

## Terminación de novillos británicos en pastoreo, suplementados con grano de sorgo alto en taninos

### *Finishing of British steers under grazing conditions, supplemented with high-tannin sorghum grain*

A. E. Fernández<sup>1</sup>, R. J. Stuart<sup>2</sup>, Bertha Chongo<sup>2</sup> y P. C. Martín<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)

Ruta Provincial. 76 km 36,5 (8187) Bordenave, Buenos Aires, Argentina

E-mail: afmayer56@yahoo.com.ar

<sup>2</sup>Instituto de Ciencia Animal, Mayabeque, Cuba

#### RESUMEN

El objetivo de este experimento fue terminar novillos británicos con 18 meses de edad y 380 kg de PV, con el menor costo de producción posible. Además se evaluó el impacto del grano de sorgo alto en taninos, en la producción de carne. La investigación se realizó en el campo experimental Cesáreo Naredo del INTA Bordenave, en Buenos Aires, Argentina, durante dos etapas; en la primera (254 días) los tratamientos fueron: T1) 20 terneros Aberdin Angus colorado puros (AAc), de 183,4 kg de PV, y T2) 18 becerros AAc x Shorthorn (AAcxSh) de 183,6 kg de PV; y en la segunda (247 días), 45 terneros AAcxSh de 218,4 kg de PV, en un solo tratamiento. Se utilizó una pastura mixta a base de alfalfa y suplementos de grano de sorgo, seco y molido, a razón del 1 % del PV. El consumo de grano fue de 2,97 y 3,38 kg grano cabeza<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>; mientras que la ganancia de peso diaria fue de 0,891 y 0,969 kg<sup>-1</sup> cabeza<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> para la primera y la segunda etapa, respectivamente. La producción de carne fue de 452,12 y 567,24 kg ha<sup>-1</sup>, y el costo de producción tuvo valores de 0,57 y 0,54 USD por kilogramo producido, respectivamente. En la primera etapa presentó un mejor ajuste el modelo cuadrático, con alto R<sup>2</sup> (0,99) y menor cuadrado medio del error (CME 33,26). En la segunda el modelo de mejor ajuste fue el lineal, con alto R<sup>2</sup> (0,99) y menor CME (44,78). Los valores productivos y económicos fueron muy adecuados. No se observó ningún efecto negativo de los taninos en los indicadores evaluados.

Palabras clave: novillo, producción de carne, *Sorghum bicolor*

#### ABSTRACT

The objective of this experiment was to finish British steers with 18 years of age and 380 kg of LW, with the lowest possible production cost. The impact of high-tannin sorghum grain on meat production was also evaluated. The research was conducted at the experimental field Cesáreo Naredo of the INTA Bordenave, in Buenos Aires, Argentina, during two stages; in the first one (254 days) the treatments were: T1) 20 pure red Aberdeen Angus (AAr) calves, of 183,4 kg LW and T2) 18 bull calves AAr x Shorthorn (AAr x Sh) of 183,6 kg LW; and in the second one (247 days), 45 calves AAr x Sh of 218,4 kg LW, in just one treatment. A mixed pasture based on alfalfa and supplements of dried and ground sorghum grain at a rate of 1 % of the LW were used. The grain intake was 2,97 and 3,38 kg grain head<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>, while the daily weight gain was 0,891 and 0,969 kg<sup>-1</sup> head<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup> for the first and the second stage, respectively. Meat production was 452,12 and 567,24 kg ha<sup>-1</sup>, and the production cost was 0,57 and 0,54 USD per produced kilogram, respectively. In the first stage the quadratic model showed a better adjustment with high R<sup>2</sup> (0,99) and lower mean squared error (MSE 33,26). In the second stage the linear model showed the best adjustment with high R<sup>2</sup> (0,99) and lower MSE (44,78). The productive and economic values were very adequate. No negative effect of tannins was observed in the evaluated indicators.

Key words: steer, meat production, *Sorghum bicolor*

## INTRODUCCIÓN

En los sistemas pastoriles la utilización de una adecuada suplementación energética incrementa la ganancia de peso y la carga animal, indicadores que reducen la duración del engorde y propician incrementos significativos en la producción de carne por hectárea. Estos resultados se explican por el mejor balance de nutrientes aportado por el suplemento energético a la dieta pastoril (Fernández Mayer, 2006).

