuadro 17 se presentan los resultados de producción animal.

La Figura 6 muestra la evolución de las ganancias medias diarias y la relación hoja/tallo entre los distintos ciclos de pastoreo.

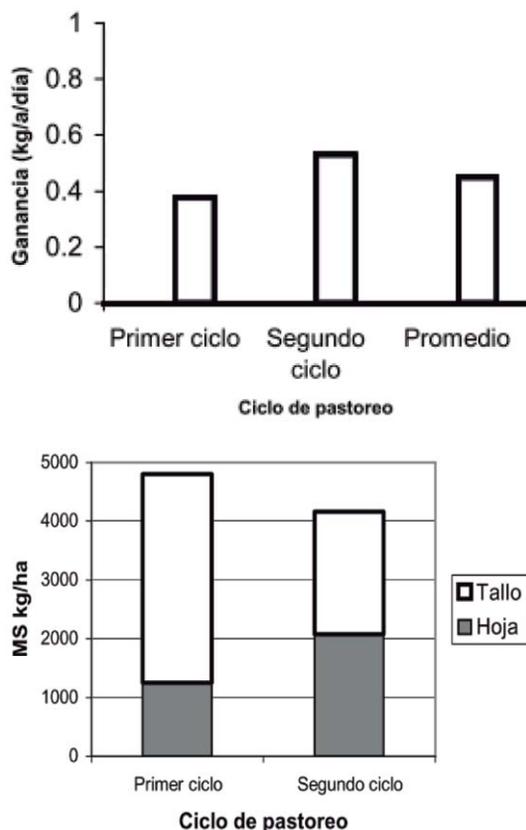


Figura 6. Ganancias medias diarias según ciclo de pastoreo y relación hoja/tallo (adaptado de Rovira, 2002).

La explicación del incremento de las ganancias del primer ciclo hacia el segundo, independientemente del tratamiento, podría estar fundamentada en el aumento de la relación hoja/tallo en el forraje ofrecido, ya que la disponibilidad fue similar en ambos ciclos.

Gabard y Russi (2005) llevaron a cabo un experimento en el que novillos de raza Holando (2-2,5 años de edad) con un PV inicial de 382 kg pastoreaban un verdeo de sudangrás cv. LE Comiray, en el que se evaluaron 4 alturas de forraje remanente (15, 30, 45 y 60 cm de altura). Se realizaron 3 pastoreos en total, entre el 17 de enero y el 28 de marzo. En el Cuadro 18 se resumen algunos resultados de esta experiencia.

Esquivel *et al.* (2006) y Velazco *et al.* (2008) publicaron los resultados de un ensayo de novillos pastoreando sudangrás durante el verano, cuyo objetivo era evaluar el impacto de la sombra en la performance de

Cuadro 18. Efecto de la altura del remanente sobre la pastura y su utilización (adaptado de Gabard y Russi, 2005).

Remanente (cm)	Disponibilidad (kg MS/ha)	Relación hoja/tallo	Utilización (%)
60	8115 ^a	0,35 ^c	44 ^c
45	7011 ^{ab}	0,37 ^{bc}	50 ^c
30	6229 ^{bc}	0,39 ^b	60 ^b
15	5223 ^c	0,43 ^a	72 ^a

Nota: kg MS = kilos de materia seca; Valores de una misma línea evaluado con letras distintas son significativamente distintas (P<0,05).

novillos en engorde. Se presentan solamente los resultados del tratamiento testigo, sin acceso a sombra. El período experimental fue de 68 días en total (fines de enero a mediados de marzo) y se utilizó el cv. INIA Surubí sembrado a mitad de noviembre. Los animales eran novillos cruza Hereford x Aberdeen Angus, con un PV inicial de 278 kg. El primer pastoreo se atrasó determinando un excesivo crecimiento inicial del forraje, afectando el manejo posterior del verdeo. Algunos resultados se presentan en el Cuadro 19.

En cuanto al comportamiento animal, se reportaron 540 minutos diarios en promedio para la actividad de pastoreo.

Berlangeri (2008) realizó un ensayo con novillos de la raza Holando (PV inicial = 330 kg), contrastando dos cultivares de sorgo forrajero, uno de los cuales era sorgo híbrido (*Sorghum sudanense* x *Sorghum bicolor*) (SG) y el otro BMR. El período experimental se extendió desde noviembre a abril, si bien los animales solo pastorearon en total 90 días. Se evaluaron los dos materiales forrajeros y dos remanentes pos pastoreo (con

Cuadro 19. Resultados en la pastura de novillos pastoreando sudanegrás, según ciclo de pastoreo y performance animal (adaptado de Esquivel *et al.*, 2006).

