

# Uso de subproductos de planta de algodón como fuente de fibra en dietas de engorde a corral

ARROQUY, J.I.<sup>1,2,3</sup>; LOPEZ-FERNANDEZ, C.J.<sup>2</sup>; LOPEZ, A.<sup>3</sup>

## RESUMEN

Los residuos de cosecha del cultivo de algodón disponibles en el norte argentino son una fuente alternativa de fibra larga (FL) para el reemplazo de forraje voluminoso de mayor costo (ej., heno de alfalfa o ensilajes de gramíneas) en dietas de alta concentración energética. El objetivo de este experimento fue evaluar el efecto de la sustitución de una fuente de FL, heno de alfalfa, por subproducto de planta de algodón (SPA) sobre el aumento medio diario (AMD), el consumo diario de materia seca (CMS) y la conversión (CMS/AMD) en dietas de engorde a corral. Se utilizaron 104 animales (Cruza Braford;  $220 \pm 4$  kg PV) asignados al azar a 12 corrales (8 o 9 animales/corral) durante 68 días. El experimento se dividió en dos etapas de evaluación: adaptación (días 0 a 19), y terminación (días 20 a 68). Los tratamientos (4) consistieron en el reemplazo de heno de alfalfa (12,9% PB, 65,5% FDN) por SPA (7,2% PB, 71,4% FDN): 100% Alfalfa (SPA<sub>0</sub>), 66% Alfalfa: 33% SPA (SPA<sub>33</sub>); 33% Alfalfa: 66% SPA (SPA<sub>67</sub>); y 100% SPA (SPA<sub>100</sub>). El peso promedio inicial (día 0; P = 0,92), al final de la adaptación (día 19; P = 0,26) y final (día 68; P = 0,37) no difirió significativamente entre tratamientos. El AMD (P > 0,43), CMS (P >= 0,23) y CMS/AMD (P = > 0,50) no fueron afectados por los tratamientos en ninguna de las etapas evaluadas. Los resultados obtenidos en este experimento demuestran que el reemplazo total o parcial de heno de alfalfa de mediana calidad por SPA en dietas altas en concentrados (>89%) no afecta negativamente la ganancia de peso ni la conversión de la ración.

**Palabras clave:** engorde corral, fibra larga, subproducto algodón, concentrado, conversión, bovinos para carne.

## ABSTRACT

Cotton fibre co-products available in northern Argentina are a source of effective fiber to replace high cost roughage (e.i., alfalfa hay or silage or grasses) in finishing diets. This experiment was conducted to evaluate the effect of replacing roughage sources (alfalfa hay) by cotton plant byproduct (SPA) on average daily gain (ADG), dry matter intake (DMI) and feed efficiency (DMI/ADG) in feedlot diets. One hundred and four ( $220 \pm 4$  kg PV) were assigned to 12 pens (8 or 9 head/per pens) for 68 days on feed. The experiment was divided in two feeding periods: adaptation (days 0 to 19) and finishing (days 20 to 68). Treatments consisted of replacing the roughage portion of the diet (alfalfa hay; 12.9% CP, 65.5% NDF) by SPA (7.2% CP, 71.4% NDF): 100% alfalfa (SPA<sub>0</sub>); 66% alfalfa: 33% SPA (SPA<sub>33</sub>); 33% alfalfa: 66% SPA (SPA<sub>67</sub>); and 100% SPA (SPA<sub>100</sub>). Initial (day 0; P = 0.92), adaptation (day 19; P = 0.26) and final (day 68; P = 0.37) average live weight did not significantly differ among treatments. Moreover, ADG (P > 0.43), DMI (P > 0.23) and DMI/ADG (P > 0.50) were not affected by treatments for both feeding periods. Results show that total or partial replacement of alfalfa roughage by SPA in high concentrate diets (>89%) do not adversely affect live weight gain and feed efficiency.

**Keywords:** feedlot, effective fiber, cotton byproduct, concentrate, feed efficiency, beef cattle.

<sup>1</sup>CITSE-CONICET, Ruta 9 Km 1125, Villa El Zanjón, Santiago del Estero, Argentina. Correo electrónico: arroquy.jose@inta.gov.ar

<sup>2</sup>Facultad de Agronomía y Agroindustrias – UNSE, Belgrano (s) 1912, 4200 Santiago del Estero, Argentina.

<sup>3</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Santiago del Estero, Jujuy 850, 4200 Santiago del Estero, Argentina.