El grano de sorgo se destaca por sus características nutricionales y por ser este un cultivo tolerante al estrés hídrico, ya que requiere un 30 % menos de agua por kilogramo de MS producida en comparación con el maíz. Ello le confiere al primero mayor seguridad de cosecha y menor costo respecto al segundo, en muchas regiones agroecológicas del mundo (Bragachini, Cattani, Ramírez y Ruiz, 1997). Los buenos resultados en el engorde de bovinos con el empleo del grano de sorgo alto en taninos (GSat) (8-14 gramos por kilogramo de MS) es uno de los aspectos que explican su gran demanda en los últimos tiempos (Zamora, Massigoge y Melin, 2009; Massigoge, Zamora y Melin, 2009).

Teniendo en cuenta estos antecedentes se desarrolló un experimento en condiciones de pastoreo a base de alfalfa, con el objetivo de evaluar la respuesta productiva y económica de la ceba de novillos Aberdeen Angus colorado puros (AAc) y su cruce con Shorthorn (AAcXSh), así como los efectos del GSat como suplemento energético.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en el campo experimental demostrativo Cesáreo Naredo del INTA Bordenave, en Guaminí (Buenos Aires, Argentina), donde predominaban los suelos Hapludoles énticos y típicos (SAGYP- INTA, 1989).

El trabajo se dividió en dos etapas: la primera tuvo una duración de 254 días (septiembre de 2004 a mayo de 2005), mientras que la segunda duró 247 días (agosto de 2005 a abril de 2006). Las precipitaciones caídas de agosto a mayo durante ambas etapas fueron de 650 y 553 mm, respectivamente. En la primera se utilizaron 38 terneros de  $8 \pm 1$  meses de edad, divididos en dos tratamientos: T1: 20 becerros AAc ( $183,4 \pm 15$  kg PV cab<sup>-1</sup>) y T2: 18 becerros AAcXSh ( $183,6 \pm 10$  kg PV cab<sup>-1</sup>); y en la segunda, 45 terneros AAcXSh, distribuidos en un solo tratamiento, con un peso

medio de  $218,4 \pm 22$  kg PV cabeza<sup>-1</sup>. La carga animal resultante en la primera etapa fue de 2,0 cabezas ha<sup>-1</sup> o 593,6 kg PV ha<sup>-1</sup>, y en la segunda, 2,37 cabezas ha<sup>-1</sup> o 801,53 kg PV ha<sup>-1</sup>.

En las dos etapas se usó una superficie de 19 ha (14 ha ocupadas por una pastura polifítica y 5 ha equivalentes al grano de sorgo empleado y estimado en ha<sup>-1</sup>). En la primera se utilizó una pastura sembrada en el año 2000, y en la segunda, una sembrada en 2005. La composición florística fue similar en ambas etapas: alfalfa (*Alfalfa sativa*) (5 kg ha<sup>-1</sup>), trébol rojo (*Trifolium repens*) (1 kg ha<sup>-1</sup>) y cebadilla despuntada (*Bromus unioloides*) (5 kg ha<sup>-1</sup>).

El grano de sorgo, seco y molido, tuvo un alto contenido de taninos condensados ( $11 \pm 0,40$  y  $10,8 \pm 0,08$  g kg de grano<sup>-1</sup> para la primera y la segunda etapa, respectivamente). Además se ofreció el heno que se obtuvo de la misma pastura al disminuir la producción de MS de la alfalfa, lo cual es propio de la salida del invierno y la entrada del otoño en dicha región. También se aplicaron vacunas convencionales (contra la mancha, la gangrena gaseosa y la enterotoxemia) y antiparasitarios estratégicos.

Para el análisis químico de los pastos se extrajeron muestras en diez sitios seleccionados al azar, según la técnica de muestreo manual (*hand-plucking*) (Dulau, 2007), el cual se realizó con 30-35 días de intervalo. En cada sitio se extrajeron cinco submuestras, cortando el forraje con la mano a la altura que fue consumido por los animales (15-25 cm) y respetando el remanente que era dejado por estos. Las cinco submuestras sitio<sup>-1</sup> se mezclaron, se hizo un *pool* (1,0 kg MV muestra<sup>-1</sup> sitio<sup>-1</sup>) y se colocaron en una bolsa de nailon, con la identificación correspondiente, y se conservó en una nevera (-5 °C) hasta llegar al laboratorio.