Parámetros medidos	1er ciclo	2do ciclo
Carga animal (animales/ha)	7	
Disponible ofrecido (kg MS/ha)	6084	4309
Altura disponible ofrecido (cm)	165	113
Utilización (%)	36	45
DMO (%)	59,2	59,4
PC (%)	7,8	7,5
FDA (%)	46,6	42,0
GMD (kg/an/día)	0,473	
PV final (kg)	312	
Producción PV (kg/ha)	272	

Nota: kg MS = kilos de materia seca; DMO = digestibilidad de la materia orgánica; PC = proteína cruda; FDA = fibra detergente ácido; GMD = ganancia media diaria; kg/an/día = kilos por animal por día; PV = peso vivo.

Cuadro 20. Efecto del tipo de sorgo forrajero y el manejo del remanente de forraje con novillos Holando (adaptado de Berlangeri, 2008).

Parámetros medidos	BMR-R	BMR-SR	SG-R	SG-SR
Carga instantánea promedio (UG/ha)*	20,0	17,7	20,0	19,0
AF (%)	7,3	5,9	6,9	6,5
Disponible ofrecido (1 ^{er} pastoreo) (kg MS/ha)	11.152	9.918	9.939	10.727
Disponible ofrecido (2 ^{do} y 3 ^{er} pastoreo) (kg MS/ha)	2378 ^a	1118 ^b	2157 ^{ab}	1276 ^{ab}
Altura disponible ofrecido promedio (cm)	91	76	92	83
Altura disponible rechazo promedio (cm)	36 ^b	14 ^a	37 ^b	14 ^a
GMD (kg/an/día)	0,930	0,760	0,850	0,740
Producción PV (kg/ha)	370	359	400	288

Nota: * 1 UG= 400 kg PV; PV = peso vivo; GMD = ganancia media diaria; g/an/día = gramos por animal por día; AF = asignación diaria de forraje; Valores de una misma línea evaluado con letras distintas son significativamente distintas ($P < 0,05$).

rotativa: R y sin rotativa: SR). Se presentan algunos resultados de esta experiencia en el Cuadro 20.

Los porcentajes de utilización del forraje no difirieron entre tratamientos ($P < 0,05$), promediando 52,5 % (máximo = 58 % y mínimo = 48 %). No se encontró ninguna relación entre la altura del forraje disponible y el porcentaje de utilización del forraje ofrecido. En cuanto a la calidad del forraje ofrecido, el porcentaje de PC de los SG oscilaron entre 12,7 y 16,7 %, mientras que para el BMR los contenidos se situaron entre 12,6 y 13,0 %.

Al comparar la producción de PV/ha en todo el período, se encontró diferencia estadísticamente significativa ($P < 0,05$) entre los cultivares de sorgo (BMR = 365 kg PV/ha; SG = 344 kg PV/ha).

Vaz Martins *et al.* (2003 y 2001) y Vaz Martins (2000) llevaron adelante una experiencia con novillos Hereford pastoreando tres tipos de sorgos: sudangrás cv. LE Comiray y dos híbridos *Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense* (Sg H1 y Sg H2). El objetivo era evaluar dos alturas contrastantes de ingreso a los verdeos: 60 cm y 100 cm. La altura del remanente en todos los casos fue en promedio 15 cm. En el Cuadro 21 se resume la información relacionada a la pastura.

Los días de pastoreo fueron mayores en aquellos materiales de manejo a 60 cm de

altura y, como consecuencia, el número de pastoreos también fue mayor que en el caso del manejo a 100 cm de altura. En cuanto a los resultados de performance animal, el Cuadro 22 presenta alguno de los resultados de este ensayo.

No se encontraron diferencias ($P < 0,05$) de ganancia de peso vivo entre tipos de sorgo ni para la interacción de manejos por tipo de sorgos, pero sí entre manejos. No se observó ningún síntoma de toxicidad por ácido cianhídrico a lo largo del período experimental.

En este caso, el sudangrás fue el tipo de sorgo más apropiado para pastoreo por capacidad de carga, calidad de forraje y días de pastoreo, que determinó mayores ganancias de peso vivo por animal y por unidad de superficie.