## Introducción

En general, los corrales de engorde utilizan dietas de terminación ricas en granos para maximizar la conversión y la productividad animal. Sin embargo, varios estudios (Shain *et al.*, 1999; Galyean y Defoor, 2003; Pritchard *et al.*, 2003) sugieren la necesidad de incluir niveles mínimos de forraje voluminoso o “fibra larga” (FL) en raciones con alto contenido de granos para prevenir problemas de acidosis ruminal y estimular el consumo de energía. Kreikemeier *et al.* (1990) y Shain *et al.* (1999) reportaron incrementos del consumo de materia seca (MS) del 5 a 10% ante la inclusión en la dieta de FL entre 10 y 15% en comparación con aquellas totalmente concentradas. Sin embargo, un consumo de proporciones excesivas de FL en raciones de terminación disminuye la densidad de la energía, el consumo, y la productividad animal (Mertens, 1997). Galyean y Gleghorn (2001) y Galyean y Defoor (2003) sugieren que los requerimientos de FL para maximizar la productividad animal oscilan entre el 3 y 15% de la dieta (base seca).

La efectividad de los forrajes voluminosos, fuentes de FL, para estabilizar el pH ruminal y estimular el consumo de energía, depende sus las características físicas y químicas, la concentración de fibra detergente neutro (FDN), la densidad volumétrica, y la capacidad tampón del material (Defoor *et al.*, 2002). El principal factor asociado con la efectividad del forraje voluminoso para dietas concentradas es el contenido de FDN y el tamaño de partículas.

Swingle (1986) reportó que el reemplazo de heno de alfalfa por paja de trigo en dietas para novillos en crecimiento (65 y 80% de concentrado) y terminación (90% de concentrado) no afectó la respuesta productiva. Los autores especularon que la paja de trigo podría haber afectado la cinética de fermentación y la tasa de pasaje de otros componentes de la dieta en el rumen, cambiando el sitio y extensión de digestión. En un ensayo posterior, Moore *et al.* (1990) demostraron que la sustitución de heno de alfalfa por paja de trigo o cascarilla de algodón, usados como forrajes en dietas mixtas, afectó en forma diferencial la tasa de pasaje y de digestión del grano de sorgo. La paja de trigo estimuló la rumia y la digestibilidad de la fibra de la alfalfa y del sorgo, no siendo afectadas por la cascarilla de algodón. Theurer *et al.* (1999) compararon el heno de alfalfa, cascarilla de algodón, y paja de trigo como fuentes de forraje voluminoso en dietas de terminación. Los autores concluyeron que las fuentes de forraje de baja calidad – cascarilla de algodón y paja de trigo – ejercen mayor efecto

“fibra” que los forrajes de mayor calidad (alfalfa) atribuido a diferencias en el contenido de FDN. Resultados similares fueron reportados por Defoor *et al.* (2002) en un estudio realizado con vaquillonas en terminación utilizando cascarilla de algodón (2,5, 5,9, y 12,5% de MS) y un control con 12,5% de heno de alfalfa. Otro aspecto que influye sobre la efectividad de los forrajes voluminosos es la densidad volumétrica (g/L), a menor densidad volumétrica mayor es la efectividad de la fuente de forraje. Por ejemplo, el silo de sorgo sudanense (base MS) tiene aproximadamente el doble de la densidad del heno de alfalfa. La cascarilla de algodón tiene una densidad volumétrica similar al heno de alfalfa (140 g/L y 142 g/L respectivamente). Estos resultados indican que la FL, como la cascarilla de algodón, debe ser incluida en las raciones altamente energéticas en menores concentraciones en relación con las dietas que poseen como fracción fibrosa una fuente de fibra de alta calidad.

El cultivo de algodón genera una elevada cantidad de subproductos potencialmente utilizables en la alimentación de rumiantes, que se ha incrementado recientemente por uso de la práctica de siembra en surcos estrechos (24% vs. 39% por tonelada de algodón bruto para siembra convencional y surco estrecho, respectivamente). El subproducto de planta de algodón (SPA) es el que mayor incremento experimenta mediante este cambio en el sistema de siembra. El SPA consiste de hojas, brácteas, carpelos, tallos, linter, semillas, y arena o suelo. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la sustitución de heno de alfalfa por SPA sobre el consumo, la ganancia de peso y la conversión en bovinos alimentados con dietas concentradas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción del estudio

El trabajo se realizó en el Campo Experimental “La María” (INTA EEA Santiago del Estero, Argentina). Para este estudio se utilizaron 52 novillos y 52 vaquillonas (cruza Braford) distribuidos en 12 corrales balanceados por sexo (ej., 50% machos: 50% hembras dentro de cada corral) y agrupados en tres grupos de peso inicial similar (4 corrales por grupo): alto = 242,8 ± 4,1 kg PV, medio = 229,5 ± 2,4 kg PV, y bajo = 187,6 ± 1,4 kg PV (± desvío estándar). La duración total del ensayo fue de 68 días, dividido en dos fases de evaluación: fase de adaptación (día 0 a 19) y fase de terminación (día 20 a 68). Antes de comenzar con el ensayo los animales fueron tratados con antiparasitarios y

	MS	PB <sup>1</sup>	FDN <sup>2</sup>	FDA <sup>3</sup>
Semilla de algodón	895	247	520	289
Subproducto de planta de algodón	868	72	714	530
Maíz partido	867	100	135	37
Heno de alfalfa	871	129	655	395
Urea	990	2810	-	-

**Tabla 1.** Composición química de los ingredientes de la dieta (g/kg materia seca, MS).

<sup>1</sup>Proteína bruta. <sup>2</sup>Fibra detergente neutro. <sup>3</sup>Fibra detergente ácido.

vitaminas A, D, E (Ivermectina 3,15%; Vetanco S.A., Vicente López, Buenos Aires). También se inyectó un complejo mineral (Yodacalcico B12-D; Chinfield S.A.).

