

## REEMPLAZO DE UREA POR PROTEÍNA VERDADERA EN LA RECRÍA Y TERMINACIÓN DE NOVILLOS

*Urea or true protein inclusion in growing and finishing diets for beef cattle*

**Tobal, C.<sup>1</sup> y Pordomingo, A.J.<sup>2</sup>**

Facultad de Ciencias Veterinarias, UNLPam  
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

### RESUMEN

Se evaluó la sustitución de urea por harinas vegetales en la dieta sobre la respuesta animal, parámetros de res y de carne, en recría y terminación de novillos Angus. Se compararon 5 dietas basadas en maíz, heno y combinaciones de urea, con harinas de girasol (HG) o de soja (HS): 1) **Urea** (2% urea), 2) **GrUr** (1% urea + HG), 3) **Gira** (HG), 4) **GrSj** (HG + HS) y 5) **Soja** (HS), aplicadas sobre 2 categorías, recría y terminación. Se diseñaron para ofrecer 14% (Recría) y 12 % de PB (Terminación). Se utilizaron 75 terneros (Recría) y 75 novillos (Terminación), distribuidos en 25 corrales para cada categoría (3 por corral). Luego de 120 días de alimentación en Recría y 90 para Terminación se procedió a la faena de 50 animales de Recría y 75 de Terminación. Al inicio se faenaron 5 animales adicionales de cada categoría para determinar el rendimiento inicial de res (**Rtoi**) y calcular el peso de res inicial. Se determinaron consumo de materia seca (**CMS**) por corral, peso vivo (**PV**) y de res final (**PR**), aumento de PV y de res (**ADPV**, **ADPR**) e índices de conversión de alimento a PV y a res (**IC**, **ICR**). Se calculó el rendimiento final de res (**Rto**). Sobre una sección de bifés de cada 1/2 res izquierda incluyendo el músculo *longissimus thoracis* se determinó: área de ojo del bife (**AOB**), espesor de grasa dorsal (**EGD**), contenido de grasa intramuscular (**GI**) y parámetros L\*, a\* y b\* (luminosidad; tendencia al rojo; tendencia al amarillo) del músculo. La inclusión de harinas vegetales respecto de urea generó efectos incrementales ( $p < 0,05$ ) en PV, PR, ADPV, ADPR, AOB y GI, y decrecieron ( $p < 0,05$ ) los IC e ICR. La inclusión de HS se destacó respecto de HG, particularmente en Recría. Las dietas con HS tuvieron mayor L\* ( $p < 0,05$ ).

**Palabras clave.** harina de girasol, harina de soja, recría a corral, engorde a corral.

### SUMMARY

The study evaluated the substitution effect of urea por plant protein meals on animal performance, carcass and meat traits during backgrounding or finishing Angus steers. Five diets, based on cracked corn, hay and the combination of urea, sunflower meal (SFM) and soybean meal (SBM) were compared: 1) **Urea** (2% urea), 2) **GrUr** (2% urea + sunflower meal), 3) **Gira** (sunflower meal), 4) **GrSj** (sunflower meal + soybean meal) and 5) **Soja** (soybean meal), on 2 animal categories, calves (Bckgr) and finishing steers (Finish). Diets were formulated for 14% CP and 12% PB, respectively. Seventy-five calves and 75 steers were allocated at random to 25 pens within category, in groups of 3. After 120 days on feed for Bckgr and 90 days for Finish, 50 animals from Bckgr and the 75 from Finish were slaughtered in a commercial abattoir. Five additional animals within each category were slaughtered at the beginning of the study to determine initial carcass yield (**HCI**). Determinations included dry matter intake (**DMI**), live and carcass weight (**LW**, **CW**), daily weight and carcass gain (**ADG**, **CWG**), feed:ADG and feed:CWG ratios, and final hot carcass yield (**HCY**). Rib eye area (**REA**), back fat thickness (**BFT**) and intramuscular fat (**IMF**) and muscle color L\*, a\* and b\* parameters were also determined on a steak section removed 48 hours after harvest from each left carcass including the longissimus thoracis muscle fraction (LM). Final LW, CW, ADG, CWG, REA and IMF increased ( $p < 0.01$ ), and feed to gain ratios decreased ( $p < 0.05$ ) with the proportion of meals in the diet, compared with high urea diets. Effects on performance and efficiency were greater ( $p < 0.05$ ) for SBM containing diets and more evident in Bckgr. Soy-bean meal containing diets resulted in greater ( $p < 0.05$ ) L\*.

**Key words.** Sunflower meal, soybean meal, feedlot backgrounding, feedlot finishing.

### Introducción

En Argentina, las harinas de girasol y de soja son de uso común como fuentes de proteína verdadera en dietas para bovinos en la alimentación a corral (Pordomingo, 2017).