Rovira y Echeverría (2013) realizaron un ensayo con novillos para contrastar dos bases forrajeras: sudangrás (*Sorghum sudanense* cv. LE Comiray) y sorgo forrajero (*Sorghum vulgare* cv. AGT 21, tipo BMR). Los novillos eran de 1,5 años de edad cruza Hereford x Aberdeen Angus (PV inicial = 304 kg). El Cuadro 23 presenta las características del forraje disponible de los verdeos, según ciclo de pastoreo.

En cuanto al forraje remanente, no se registraron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos en la altura y disponibilidad de forraje durante los tres ciclos de pastoreo.

Cuadro 21. Caracterización de distintos tipos de sorgo (sudán y sorgos híbridos) como base forrajera para novillos en crecimiento (adaptado de Vaz Martins *et al.*, 2003).

Parámetros medidos	60 cm			100 cm		
	Sudán	Sg H1	Sg H2	Sudán	Sg H1	Sg H2
Forraje ofrecido						
Disponible (kg MS/ha)	1489	1331	1549	2035	2401	3339
Altura (cm)	50	–	56	74	96	74
Relación hoja/tallo	0,84	0,74	0,96	0,70	0,55	0,64
Utilización (%)	49	53	45	42	51	46
Forraje remanente						
Disponible (kg MS/ha)	834	737	1043	1238	1111	1694
Relación hoja/tallo	0,19	0,16	0,20	0,10	0,09	0,15
Nº pastoreos	5	4	3	3	3	2
Días pastoreo	118	107	107	101	92	79

Nota: kg MS/ha = kilos de materia seca por hectárea.

Cuadro 22. Desempeño de novillos en crecimiento pastoreando distintos tipos de sorgo (sudán y sorgos híbridos) (adaptado de Vaz Martins *et al.*, 2003).

Parámetros medidos	60 cm			100 cm		
	Sudán	Sg H1	Sg H2	Sudán	Sg H1	Sg H2
Carga animal (UG/ha)	3,4	3,0	3,5	2,4	2,2	3,0
PV inicial (kg)	190	194	191	190	192	192
PV final (kg)	290 ^a	270 ^a	277 ^a	263 ^b	266 ^b	255 ^b
GMD (kg/an/día)	0,888	0,849	0,980	0,718	0,788	0,803
GMD (kg/an/día)		0,906 ^a			0,769 ^b	
Producción PV/ha (kg/ha)	570	395	507	314	321	367

Nota: UG/ha = unidad ganadera por hectárea; PV = peso vivo; GMD = ganancia media diaria; kg/an/día = kilo por animal por día; Valores de una misma línea evaluado con letras distintas son significativamente distintas (P < 0,05).

En el Cuadro 24 se presenta el desempeño productivo de los novillos.

Como se puede observar, a pesar que no existieron diferencias significativas (P<0,05) en el PV final de los animales, se lograron ganancias mayores (P<0,05) con el sorgo forrajero BMR que con el sudangrás.

Desde el punto de vista nutricional, el principal parámetro responsable del descenso en

el desempeño productivo de los animales fue el contenido de proteína cruda, la cual disminuyó al avanzar el ciclo de producción. La oferta total de proteína cruda se consideró limitante para un adecuado crecimiento de los animales al tercer ciclo de pastoreo (12,9 % en hoja y 3,5 % en tallo, siendo que la fracción tallo representó más del 70 % del forraje).

Cuadro 23. Caracterización de dos verdeos de verano (sudan y sorgo SG-BMR) como base forrajera para novillos en fase de terminación (adaptado de Rovira y Echeverría, 2013).

Pastoreo	Parámetros medidos	Sudan	SG BMR
Primero	Disponible ofrecido (kg MS/ha)	5973	6845
	Altura (cm)	101	98
	Hojas (%)	50	49
Segundo	Disponible ofrecido (kg MS/ha)	7451	9550
	Altura (cm)	95	93
	Hojas (%)	25	26
Tercero	Disponible ofrecido (kg MS/ha)	5712	6935
	Altura (cm)	84	85
	Hojas (%)	24	21

Nota: kg MS/ha = kilos de materia seca por hectárea.

Cuadro 24. Desempeño de novillos pastoreando sudangrás o sorgo (adaptado de Rovira y Echeverría, 2013).