Los tratamientos se generaron mediante el reemplazo de heno de alfalfa de mediana calidad como fuente de fibra larga por subproducto de planta de algodón (SPA): 10,44% Alfalfa (SPA<sub>0</sub>), 6,93% Alfalfa: 3,41% SPA (SPA<sub>33</sub>); 3,41% Alfalfa: 6,93% SPA (SPA<sub>67</sub>); y 10,35% SPA (SPA<sub>100</sub>). La composición química de los ingredientes utilizados en las cuatro raciones se presenta en la tabla 1.

Las dietas se formularon para ser isoenergéticas, isoproteicas y de similares contenidos de fracción fibrosa de acuerdo a los requerimientos nutricionales establecidos por el NRC (1996) de bovinos para carne (tabla 2).

Las raciones fueron suministradas dos veces por día a las 9:00 y 14:00 h. El SPA se suministró sin procesamiento alguno, mientras que el heno de alfalfa fue molido utilizando un molino a martillos (diámetro de zaranda de 5 cm).

Los animales se sometieron a un período de adaptación a la dieta de 19 días. Desde el inicio del período de adapta-

ción se comenzó suministrando las raciones concentradas (c.a., 10% fibra larga), pero con oferta controlada. La oferta diaria se fue incrementando gradualmente hasta el día 19, y ajustándose mediante lectura de comedero hasta el final del ensayo (día 68). Los rechazos de la ración se cuantificaron mediante el uso de la lectura diaria de comedero, ajustado con una pesada semanal del remanente. Una porción semanal de los rechazos (por corral) fue secada en estufa de aire forzado a 55 °C. Con los rechazos colectados semanalmente, se realizó una muestra compuesta para el posterior análisis químico en laboratorio. El consumo diario de materia seca (CMS) y nutrientes se cuantificó mediante la diferencia entre la oferta diaria y los rechazos, ambos corregidos sobre el contenido de MS y nutrientes.

El peso vivo inicial y final se registró luego de 24 h de ayuno previo a la pesada, con excepción de la fase de adaptación (día 19) que se determinó el peso vivo de los animales sin ayuno previo, al cual se le aplicó un factor de corrección por desbaste del 4%. El aumento medio diario de peso vivo (AMD) se estimó con las diferencias de peso para cada período evaluado.

	Fuente de fibra larga en la dieta <sup>1</sup>			
	SPA <sub>0</sub>	SPA <sub>33</sub>	SPA <sub>67</sub>	SPA
<b>Ingredientes, g/ kg MS</b>				
Maíz partido	860,6	861,1	860,7	860,0
Semilla de algodón	17,2	17,2	17,2	17,2
Urea	6,5	7,0	7,5	8,1
Fuente de calcio <sup>2</sup>	7,5	7,5	7,5	7,5
Cloruro de sodio	1,9	1,9	1,9	1,9
Núcleo vitamínico-mineral <sup>3</sup>	1,9	1,9	1,9	1,9
Heno de Alfalfa	104,4	69,3	34,1	-
Subproductos de la planta de algodón	-	34,1	69,3	103,5
<b>Composición química de las raciones</b>				
Materia seca, g/kg MS	870	870	870	870
Proteína bruta, g/kg MS	122	121	121	120
Fibra detergente neutro, g/kg MS	193	195	197	199
FDN aportada por el voluminoso, g/kg MS	68	70	72	74
Fibra detergente ácido, g/kg MS	78	83	87	92
EM (Energía metabolizable) <sup>4</sup> , Mcal/kg MS	32	32	32	32
ENg <sup>5</sup> , Mcal/kg MS	15	15	15	15

**Tabla 2.** Proporción de ingredientes y composición química de las dietas.

<sup>1</sup>Fuente de fibra larga (SPA = subproducto de planta de algodón), % en la dieta: SPA<sub>0</sub> = 10,44% Alfalfa, SPA<sub>33</sub> = 6,93% Alfalfa: 3,41% SPA; SPA<sub>67</sub> = 3,41% Alfalfa: 6,93% SPA; y SPA<sub>100</sub> = 10,35% MS SPA.

<sup>2</sup>Cal hidratada (Hidróxido de calcio).