Del grano de sorgo se extrajeron cinco muestras al azar (0,500 kg muestra<sup>-1</sup>) y se colectaron en bolsas de nailon, con la identificación correspondiente. El análisis químico se realizó en el laboratorio del INTA (Bordenave, Argentina). Se determinó: la materia seca (MS), la proteína bruta (PB) y el almidón por AOAC (1995); la digestibilidad *in vitro* de la MS (DIVMS) por Tilley y Terry (1963), modificado por el método de acidificación directa, Ankom Technology, 2008); los carbohidratos solubles (CNES) por el método Antrona (Silva, Monteiro, Alcanfor, Assis y Asquier, 2003); la fibra detergente neutro (FDN) Van Soest (1994), con equipo ANKOM y los taninos por el método Folin Ciocalteu (Makkar, 2003).

Para estimar la disponibilidad de pasto ( $\text{kg MS ha}^{-1}$ ) se lanzaron al azar diez aros metálicos (submuestra) de 0,57 m de radio (total:  $10 \text{ m}^2 \text{ muestreo}^{-1}$ ) y se cortó con tijera a 20 cm de altura, con un intervalo entre cortes de 25 a 30 días, antes de cada pastoreo. El forraje de cada submuestra se secó en estufa a  $60^\circ\text{C}$  hasta alcanzar el peso constante, para determinar el porcentaje de MS. Los valores obtenidos se llevaron a  $\text{kg MS ha}^{-1}$  (Trasmonte, 2002). La oferta de pasto representó la cantidad asignada a cada animal, en función de sus requerimientos y de la disponibilidad, y se expresó en  $\text{kg MS}/100 \text{ kg PV día}^{-1}$ .

Los consumos de MS de pasto se determinaron por la diferencia entre la disponibilidad y el remanente, ajustado por el nivel de MS (Gallegos, 2010). El manejo del pasto se realizó a través de parcelas variables con alambrado eléctrico, de acuerdo con la oferta de forraje, con cambios cada dos a tres días. La oferta fue variable, en función del peso vivo, con el objetivo de satisfacer las necesidades nutricionales de los animales en estudio (Gallegos, 2010).

La unidad experimental utilizada en este ensayo fue el animal. La ganancia de peso diaria (GPD) se determinó a través de pesajes periódicos—con báscula mecánica—a 20 animales (repeticiones) seleccionados al azar en cada etapa. Estos pesajes se hicieron con un intervalo de 25 a 35 días y siempre en el mismo horario. La producción de carne (PC) se expresó como los kilogramos producidos por hectárea. Para comparar los parámetros químicos y el consumo entre las etapas se utilizó un modelo de clasificación simple; mientras que en el caso del comportamiento del PV se empleó el análisis de regresión, a través del ajuste de modelos lineales y no lineales, y se evaluaron los criterios estadísticos: coeficiente de determinación ( $R^2$ ), cuadrado medio del error (CME), métodos de estimación de mínimos cuadrados para el modelo lineal y de Levenberg-Marquardt (2009) para los modelos no lineales, significación de los parámetros del modelo y autocorrelación de los residuos a través de Durbin-Watson (DW) (Fernández, 2004).

Las fórmulas utilizadas fueron:

- Lineal:  $\text{PV} = \alpha + \beta$  (pesajes)
- Cuadrática:  $\text{PV} = \alpha + \beta$  (pesajes) +  $\gamma$  (pesajes)<sup>2</sup>
- Logística:  $\text{PV} = \alpha / (1 + \beta * \exp(-\gamma * \text{pesajes}))$
- Gompertz:  $\text{PV} = \alpha * \exp(-\beta * \exp(-\gamma * \text{pesajes}))$

Los parámetros químicos de los alimentos fueron analizados estadísticamente a través del SAS/STAT 2005. El procesamiento de los datos se realizó mediante el software estadístico SPSS (2006) para Windows.

Para calcular los costos de producción (CP) se consideraron los valores medios (últimos diez años) del mercado argentino. El costo del grano de sorgo y del heno fue de 110 USD y 40 USD  $\text{t}^{-1}$ , respectivamente; el de la pastura, 50 USD  $\text{ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , con una amortización anual de 200 USD por cuatro años de duración; mientras que el del personal y los servicios veterinarios fue 10 y 5 USD  $\text{ha}^{-1}$ , respectivamente.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se muestran los resultados de los análisis químicos de los alimentos utilizados; hubo diferencias significativas en la DIVMS de los pastos y el heno, a pesar de que en ambas etapas la composición florística de los pastizales fue similar y el pasto de la segunda tenía pocos meses de establecido. No obstante, estos valores fueron altos, lo cual es característico de los pastos templados y se corresponden con los valores de PB y FDN encontrados en estos (Mosley, 2001).