Parámetros medidos	Sudan	SG BMR	
PV inicial (kg)	320	320	
PV final (kg)	378	388	
GMD (kg/an/día)	0 - 21 días	0,796 ^b	1082 ^a
	21 - 42 días	1,034	1,091
	42 - 73 días	0,669	0,708
	0 - 73 días	0,823 ^b	0,945 ^a

Nota: PV = peso vivo; GMD = ganancia media diaria; kg/an/día = kilo por animal por día; Valores de una misma línea evaluado con letras distintas son significativamente distintas (P < 0,05).

5. BIBLIOGRAFÍA

- BERLANGERI, S.** 2008. Efecto del manejo y el material genético en la productividad de sorgo forrajero bajo pastoreo. Tesis Ingeniero Agronomo. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 189 p.
- BERTI, R.** 2011. Efecto de la suplementación azufrada sobre la ganancia diaria de bovinos pastoreando sorgos forrajeros híbridos. [En línea]. Buenos Aires: INTA. Consultado: 27 abr. 2015. Disponible en: <http://inta.gob.ar/documentos/efecto-de-la-suplementacion-azufrada-sobre-la-ganancia-diarria-de-bovinos-pastoreando-sorgos-forrajeros-hibridos/>
- BIANCO, A.; ASTIGARRAGA, L.; MELLO, R.; BATTEGAZZORE, G.; MONTEDÓNICO, D.** 2003. Estudio de las características de híbridos de sorgo de bajo contenido en lignina (BMR) y la respuesta en leche en pastoreo directo o conservado como ensilaje. [En línea]. Montevideo: Facultad de Agronomía. Consultado 27 abr. 2015. Disponible en: <http://www.biscayart.com/images/infotecnica/sorgobmryrepuestaenleche.pdf>
- CARÁMBULA, M.** 1964. Efectos de diferentes intensidades y frecuencias de corte en sudangrás (*Sorghum sudanense*). Montevideo: Facultad de Agronomía. 11 p. (Boletín; 7).

- CARÁMBULA, M.** 2007. Verdeos de verano. Montevideo: Hemisferio Sur. 226 p.
- CASLER, M.; PEDERSEN, J.; UNDERSANDER, D.** 2003. Forage yield and economic losses associated with the Brown-Midrib trait in sudangrass. *Crop Science*, 43: 782-789.
- CONTRERAS-GOVEA, F.; MARSALIS, M.; LAURIAULT, L.; BEAN, B.** 2010. Forage Sorghum Nutritive Value: A Review. *Forage and Grazinglands*, 8(1).
- COSER, A.; MARASCHIN, G.** 1983. Desempenho animal em pastagens de capim-gordura e braquiária. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 18 (4): 21-426.
- DEVICENZI, T.** 2011. Características da carcaca e da carne de novillos Aberdeen Angus terminados em diferentes pastagens. MSc Thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 110 p.
- DE RUITER, J.; DALLEY, D.; HUGHES, T.; FRASER, T.; DEWHURST, R.** 2007. Types of supplements: their nutritive value and use. En: Rattray, P.V.; Brookes, I.M.; Nicol, A.M. (eds.). *Pasture and supplements for grazing animals*. Hamilton, New Zealand: New Zealand Society of Animal Production. p. 97-115. (Occasional Publication; 14).