<sup>3</sup>Núcleo vitamínico-mineral (composición: sulfato de cobre 2,20%, iodato de calcio 0,06%, carbonato de cobalto 0,021%; óxido de manganeso 10%, sulfato de zinc 10,8%, selenito de sodio 0,021%, sulfato ferroso 5,82%, carbonato de calcio 4%, monensina 10%).

<sup>4</sup>Estimada mediante la ecuación de Menke y Steingass (1988); EM (Mcal/kg MS = 3,5 - 0,035 x %FDA).

<sup>5</sup>ENg = energía neta para ganancia de peso vivo estimada según NRC (1996).

Con los registros de consumo corregidos por materia seca (CMS) y de aumento de peso vivo se calculó la conversión (CMS/AMD) sobre el CMS (kg) dividido por el AMD.

### Análisis de laboratorio

Se determinó la composición química de cada ingrediente de la dieta ofrecida a través de procedimientos estandarizados utilizados en laboratorios de forrajes. Las muestras de alimento ofrecido y rechazado fueron secadas en estufa con ventilación forzada (55 °C) para la determinación de MS. Luego fueron molidas a 1 mm (molino número 4 Wiley, Thomas Scientific, Swedesboro, N.J.), y posteriormente secadas por 24 h a 105° para el cálculo del porcentaje de MS final. Para la determinación de proteína bruta (N total) se utilizó el procedimiento de Kjeldahl descrito por la AOAC (1980). El contenido de fibras (fibra detergente neutro, FDN; fibra detergente ácido, FDA) de los componentes de la dieta y de las muestras compuestas de remanentes por corral se determinaron con el analizador de fibra 220-ANKOM (ANKOM Technology, Fairport, N.Y.) usando el procedimiento reportado por Komarek (1993).

El contenido de energía metabolizable (EM, Mcal/kg MS) para cada ración fue estimado mediante la ecuación ajustada a mezclas de dietas altas en concentrados de Menke y Steingass (1988);  $EM [Mcal/kg MS] = 3,5 - 0,035 \times \%FDA$ . A su vez, la energía neta para ganancia de peso (ENg, Mcal/Kg MS) se determinó a partir de la EM utilizan-

do la ecuación sugerida por NRC de bovinos para carne (1996):

$$ENg (Mcal/kg) = 1,42 EM - 0,174 EM^2 + 0,0122 EM^3 - 1,65$$

### Análisis estadístico

El diseño experimental fue en bloques (3), y la unidad experimental fue el corral. El consumo, el peso vivo, el aumento medio diario, y la conversión de alimento se analizó utilizando el procesador Mixed del SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC, EE. UU.). Para el análisis estadístico de los parámetros de valor nutritivo de la dieta consumida se utilizaron medidas repetidas en el tiempo (fase 0-19 días vs. fase 20-68 días) utilizando proc. Mixed de SAS. Las medias de tratamientos se compararon utilizando el test de diferencias mínimas significativas (DMS,  $P < 0,05$ ).

### RESULTADOS

El peso promedio inicial (día 0;  $P = 0,92$ ), al final de la etapa de adaptación (día 19;  $P = 0,26$ ) y al terminar el ensayo (día 68;  $P = 0,37$ ) no difirieron significativamente entre tratamientos (tabla 3). De igual manera, el AMD durante la fase de adaptación (día 0 a 19 =  $968 \pm 274$ ;  $P = 0,51$ ), terminación (día 19 a 68 =  $1255 \pm 149$ ;  $P = 0,67$ ), y promedio del ensayo (día 0 a 68 =  $1176 \pm 144$ ;  $P = 0,43$ ) no fueron afectados por los tratamientos.

	Fuente de fibra larga en la dieta <sup>1</sup>				EEM	Valor de P
	SPA0	SPA33	SPA67	SPA100		
<b>Peso vivo, kg</b>						
Día 0 (inicial)	220,7	219,0	219,7	220,7	3,48	0,92
Día 19	241,0	234,0	237,0	242,0	4,8	0,26
Día 68 (final)	305,3	291,3	297,7	305,3	10,5	0,37
<b>Aumento medio diario, g/d</b>						
Día 0 a 19	1060	793	907	1113	274	0,51
Día 20 a 68	1317	1173	1237	1293	149	0,67
Día 0 a 68	1247	1067	1147	1243	144	0,43
<b>Consumo de MS, % PV/d</b>						
Día 0 a 19	1,87	2,07	2,00	1,92	0,32	0,87
Día 20 a 68	3,15	2,89	3,25	3,00	0,19	0,23
Día 0 a 68	2,77	2,64	2,88	2,68	0,20	0,53
<b>Conversion, kg/kg</b>						
Día 0 a 19	4,86	7,05	5,78	4,67	2,04	0,51
Día 20 a 68	6,12	6,26	6,71	5,93	0,72	0,61
Día 0 a 68	5,69	6,28	6,46	5,52	0,83	0,50

**Tabla 3.** Efecto de la sustitución de heno de alfalfa por subproducto de planta de algodón (SPA) sobre la productividad animal y la conversión de la dieta.