El consumo total de grano de sorgo fue de 754,0 y 835,0  $\text{kg cabeza}^{-1}$ , en la primera y la segunda etapa, respectivamente; mientras que el consumo medio fue de 2,97 y 3,38  $\text{kg cabeza}^{-1} \text{ día}^{-1}$ . Los granos se molieron a un tamaño de partícula de  $\pm 2 \text{ mm}$ , lo que propició una mayor degradabilidad ruminal de la MS, la PB y el almidón (Stock y Mader, 2006). En tanto, el consumo de heno de pastura fue de 156,0 y 175,0  $\text{kg heno cabeza}^{-1}$ , respectivamente.

La ganancia de peso (tabla 2) presentó diferencias entre ambas etapas del ensayo, que se pueden atribuir a la diferente disponibilidad de las pasturas utilizadas. En la primera etapa estas estaban finalizando su ciclo productivo (cinco años), mientras que en la segunda se usó una nueva (un año). La producción de carne por hectárea fue de 452,88 y 567,24  $\text{kg ha}^{-1}$ , respectivamente; lo que supera ampliamente los valores medios (220-300  $\text{kg ha}^{-1}$ ) obtenidos en empresas ganaderas de la región subhúmeda y semiárida del país (Aello y Dimarco, 2004; Rearte, 2010).

Al comparar los tratamientos de la primera etapa, los modelos no lineales no tuvieron ajustes significativos (tabla 3). Para ambos genotipos el modelo de mejor ajuste fue el cuadrático, ya que

Tabla 1. Análisis bromatológico (%) de los alimentos utilizados en ambas etapas (I y II).

Alimento	MS	PB	DIVMS	EM*	CNES	FDN	LDA	Taninos (g kg <sup>-1</sup> )
Pastura I	29,37 (0,82)	14,25 (0,47)	68,02 (0,47)	2,45 (0,02)	17,55 (0,45)	59,74 (0,84)	2,92 (0,12)	
Pastura II	27,88 (0,42)	13,44 (0,35)	65,44 (0,57)	2,36 (0,09)	13,42 (0,85)	62,22 (0,77)	3,25 (0,25)	
ES ±	1,85	1,54	1,88	0,09	0,272	2,08	0,075	
Significación	NS	NS	P<0,05	NS	P<0,01	NS	NS	
Heno I	88,8 (0,56)	9,94 (1,06)	57,16 (0,36)	2,06 (0,01)	8,50 (1,0)	69,15 (0,5)	6,0 (0,2)	
Heno II	89,22 (0,35)	7,88 (1,44)	54,05 (0,65)	1,95 (0,08)	5,50 (1,0)	67,98 (0,56)	5,4 (0,2)	
ES ±	2,56	1,55	2,35	0,07	1,07	2,47	0,089	
Significación	NS	NS	P<0,05	NS	P<0,05	NS	NS	
Sorgo I	88,82 (0,72)	8,40 (0,21)	83,52 (1,07)	3,01 (0,04)	33,54 (1,24)	29,0 (0,8)		11,0 (0,1)
Sorgo II	88,15 (0,68)	7,55 (0,75)	84,85 (1,25)	3,05 (0,08)	23,54 (1,32)	28,22 (2,7)		10,8 (0,08)
ES ±	2,08	1,78	1,59	0,05	2,45	0,05		1,66
Significación	NS	NS	NS	NS	P<0,01	NS		NS

ES: error estándar; desvíos estándares entre paréntesis; \*Mcal kg MS<sup>-1</sup>

Tabla 2. Evolución de la ganancia de peso (kg cab<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>).

	Genotipo	Ganancia de peso diaria
Etapa I	AA	0,901 (0,257)
	AAxSh	0,882 (0,307)
Etapa II	AAxSh	0,969 (0,239)

Desviación estándar entre paréntesis.

Tabla 3. Resultados de los modelos evaluados en la primera etapa (I).

Modelos ajustados	alfa	beta	gamma	R <sup>2</sup>	Signif. modelo	CME
Modelo cuadrático	178,98	1,17	-0,0010	0,99	***	31,36
Novillos Angus colorado I						
ES ±	1,40	0,03	0,0001			
Modelo cuadrático	180,31	1,21	-1,20E-03	0,99	***	33,26
Novillos Angus x Shorthorn I						
ES ±	1,44	0,03	9,90E-05			

\*\*\* P<0,001

tuvo un alto coeficiente de determinación, una alta significación estadística en el ajuste del modelo y un bajo cuadrado medio del error, con respecto a los restantes modelos.