- ESQUIVEL, J.; VELAZCO, J.; ROVIRA, P.** 2006. Efecto del acceso a sombra artificial en la ganancia de peso, estrés y conducta de novillos pastoreando sudangrás durante el verano. En: *Jornada Anual Unidad Experimental Palo a Pique*. INIA Treinta y Tres. Montevideo: INIA. p 22-36. (Serie Actividades de Difusión; 511).
- FASSIO, A.; CAZZOLINO, D.; IBAÑEZ, V.; FERNÁNDEZ, E.** 2002. Sorgo: destino forrajero, INIA La Estanzuela. Montevideo: INIA. 30 p. (Serie Técnica; 127).
- FERNÁNDEZ MAYER, A.; CORIA, M.; CHIATELLINO, D.** 2009. Engorde pastoril con sorgos nervadura marrón (Brown Middle Rib - BMR) [En línea]. Consultado: abr. 2015. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_pastoril_o_a_campo35_nervadura_marron.pdf
- FERNÁNDEZ MAYER, A.; STUART, R.; CHONGO, B.; MARTIN, P.** 2011. Ceba pastoril con sorgos nervadura marrón o BMR (Brown Middle Rib) como forraje fresco. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 45(3): 251-256.
- FIELD, T.** 2007. Beef production and management decisions. Colorado: Colorado State University. 718 p.
- GABARD, L.; RUSSI, I.** 2005. Efecto de la intensidad de pastoreo en producción y dinámica poblacional de *Sorghum sudanense* var. Comiray. Tesis Ingeniero Agrónomo. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 100 p.
- GALLARINO, H.** 2008. Manejo de sorgos forrajeros, su aprovechamiento. *Marca Líquida Agropecuaria*, 18(180): 52-54.
- GEISS, J. R.; WATSON, A.; KLOPFENSTEIN, T.; ERICKSON, G.; BENTON, J.** 2010. Forage Quality and Grazing Performance of Beef Cattle Grazing Brown Midrib Grain Sorghum Residue. *Nebraska Beef Cattle Reports*. [En línea]. Consultado: abr. 2015. Disponible en: <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1559&context=animalscincbr>
- GIORELLO, D.; JAURENA, M.; BOGGIANO, P.; PEREZ GOMAR, E.** 2012. Respuesta al riego suplementario en pasturas y forrajes. En: *Seminario internacional, riego en cultivos y pasturas*, 2., Salto, Uruguay. Montevideo: INIA. p. 45 - 54.
- LAGOMARSINO, X.; MONTOSI, F.** 2014. Engorde estival de novillos en pastoreo sobre sorgos forrajeros con suplementación proteica. *Revista INIA*, 39: 17-22.
- LAGOMARSINO, X.; LUZARDO, S.; MONTOSI, F.** 2014. ¿Cómo producir terneros con más de 300 kg con edades menores a los 15 meses en sistemas ganaderos de Basalto? En: *Estrategias de intensificación ganadera*, INIA Treinta y Tres. Montevideo: INIA. p. 33-38. (Serie Actividades Difusión; 734).
- MC CUISTON, K.; MC COLLUM, F.; GREENE, L.; MAC DONALD, J.; BEANT, B.** 2011. Performance of stocker cattle grazing two sorghum-sudangrass hybrids under various stocking rates. *The Professional Animal Scientist*, 27: 92-100.
- MC CUISTON, K.; MC COLLUM, F.; GREENE, L.; MAC DONALD, J.; BEAN, B.; VAN METER, R.** 2007. Performance of stocker cattle grazing two sorghum-sudagrass hybrids under various stocking rates. *Beef Cattle Research in Texas* [En línea]. Consulta-