<sup>1</sup> Fuente de fibra larga (SPA = subproducto de planta de algodón), % en dieta base MS: SPA0 = 10,44% Alfalfa, SPA33 = 6,93%, Alfalfa = 3,41% SPA; SPA67 = 3,41%, Alfalfa: 6,93% SPA; y SPA100 = 10,35% MS SPA.

	Fuente de fibra larga en la dieta <sup>1</sup>				Fase		Valor de P		
	SPA0	SPA33	SPA67	SPA100	d 0 a 19	d20-68	EEM	Fase	Dieta
<b>PB<sup>2</sup>, g/kg MS</b>	124a <sup>7</sup>	120b	121b	122ab	121	122	2	0,31	0,07
<b>FDN<sup>3</sup>, g/kg MS</b>	191	181	192	188	199a	176b	11	<0,01	0,29
<b>FDNv<sup>4</sup>, g/kg MS</b>	87b	93ab	91ab	95a	101a	83b	5	<0,01	0,08
<b>FDA<sup>5</sup>, g/kg MS</b>	88b	93ab	92ab	98a	98a	87b	6	<0,01	<0,05
<b>EM<sup>6</sup>, Mcal/kg MS</b>	3,19a	3,18ab	3,18ab	3,16b	3,16b	3,20a	0,02	<0,01	0,08
<b>ENG<sup>7</sup>, Mcal/kg MS</b>	1,51a	1,50ab	1,50ab	1,48b	1,48b	1,51a	0,01	<0,01	<0,05

**Tabla 4.** Efecto del reemplazo de alfalfa por subproducto de planta de algodón (SPA) sobre el valor nutritivo de la dieta consumida.

<sup>1</sup>Fuente de fibra larga (SPA = subproducto de planta de algodón), % en dieta base MS: SPA0 = 10,44% Alfalfa, SPA33 = 6,93%, Alfalfa = 3,41% SPA; SPA67 = 3,41% Alfalfa: 6,93% SPA; y SPA100 = 10,35% MS SPA.

<sup>2</sup>Proteína bruta.

<sup>3</sup>Fibra detergente neutro.

<sup>4</sup>Fibra detergente neutro aportada por el volumen.

<sup>5</sup>Fibra detergente ácido.

<sup>6</sup>Energía metabolizable.

<sup>7</sup>Energía neta de ganancia de peso vivo.

<sup>8</sup>Medias con letras distintas entre columnas para dieta y fase difieren entre sí según DMS ( $P < 0,05$ ).

La interacción dieta x día de alimentación no afectó el CMS ni la conversión (CMS/AMD), por lo tanto, se reportan los resultados promedio por dieta y etapa del estudio (día 0 a 19, día 19 a 68, y día 0 a 68; tabla 3). El CMS no difirió en el ciclo completo del ensayo ( $P = 0,87$ ), las etapas del día 0 a 19 ( $P = 0,23$ ) y del día 19 a 68 ( $P = 0,53$ ) entre los cuatro tratamientos evaluados. El consumo medio expresado como % del PV fue  $1,97 \pm 0,32$ ,  $3,07 \pm 0,19$ ,  $2,74 \pm 0,20$  ( $\pm$  EEM) para la etapa de adaptación, terminación, y el ciclo completo de engorde respectivamente.

De modo similar a lo ocurrido con el CMS y el AMD, la conversión CMS/AMD no difirió significativamente entre tratamientos en ninguna etapa y el ciclo completo del ensayo ( $P > 0,50$ ). Las conversiones medias de la etapa de adaptación (día 0 a 19), terminación (día 19 a 68), y el ciclo completo (día 0 a 68) fueron  $5,59 \pm 2,04$ ,  $6,26 \pm 0,72$ , y  $5,99 \pm 0,83$  respectivamente.

La interacción etapa x dieta no fue estadísticamente significativa para ningún parámetro de calidad de la dieta consumida. El contenido de PB y FDN no difirió estadísticamente entre tratamientos ( $P > 0,23$ ; tabla 4) para ninguna de las etapas de alimentación en estudio. Sin embargo, el contenido de PB promedio (dos etapas) tendió a ser mayor en SPA<sub>0</sub> que en SPA<sub>33</sub> y SPA<sub>67</sub> ( $P = 0,07$ ), mientras que SPA<sub>100</sub> presentó valores intermedios.

Por el contrario, el contenido de FDA aumentó, y la energía neta de ganancia de peso (ENG) disminuyó en respuesta al reemplazo de alfalfa por subproducto de planta de algodón (de SPA<sub>0</sub> a SPA<sub>100</sub>;  $P < 0,05$ ; tabla 4). Una tendencia similar se observó en el porcentaje de FDN aportada por el voluminoso (FDNv) y el contenido de energía metabolizable (EM) de la dieta consumida ( $P = 0,08$ ).