En cuanto al comportamiento del PV del genotipo Angus colorado puro x Shorthorn, en ambas

etapas del experimento (tabla 4), se observó que en la primera también presentó un mejor ajuste el modelo cuadrático; sin embargo, en la segunda el modelo de mejor ajuste fue el lineal, con un alto coeficiente de determinación, un ajuste altamente significativo y un menor cuadrado medio del error.

Tabla 4. Resultados de los modelos evaluados (I etapa vs. II etapa).

Modelos ajustados	alfa	beta	gamma	R <sup>2</sup>	Signif. modelo	CME
Modelo cuadrático	180,31	1,21	-0,0012	0,99	***	33,26
Angus colorado x Shorthorn I						
ES ±	1,44	0,03	0,0001			
Modelo lineal	220,04	1,06		0,99	***	44,78
Angus colorado x Shorthorn II						
EE ±	1,32	0,01				

\*\*\* P&lt;0,001

En la segunda etapa se seleccionó el modelo lineal para el comportamiento del PV porque el análisis de los residuos indicó que el modelo cuadrático no era adecuado; ello pudo deberse a que los animales en esta etapa comenzaron con un peso algo mayor y al terminar el experimento aún tenían posibilidades de seguir creciendo, pues no habían expresado todo su potencial de crecimiento. Esto corrobora que, aunque el sistema de alimentación fue el mismo, la respuesta productiva (ganancia de peso) estuvo influida por el efecto del vigor híbrido (cruzamiento), a pesar de que eran genotipos con líneas genéticas muy emparentadas (Mezzadra, Melucci, Villareal y Faverin, 2003).

En ceba estabulada con becerros de la misma raza y de similar peso vivo, Monje (2002) utilizó dietas con altos niveles de grano de sorgo (45 % de la MS de la dieta) y obtuvo una GPD ligeramente superior (1,007 kg día<sup>-1</sup>) a la alcanzada en este ensayo. También fueron superiores las ganancias obtenidas por Lagrange, Larrea y Fernández Mayer (2006) (1,18 ± 0,04 kg cabeza<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>) al suministrar grano de sorgo al 1 % del PV, junto con avena (*Avena sativa*) y pasturas polifíticas (alfalfa más gramíneas templadas). La diferencia en la producción de carne del presente trabajo con la del ensayo en cuestión pudo deberse a la mayor calidad nutricional de los forrajes frescos (avena y pastura) utilizados.

Sin embargo, las ganancias de este experimento son superiores a las obtenidas en los sistemas pastoriles con suplementación estratégica en Argentina, donde la media para la región pampeana varió entre 0,400 y 0,600 kg cabeza<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> (Rearte, 2010).

Moran y Wales (2001) obtuvieron resultados similares con animales del mismo genotipo, aunque usaron como base una pastura de mejor calidad (Ray grass var. Apanui más *Trifolium repens*) junto con ensilaje y grano de maíz (1,6 % del PV), y una carga animal de 2,5 cabezas ha<sup>-1</sup>.

De todas las ganancias de peso, las alcanzadas durante los meses de verano fueron significativamente altas (± 1,0 kg cabeza<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>) y relevantes para esa época del año; en la que, normalmente, los pastos están desbalanceados, con exceso de fibra (FDN > 60 %), baja proporción de proteínas degradables en rumen (< 10 %) y niveles medios de CNES (8-12 %) (Fernández Mayer, 2006; Pordomingo, Juan y Pordomingo, 2007). Tal situación produjo ganancias de peso por debajo de los 600 g diarios, cuando no se agregó ningún concentrado corrector (Rueda, Taborda y Correa, 2006; Tas, 2006).