do: abr. 2015. Disponible en <http://coals.tamu.edu>

- MC CUISTION, K.; MC COLLUM, T.; GREENE, W.; 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. Amarillo: Texas Agricultural Research and Extension Centre. p. 14-16.
- MC DONALD, P.; EDWARDS, R.; GREENHALGH, J.; MORGAN, C.; SINCLAIR, L.; WILKINSON, R.** 2011. Animal nutrition. London: Prentice Hall. 692 p.
- MIERES, J.M.** 2004. Guía para la alimentación de rumiantes, INIA La Estanzuela. Montevideo: INIA. 81 p. (Serie Técnica; 142).
- MONTOSI, F.; DE BARBIERI, I.; DIGHIRO, A.** 2013. El uso de la altura del forraje: una herramienta disponible para el manejo eficiente de sistemas pastoriles orientados a la producción ovina. En: Montossi, F.; De Barbieri, I. (eds). Tecnologías de engorde de corderos pesados sobre pasturas cultivadas en Uruguay. Montevideo. INIA. p. 159-182. (Serie Técnica; 206).
- NEUMANN, M.; RESTLE, J.; FILHO, D.; MACCARI, M.; PELLEGRINI, L.; SOUZA, A.; PEIXOTO, L.** 2005. Qualidade de forragem e desempenho animal em pastagem de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) fertilizada com dois tipos de adubo, sob pastejo continuo. Revista Brasileira Agrociencia, 11(2): 221-226.
- N. R. C.** (National Research Council). 1996. Nutrient requirements of beef cattle. Washington, D. C.: National Academy Press.
- PERUCHENA, C.** 1999. Suplementación de bovinos para carne sobre pasturas tropicales: aspectos nutricionales, productivos y económicos. [En línea]. Consultado: abr. 2015. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_pastoril_o_a_campo/43-sorgos_bmr.pdf
- PERUCHENA, C.** 2003. Suplementación de bovinos en sistemas pastoriles. Proyecto Ganadero Corrientes. [En línea]. Consultado: abr. 2015. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/107-en_sistemas_pastoriles.pdf
- PITTALUGA, P.; BRITO, G.; SOARES DE LIMA, J.; DEL CAMPO, M.; ZAMIT, W.; DA CUNHA, K.; PIÑEIRO, A.; LAGOMARSINO, X.; OLIVERA, J.; TRINDADE, G.; ARRIETA, G.; MOREIRA, R.** 2005. Efecto de diferentes dietas sobre el crecimiento carnívoros y la calidad de carne. En: Día de campo Producción animal, pasturas y forestal; Unidad Experimental Glencoe, INIA Tacuarembó. Montevideo: INIA. p. 43-50. (Serie Actividades Difusión; 431).
- PORDOMINGO, A.** 2003. Suplementación con granos a bovinos en pastoreo. [En línea]. Consultado: abr. 2015. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/67-suplementacion_con_granos_en_pastoreo.pdf
- PUSINERI, J.; OCAMPOS, D.** 2013. Desempeño productivo de novillos cebuinos *Bos indicus* e híbridos *Bos taurus x Bos indicus* mantenidos bajo pasatoreo rotativo de sorgo forrajero *Sorghum bicolor* L. Mench. Investigación Agraria, 6 (2): 29-33.
- RESTLE, J.; ROSO, C.; AITA, V.; NÖRNBERG, J.; BRONDANI, I.; CERDÓTES, L.; DE OLIVEIRA CARRILHO, C.** 2002. Produção animal em pastagem com gramíneas de estação quente. Revista Brasileira de Zootecnia, 31(3): 1491-1500.
- RIBAS, M.; MACHADO, F.** 2009. Produção de forragem utilizando híbridos de sorgo com capim Sudão (*S. bicolor x S. sudanense*). [En línea]. Consultado: abr. 2015. Disponible en: http://abms.org.br/cn_milho/palestras/011.pdf
- ROVIRA, P.** 2002. Efecto de la sombra artificial en el engorde de novillos durante los meses de verano. En: Jornada anual de producción animal. Resultados experimentales, INIA Treinta y Tres. Montevideo: INIA. p. 79-95. (Serie Actividades de Difusión ; 294).
- ROVIRA, P.; ECHEVERRÍA, J.** 2013. Desempeño productivo de novillos pastoreando sudangras o sorgo forrajero nervadura marrón (BMR) durante el verano. Revista Veterinaria, 24 (2): 91-96.
- SCHWARZ, A.; GODSEY, C.; LUEBBE, M.; ERICKSON, G.; KLOPFENSTEIN, T.** 2008. Forage Quality and Grazing Performan-

ce of Beef Cattle Grazing Brown Mid-rib Grain Sorghum Residue. [En línea]. Consultado: abr. 2015. Disponible en: <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1012&context=animalscinbcr&sei-redir=1&referrer=http://scholar.google.es/scholar?hl=es&q=Forage+quality+and+grazing+performance+of+beef+cattle+grazing+brown+midrib+grain+sorghum+residue.+>(en+hl?

SILUNGWE, D. 2011. Evaluation of forage yield and quality of sorghum, sudangrass and pearl millet cultivars in Manawatu. MSc. Thesis, Massey (NZ), Massey University. 140 p.

VASCONCELOS, J.; GREENE, L.; MC COLLUM, F.; BEAN, B.; VAN METER, R. 2003. Performance of crossbred steers grazing photoperiod sensitive and non photoperiod sensitive sorghum sudangrass hybrids. *Journal of Animal Science*, 81 (Supplement 2): 1-2.

VAZ MARTINS, D. 2000. Pastoreo de sorgo para engorde de ganado: otra alternativa para el verano. *Revista Plan Agropecuario*, (94): 31-36.

VAZ MARTINS, D.; SEIGAL, E.; PITTALUGA, O. 2001. Producción de carne con tres tipos de sorgo bajo dos sistemas de manejo. *Revista Argentina de Producción Animal*, 21 (1): 72-73.

VAZ MARTINS, D.; SEIGAL, E.; PITTALUGA, O. 2003. Producción de carne con sudangrass dulce, híbrido de sudangrass por sorgo granífero y sorgo doble propósito. En: Vaz Martins, D. (ed.), *Avances sobre engorde de novillos en forma intensiva*. INIA La Estanzuela. Montevideo: INIA. p. 19-22. (Serie Técnica; 135).

VELAZCO, J.; ROVIRA, P.; ESQUIVEL, J. 2008. Efecto del acceso a sombra artificial en la ganancia de peso de novillos pastoreando sudangrás durante el verano (Uruguay). *Revista Argentina de Producción Animal*, 28 (1): 237-302.