En la etapa de adaptación, el contenido de FDN, FDNv y FDA de la dieta consumida fue mayor que en la etapa de

terminación ( $P < 0,01$ ; tabla 4), aunque el nivel de forraje voluminoso no fue significativamente mayor al de la dieta de terminación. En cambio, la EM y la ENG fueron mayores en la etapa de terminación. La concentración de PB no fue estadísticamente diferente entre etapas.

Aunque la concentración de FDA y FDNv aumentaron en respuesta al incremento en la inclusión de SPA en la fracción voluminosa de la dieta y que la ENG disminuyó, el consumo de FDNv y ENG fue similar entre tratamientos (tabla 4). Solo se observaron diferencias en el consumo de FDNv y ENG entre la etapa de adaptación y de terminación.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En este experimento la sustitución parcial o total de heno de alfalfa por subproducto de la planta de algodón no afectó la performance animal, el consumo (MS, FDNv, y ENG) y la eficiencia de uso de la dieta con una ración de 89% de concentrado. Sin embargo, en este aspecto en la bibliografía se observan resultados variados en desempeño animal en respuesta a la inclusión SPA como fuente de fibra en dietas concentradas (Bartle *et al.*, 1994; Gill *et al.*, 1981; Defoor *et al.*, 2002; McCartor *et al.*, 1972; Theurer *et al.*, 1999). La inconstancia en la respuesta a la inclusión de SPA se debe a que el desempeño productivo y la eficiencia no solo dependen del tipo de fuente de fibra, sino también del nivel de inclusión de esta en la dieta. El contenido de forraje voluminoso recomendado para dietas concentradas oscila entre 4,5 y 13,5% (Galyean y Gleghorn, 2001), aunque está más relacionado con el contenido de FDN aportada por el volumen a la dieta total que con el nivel de inclusión de forraje voluminoso *per se* (Galyean y Defoor, 2003).

En este estudio, el AMD equivalente entre tratamientos es coincidente con resultados previos obtenidos en un es-



tudio similar realizado por Bartle *et al.* (1994) en dietas de alta energía. Defoor *et al.*, (2002) observaron que el consumo y la eficiencia fueron similares por el reemplazo de alfalfa por cascarilla de algodón. No obstante, en contraposición con nuestros resultados y los de Defoor *et al.* (2002), Bartle *et al.* (1994) observaron que los lotes donde la fuente de fibra larga de la ración fue SPA tuvieron mayor consumo y menor eficiencia de uso de la dieta que los alimentados con alfalfa como fuente de fibra larga. Guthrie *et al.* (1996) reemplazaron heno de alfalfa por cascarilla de algodón o heno de sorgo sudanés al 7,5% y al 15%. Los resultados obtenidos mostraron que los tratamientos con heno de alfalfa, en promedio, consumieron menos y ganaron menos peso por día que aquellas a las que se les ofreció cascarilla de algodón o heno de sorgo sudanés. Los autores sugieren que forrajes voluminosos más fibrosos podrían tener mayor capacidad para estimular el consumo de energía y reducir la acidosis que el heno de alfalfa.

En contraste con la respuesta en CMS observado en nuestro estudio, los trabajos sobre la sustitución de heno de alfalfa u otra fuente de fibra larga de buena calidad por cascarilla de algodón muestran en su mayoría un incremento del CMS (Defoor *et al.*, 2002; Theurer *et al.*, 1999; Bartle *et al.*, 1994). A diferencia de los trabajos previamente citados, el presente ensayo se diferencia en que el contenido de FDN de la cascarilla fue solo 5,9 puntos superior al de la alfalfa, generando dietas prácticamente iguales en el contenido de FDN (rango de concentración de FDN en dietas ofrecidas = 19,34 - 19,89%; tabla 2). La diferencia pequeña en el contenido de fibra entre forrajes voluminosos sumada, posiblemente, a la selección de la dieta por los animales en el comedero originó dietas consumidas muy similares en el contenido de FDN (rango de concentración de FDN en dietas consumidas = 18,1 - 19,2%; tabla 4).

Por una parte, la concentración de energía metabolizable de las dietas consumidas en los cuatro tratamientos fueron cercanas al límite inferior del rango óptimo (EM = 3,16 a 3,45) para maximizar el AMD y la conversión de alimento (Krehbiel *et al.*, 2006). Por otra parte, el consumo de ENg es congruente con niveles observados en otros estudios (Defoor *et al.*, 2002; Xiong *et al.*, 1990).