Estos resultados se pueden deber al efecto multifactorial positivo de los taninos del grano de sorgo, el cual se manifiesta: a) en su acción como antiparasitario biológico (Min y Hart, 2003); b) por la disminución de la solubilidad y degradabilidad de las proteínas de la pastura de alfalfa, la cual es generadora de altas concentraciones de amoníaco ruminal y, por ende, más exigente en energía para detoxificar la urea metabólica (Conti *et al.*, 2007); y c) por la mayor eficacia energética de la dieta, al reducirse la producción de metano (Gurbuz, 2009). Dichos factores quizás desempeñen un papel importante en la producción de carne obtenida (Pordomingo, Volpi Lagreca, Orienti y Welsh, 2003; Pordomingo, Volpi Lagreca, Stefanazzi y Pordomingo, 2007), lo que contrasta con el criterio referido a que estos polifenoles producen una reducción en el consumo y la digestibilidad de la proteína, la materia seca y las fracciones minerales (Godoy, Chicco, Meschy y Requena, 2005; Ojeda *et al.*, 2010). En este trabajo no se observó ningún efecto negativo de los taninos en los indicadores evaluados.

A los efectos positivos de los taninos habría que sumarle la acción de algunas sustancias de

la alfalfa, como saponinas, lisinas, flavonoides, esteroides, etc. (Anon, 2010). Al igual que los taninos, las saponinas podrían incidir en la mejora de la eficiencia en la utilización del alimento en rumiantes, al aumentar el flujo de proteína microbiana hacia el duodeno (Klita, Mathison, Fenton y Hardin, 1996); donde su efecto es más evidente cuando ambas sustancias están presentes y no por separado. Asimismo, las saponinas -junto con otros esteroides y polifenoles- podrían ejercer un efecto defaunante sobre los protozoos del rumen, los cuales afectan el crecimiento de las bacterias y los hongos celulolíticos (Naranjo, Guiamet y Gómez de Saravia, 2009). Todas estas sustancias mejorarían el metabolismo energético del animal y, con él, la respuesta productiva (Dimarco y Aello, 2004).

Los costos de producción representan uno de los mejores indicadores normalizados y son el cociente entre los costos directos de alimentación, de personal y de sanidad, con respecto a la producción total de carne obtenida por hectárea (USD kg producido<sup>-1</sup>) (Resch, 2010). En la tabla 5 se muestran los costos directos de producción en ambas etapas.

Los resultados económicos mostraron valores muy adecuados para un sistema pastoril (Resch, 2010) y coinciden con los de otros trabajos realizados con pasturas y suplementos a base de granos de cereal (maíz o sorgo) (Rearte, 2010).

Se concluye que el sistema pastoril estudiado, con suplementación a base de grano de sorgo alto en taninos, promovió altas ganancias de peso diarias en los animales de tipo británico, por lo que se acortó la duración de la ceba y se obtuvieron costos directos de producción adecuados. También se constató que las ganancias de peso obtenidas durante el verano fueron muy superiores a las es-

peradas y constituyen un valioso antecedente para continuar esta línea de trabajo.

Durante todo el experimento no se observó ningún efecto negativo de los taninos en los indicadores productivos evaluados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aello, M.S. & Dimarco, O.N. 2004. Evaluación de alimentos. En: Curso de nutrición animal. Facultad de Ciencias Agrarias, UNMDP. Balcarce, Argentina. p. 29.
- Ankom Technology. 2008. Procedures for fiber and in vitro analysis. <http://www.ankom.com/media/documents/Method%201%20Crude%20Fiber%20Method%20-%20A2000%20-%20Rev%20E%20-4-13-11.pdf> [01/10/2010].
- Anon. 2010. Propiedades de la alfalfa. <http://www.lalinaza.com/propiedades-de-la-alfalfa.htm>. [01/06/2011].
- AOAC. 1995. Official methods of analysis. 16<sup>th</sup> ed. association of Official Analytical Chemists. Washington.
- Bragachini, M.; Cattani, P.; Ramírez, E. & Ruiz, S. 1997. Silaje de maíz y sorgo granífero. *Cuad. Act. Tec.* No. 2. p. 122.
- Conti, G. *et al.* 2007. Efecto de los taninos condensados sobre la producción y composición de leche de vacas lecheras en pastoreo de verano. *Revista Argentina de Producción Animal.* 27 (Supl. 1):104.
- Dimarco, O.N. & Aello, M. 2004. Costo energético de la actividad vacuna en pastoreo. [www.nutriciondebovinos.com.ar](http://www.nutriciondebovinos.com.ar). [01/11/2010].
- Dulau, D. 2007. Estimación del consumo de bovinos en pastoreo. Comparación de distintos métodos de pastoreo. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Plata. Argentina. 9 p. [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pastoreo%20sistemas/119-Investigacion-Consumo.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/119-Investigacion-Consumo.pdf) [01/06/2011].

Tabla 5. Costos directos de producción.

	Etapa I	Etapa II
Costos directos (USD ha <sup>-1</sup> ):		
Grano de sorgo	165,88	217,68
Pastura polifítica	50,00	50,00
Henos	24,96	26,60
Personal	7,00	6,80
Servicios veterinarios	3,50	3,40
Total de costos directos	251,34	304,49
Producción total de carne (kg ha <sup>-1</sup> )	452,87	567,24
Costo de producción (USD kg producido <sup>-1</sup> )	0,55	0,54

- Fernández, L. 2004. Modelos estadísticos-matemáticos en el análisis de la curva de lactancia y factores que la afectan en el genotipo Siboney de Cuba. Tesis de Doctor en Ciencias Veterinarias. Instituto de Ciencia Animal. La Habana. 113 p.
- Fernández Mayer, A.E. 2006. La calidad nutricional de los alimentos y su efecto sobre la producción de carne y leche. Serie didáctica No. 8. INTA. Argentina. 47 p.
- Gallegos, E.C. 2010. Comportamiento ingestivo en ganado bovino de doble propósito. UNAM, México. <http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/departamentos/rumiantes/bovinotecnia/BtRgz00g024.pdf> [05/01/2011].
- Godoy, S.; Chicco, C.; Meschy, F. & Requena, F. 2005. Phytic phosphorus and phytase activity animal feed ingredients. *Interciencia*. 30:24.
- Gurbuz, Y. 2009. Efectos del contenido de taninos condensados de algunas especies de leguminosas en la emisión de gas metano. *Rev. cub. Cienc. agric.* 43 (3):265.
- Klita, P.T.; Mathison, G.W.; Fenton, T.W. & Hardin, R.T. 1996. Effects of alfalfa root saponins on digestive function in sheep. *J. Anim. Sci.* 74:1144.
- Lagrange, S.; Larrea, D. & Fernández Mayer, A.E. 2006. Suplementación con grano de sorgo en invernada pastoril de novillos Británicos. <http://www.aapa.org.ar/congresos/2006/NaPdf/NA29.pdf>. [05/01/2011]
- Levenberg-Marquardt. 2009. Regresión no lineal. [http://es.wikipedia.org/wiki/Regresi%C3%B3n\\_no\\_lineal](http://es.wikipedia.org/wiki/Regresi%C3%B3n_no_lineal). [05/01/2011].
- Makkar, H.P.S. 2003. Quantification of tannins in tree and shrub foliage. A laboratory manual. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Netherlands. 85 p.
- Massigoge, J.; Zamora, M. & Melin, A. 2009. Evaluación del contenido de taninos en granos de híbridos de sorgo. *Agromercado*. 28 (154):14.
- Mezzadra, C.A.; Melucci, L.M.; Villareal, E.L. & Faverin, C. 2003. Comparación del desempeño productivo de novillos puros y cruza británicos bajo sistemas de engorde semiintensivos e intensivos. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 23 (1):45.
- Min, B.R. & Hart, S.P. 2003. Tannins for suppression of parasites. *J. Anim. Sci.* 81:102
- Monje, A. 2002. Utilización de grano de sorgo en sistemas de feedlot de terneros. Proyecto Ganadero. Hoja Informativa. No. 70. EEA-INTA Concepción, Uruguay/Argentina. [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/invernada\\_o\\_engorde\\_a\\_corral\\_o\\_feedlot/11-grano\\_sorgo\\_feedlot.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_a_corral_o_feedlot/11-grano_sorgo_feedlot.pdf). [01/09/2010].
- Moran, J. & Wales, B. 2001. Maize silage ideal in feedlot rations. In: Maize silage for beef production. Reporting a joint project between Department of National Research Council. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7<sup>th</sup> rev. ed. National Academy Press. Washington, D.C. 381 p.
- Mosley, Jeff. 2001. Grazing management during and after extended drought. Montana State University. Communications Services. USA. [Disponible en:] <http://www.co.yellowstone.mt.gov/extension/ag/pubs/droughtgraze.pdf>[01/09/2010]
- Naranjo, J.P.; Guiamet, P.S. & Gómez de Saravia, S.G. 2009. Evaluación fitoquímica de extractos naturales de *Eucalyptus citriodora* y *Pinus caribaea* con actividad biocida. *BLACPMA*. 8 (5):445.
- Ojeda, A. et al. 2010. Contenido de taninos, fósforo fítico y actividad de fitasas en el grano de 12 híbridos de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L) Moench). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 60 (1):93.
- Pordomingo, A.J.; Volpi Lagreca, G.; Orienti, W.Y. & Welsh, R. 2003. Efecto del agregado de taninos en dietas de distinto nivel energético en vaquillonas para carne. <http://anterior.inta.gov.ar/anguil/info/boletines/bol79.htm>. [01/09/2010]
- Pordomingo, A.J.; Juan, N.A. & Pordomingo, A.B. 2007a. Relación entre el aumento de peso de novillos sobre verdeos de invierno y parámetros de calidad del verdeo. *Revista Argentina de Producción Animal*. 27 (1):83.
- Pordomingo, A.J.; Volpi Lagreca, G.; Stefanazzi, I.N. & Pordomingo, A.B. 2007. Efecto de la inclusión de taninos, monensina y soja cruda en dietas basadas en grano entero en engorde de vaquillonas a corral. *Revista Argentina de Producción Animal*. 27 (1):81.
- Rearte, D. 2010. Situación y perspectivas de la producción de carne vacuna. *Agromercado*. 29 (302):4. [http://anterior.inta.gov.ar/balcarce/carnes/SituacionActual\\_Prostpectiva\\_Produccion\\_carnevaca.pdf](http://anterior.inta.gov.ar/balcarce/carnes/SituacionActual_Prostpectiva_Produccion_carnevaca.pdf). [01/08/2010].
- Resch, G. 2010. Margen bruto por kg. de carne con distintas opciones de precio de compra y venta de hacienda. <http://www.imperiorural.com.ar/>. [15/01/2011].
- Rueda, S.; Taborda, L. & Correa, H.J. 2006. Relación entre el flujo de proteína microbiana hacia el duodeno y algunos parámetros metabólicos y productivos en vacas lactantes de un hato lechero del Oriente Antioqueño. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 19:27.
- SAGYP- INTA. 1989. Mapa de suelos de la provincia de Buenos Aires. Escala 1: 500000. Proyecto PNUD ARG 85/019. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, Instituto Nacional de