Defoor *et al.* (2002) sugieren que el CMS y de ENg se incrementa debido al aumento en el contenido de FDN de la dieta por la sustitución de alfalfa por cascarilla. En el presente estudio se observó un incremento de FDNv y FDA en la dieta consumida en respuesta a la sustitución total o parcial de alfalfa por cascarilla en la dieta. A pesar de que el incremento de la FDA en la dieta disminuyó la concentración de ENg dietaria, no se reflejó un menor consumo de ENg. Muchos factores influyen sobre el consumo de ENg, entre ellos, distintas fuentes de forraje voluminoso juegan un rol importante en dietas concentradas. Defoor *et al.* (2002) sugieren que un punto importante para valorizar una fuente de fibra larga se centra, además de su capacidad para aminorar los problemas de trastornos digestivos, en la capacidad que tiene para estimular el consumo de ENg. En este sentido, fuentes con mayor contenido de FDN son más efectivas para optimizar el consumo de ENg.

El consumo de ENg aumenta en respuesta al aporte de FDN proveniente del forraje voluminoso. Pese a la dilución de la concentración energética de la dieta, esto parece ser compensado o sobrecompensado. Por lo tanto, en dietas donde el consumo no está limitado por la regulación física (llenado), el animal tiene la posibilidad de consumir energía adicional mediante el agregado de niveles basales de fibra de forraje voluminoso antes de que los mecanismos quimioestáticos limiten el consumo (Owens *et al.*, 1998). En este sentido, en el presente estudio se observó que, aunque la concentración de ENg disminuyó y la FDNv aumentó por la sustitución de alfalfa por SPA, el CMS fue similar. Lo descrito por Owens *et al.* (1998) explica de algún modo estos resultados.

Un aspecto importante asociado con la fuente de fibra es que el incremento o el mantenimiento del consumo de ENg frente a diluciones de la dieta está mayormente asociado a un aumento de la tasa de pasaje (NRC, 1996). En este sentido cambios en la tasa de pasaje de los componentes dietarios alteran la magnitud de digestión en los distintos compartimientos del tracto digestivo (Owens *et al.*, 1998). Moore *et al.* (1990) evaluaron la tasa de pasaje en novillos fistulados de rumen alimentados con dietas con 65% de concentrado (base grano de sorgo) que contenían tres tratamientos de forraje voluminoso diferencial: 35% de heno de alfalfa, 35% de una mezcla de alfalfa con cascarilla de algodón (50% alfalfa: 50% cascarilla), o 35% de una mezcla de alfalfa con paja de trigo (50% alfalfa: 50% paja de trigo). El reemplazo de alfalfa por cascarilla de algodón incrementó el CMS y tendió a aumentar la tasa de pasaje del grano. Por lo tanto, pequeñas cantidades de forrajes voluminosos en dietas concentradas incrementan la tasa de pasaje del grano y del fluido ruminal (Goetsch y Owens, 1986), aunque cuando el nivel es excesivo el efecto puede ser el inverso (>50%, aumenta el tiempo de retención).

La FDN del forraje disminuye el tiempo de retención del grano provocando una reducción en su digestión a nivel ruminal, lo cual se traduce en menor producción y concentración de ácidos grasos volátiles ruminales. Como es conocido, los ácidos grasos volátiles (AGV) juegan un rol primordial en la regulación del consumo en rumiantes (Baile y Forbes, 1974), destacándose el propionato como uno de los AGV más importantes en la regulación de consumo. El cambio del sitio de digestión incrementa la disponibilidad de almidón en el intestino delgado y reduce la concentración de AGV en el rumen. Esto en parte desajustaría o demoraría la regulación del consumo por la reducción en la concentración ruminal de AGV permitiendo mayor consumo de energía que una dieta totalmente concentrada.

Finalmente, un aspecto poco considerado, pero que también podría influir en el sitio de digestión de la dieta es que la cascarilla de algodón contiene taninos y gossipol (aunque presente en niveles menores que en la semilla; Blasi y Drouillard, 2002). Los compuestos secundarios como los taninos y el gossipol pueden alterar la fermentación mediante un efecto directo sobre los microorganismos ruminales o mediante la formación de complejos con carbohidratos o proteínas (Molan *et al.*, 2001). En este sentido, se especula

que ciertos niveles de compuestos secundarios presentes en la fuente de forraje reducirían la producción de ácidos grasos volátiles, y de este modo estimularían el consumo de ENg en dietas concentradas.

A partir de los resultados obtenidos en este experimento se concluye que el reemplazo total o parcial del heno de alfalfa por subproductos fibrosos de algodón como fuente de fibra larga en dietas concentradas (>89%) no influye sobre la ganancia de peso y la eficiencia de uso de la ración.