- Tecnología Agropecuaria. CIRN. Instituto de Evaluación de Tierras. Argentina. 472 p.
- SAS/STAT. 2005. User's guide version 6, fourth ed. Vol. 2. SAS Institute Inc. Cary, USA. p. 846.
- Silva, R. N.; Monteiro, N.V.; Alcanfor, J.X.; Assis, E.M. & Asquier, E.R. 2003. Comparison methods for the determination of reducers sugars and total in honey. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 23 (3). [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-20612003000300007](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612003000300007). [01/11/2010].
- SPSS. 2006. Software estadístico SPSS para Windows. Versión 15.0.1. IBM Corporation. New York.
- Stock, R. & Mader, F. 2006. Procesamiento del sorgo para engorde bovino. Institute of Agriculture and Natural Resources, University of Nebraska. [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_reservas/reservas\\_granos/03-procesamiento\\_sorgo.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_granos/03-procesamiento_sorgo.pdf). [01/11/2010].
- Tas, B.M. 2006. Nitrogen utilization of perennial ryegrass in dairy cows. In: Fresh herbage for dairy cattle. (Eds. A. Elgersma, J. Dijkstra and S. Tamminga). Springer. Dordrecht, The Netherlands. p. 125.
- Tilley, J.M. & Terry, R.L. 1963. A two stage technique for *in vitro* digestion of forage crops. *J. Br. Grassland Soc.* 18:104.
- Tomaso, J.C. 2005. Cereales forrajeros de invierno. Calidad del forraje. *Agromercado*. 24 (149):4.
- Trasmonte, D. 2002. Análisis comparativo de los métodos de evaluación de la disponibilidad de forraje en praderas perennes y verdes de invierno de la región oeste arenosa. <http://www.produccionbovina.com/>. [01/06/2011].
- Van Soest, J.P. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2<sup>nd</sup>. ed. Comstock Publishing Associates. Ithaca, New York. 476 p.
- Zamora, M; Massigoge, J & Melin, A, 2009. Evaluación del contenido de taninos en híbridos de sorgo granífero. Chacra integrada de Barrow (Buenos Aires). [http://www.inta.gov.ar/barrow/info/documentos/ganaderia/carpetajulio2009/taninos\\_sorgo\\_40pdf](http://www.inta.gov.ar/barrow/info/documentos/ganaderia/carpetajulio2009/taninos_sorgo_40pdf) [01/10/2010].

Recibido el 10 de abril del 2013

Aceptado el 3 de junio del 2013