## BIBLIOGRAFÍA

- BAILE, C.A.; FORBES, J.M. 1974. Control of feed intake and regulation of energy balance in ruminants. *Physiol. Rev.* 54:160–214.
- BARTLE, S.J.; PRESTON, R.L., MILLER, M.F. 1994. Dietary energy source and density: Effects of roughage source, roughage equivalent, tallow level, and steer type on feedlot performance and carcass characteristics. *J. Anim. Sci.* 72: 1943–1953.
- BLASI, D.; DROUILLARD, J., 2002. Cottonseed Feed Products for Beef Cattle, Composition and Feeding Value, Kansas State University.
- DEFOOR, P.J.; GALYEAN, M.L.; SALYER, G.B.; NUNNERY, G.A.; PARSONS, C.H. 2002. Effects of roughage source and concentration on intake and performance by finish heifers. *J. Anim. Sci.* 80:1395–1404.
- GALYEAN, M.L.; DEFOOR, P.J. 2003. Effects of roughage source and level on intake by feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 81(E. Suppl. 2): E8–E16.
- GALYEAN, M.L.; GLEGHORN, J.F. 2001. Summary of the 2000 Texas Tech University Consulting Nutritionist Survey. Burnett Center Internet Report 12:1–9.
- GILL, D.R.; OWENS, F.N.; MARTIN, J.J.; WILLIAMS, D.E.; ZINN, R.A.; HILLIER, R.J. 1981. Roughage levels in feedlot rations. *Oklahoma Agric. Exp. Res. Rep.* MP-108–141.
- GOETSCH, A.L.; OWENS, F.N. 1986. Effects of dietary nitrogen level and ileal antibiotic administration on digestion and passage rates in beef heifers. I. high-concentrate diets. *J. Anim. Sci.* 1986 62: 830–843.
- GUTHRIE, M.J.; GALYEAN, M.L.; MALCOM-CALLIS, K.J.; DUFF, G.C. 1996. Roughage source and level in beef cattle finishing diets. *Prof. Anim. Sci.* 12: 192–198.
- KOMAREK, A.R. 1993. A filter bag procedure for improved efficiency of fiber analysis. *J. Anim. Sci.* 76 (Suppl. 1): 250.
- KREHBIEL, C.R.; CRANSTON, J.J.; MCCURDY, M.P. 2006. An upper limit for caloric density of finishing diets. *J. Anim. Sci.* 84: E34–E49.
- KREIKEMEIER, K.K.; HARMON, D.L.; BRANDT Jr., R.T.; NAGARAJA, T.G.; COCHRAN, R.C. 1990. Steam-rolled wheat diets for finishing cattle: Effects of dietary roughage and feed intake on finishing steer performance and ruminal metabolism. *J. Anim. Sci.* 68: 2130–2141
- MCCARTOR, M.M.; ENGLAND, M.W.; HEFLEY, H.M. 1972. Effect of various roughages in high concentrate beef cattle diets on animal performance and carcass characteristics. *J. Anim. Sci.* 34:142–145.
- MENKE, K.H.; STEINGASS, H. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Anim. Res. Develop.* 28: 7–55.
- MERTENS, D.R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J. Dairy Sci* 80:1463–1481.
- MOLAN, A. L.; ATTWOOD, G.T.; MIN, B.R.; McNABB, W.C. 2001. The effect of condensed tannins from *Lotus pedunculatus* and *Lotus corniculatus* on the growth of proteolytic rumen bacteria in vitro and their possible mode of action. *Can. J. Microbiol.* 47: 626–633.
- MOORE, J.A.; POORE, M.H.; SWINGLE, R.S. 1990. Influence of roughage source on kinetics of digestion and passage, and on calculated extents of ruminal digestion in beef steers fed 65% concentrated diets. *J. Anim. Sci.* 68:3412–3420.
- OWENS, F.N.; SECRIST, D.S.; HILL, W.J.; GILL, D.R. 1998. Acidosis in cattle: A review. *J. Anim. Sci.* 76: 275–286.
- PRITCHARD, R.H.; BRUNS, K.W. 2003. Controlling variation in feed intake trough bunk management. *J. Anim. Sci.* 81(E. Suppl. 2): E133–E1238.
- SHAIN, D.H.; STOCK, R.A; KLOPFENSTEIN, T.J.; HEROLD, D.W. 1999. The effect of forage source and particle size on finishing yearling steer performance and ruminal metabolism. *J. Anim. Sci.* 77:1082–1092.
- SWINGLE, R.S. 1986. Substitution of weight straw for alfalfa hay in diet for feedlot steer and lactating cow. *Proc. Southwest Nutr. Conf., Univ. of Arizona*, 35–45 pp.
- THEURER, C.B.; SWINGLE, R.S.; WANDERLEY, R.C.; KATTING, R.M.; URIAS, A.; GHENNIWA, G. 1999. Sorghum grain flake density and source of roughage in feedlot cattle diets. *J. Anim. Sci.* 77: 1066–1073.
- XIONG, Y.; BARTLE, S.J.; PRESTON, R.L. 1991. Density of steam-flaked sorghum grain, roughage level, and feeding regimen for feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 69: 1707–1718.