Aunque se asume que su incorporación sustituyendo urea mejora la respuesta animal, la evidencia comparativa es escasa y existe controversia respecto de la magnitud de la respuesta. La PB degradable en el rumen (PDR) es el motor de la fermentación ruminal en el bovino y primer factor

Recibido: noviembre 2020

Aceptado: diciembre 2020

<sup>1</sup> Docente de la Facultad de Ciencias Veterinarias, UNLPam

<sup>2</sup> Docente de la Facultad de Ciencias Veterinarias, UNLPam, Investigador INTA, Anguil, La Pampa

condicionante de la conversión del alimento. Aún con dietas de corral, entre el 70 y el 80 % del total de la proteína absorbida tiene origen en la síntesis de proteína microbiana en el rumen, estimulada por la oferta de PDR, péptidos y en particular aminoácidos (AA) (Storm et al., 1983; Bach et al., 2005; Moriel et al., 2015).

La harina de soja (**HS**) es de uso generalizado en el mundo como oferente proteico y existe información sobre la respuesta a ese subproducto, pero no existe el mismo nivel de información sobre la harina de girasol (**HG**). Richardson y Anderson (1981) y Richardson et al. (1981) reportaron un valor similar de reemplazo entre harina de soja y de girasol. Por su parte, Milton et al. (1997) y Lourenco et al. (2017) reportaron menor respuesta para la HG, comparada con harina de soja o de canola. Pero la experimentación es insuficiente para inferir sobre los sistemas argentinos. Dada la relevancia de estos insumos en la alimentación bovina en Argentina y a la carencia de información sobre la respuesta comparada a las harinas de girasol y de soja, en la sustitución de urea, se planteó el presente estudio. En esta experimentación se compararon dietas de similar concentración de energía metabolizable (**EM**; NRC, 2000) y similar concentración de fibra detergente neutro (FDN) y PB, confeccionadas en base a urea, harina de girasol o de soja, sobre la respuesta animal y parámetros de la res y la carne. Se hipotetizó que la respuesta animal y los atributos de la res y la carne mejoran con la participación de las harinas proteicas de girasol y soja en la dieta, en reemplazo parcial de urea, y que dichos efectos son de mayor significancia en la etapa de recría que en la terminación a corral. Se hipotetizó también que dietas con PB basada en harina de girasol generarían una respuesta inferior a la basada en harina de soja.

## Materiales y Métodos

### Sitio y tratamientos

La experimentación se llevó a cabo en la Estación Experimental Guillermo Covas de INTA – Anguil, La Pampa. Se realizaron dos experimentos en forma simultánea comparando 5 dietas producto de la combinación de urea, harina de girasol y harina de soja aplicadas sobre 2 categorías animales (terneros en recría y novillos en terminación). Los tratamientos para recría (Recría) fueron definidos por la composición de los principales aportantes a la PB: 1) **Urea** (urea al 2% de la dieta en base seca, sin inclusión de harinas), 2) **GrUr** (1,2% de urea + 12% de harina de girasol), 3) **Gira** (0,3% de urea + 25% de harina de girasol), 4) **GrSj** (0,3% de urea + 7% de harina de girasol y 11% de harina de soja) y 5) **Soja** (0,3% de urea + 15% de harina de soja). Los tratamientos para el experimento sobre novillos en terminación (Terminación) fueron: 1) **Urea** (urea al 1,5% de la dieta en base seca, sin inclusión de harinas), 2) **GrUr** (1% de urea + 5% de harina de girasol), 3) **Gira** (0,3% de urea + 17% de harina de girasol), 4) **GrSj** (0,3% de urea + 7% de harina de girasol y 7% de harina de soja) y 5) **Soja** (0,3% de urea + 11% de harina de soja). El tratamiento GrUr se incluyó para observar el

efecto de una reducción de urea al 1% (mitad de la cantidad prevista en Urea), con un menor riesgo de intoxicación por amoniosis y una inclusión limitada de una harina proteica. Este tipo de formulación es frecuente en planteos comerciales que intentan controlar el costo de alimentación con adición de urea pero consideran el 1% como máximo seguro. Adicionalmente, este tratamiento se incluyó también para incorporar un punto intermedio de integración de oferentes de N proteico y NNP para comparación de las dietas por la composición de la oferta de N. Los Cuadros 1 y 2 describen la composición de las dietas. Se basaron en grano de maíz quebrado y completaron con heno de mijo y un núcleo mineral con monensina. Las de Recría se formularon para ofrecer 14% de PB y 2,7 Mcal EM/ kg MS y las de terminación 12% PB y 2,8 Mcal EM/kg MS, de acuerdo con NRC (2000).

Ambos experimentos ocurrieron en simultáneo, los animales ingresaron a los corrales el mismo día en dos categorías, (terneros y novillitos) de PV y edad homogéneos dentro de cada grupo. Se utilizaron 75 terneros (Angus) de 159,5 ± 5,34 kg y 75 novillitos de 286,8 ± 4,12 kg de PV inicial promedio. Los 75 animales pertenecientes a cada experimento fueron alojados en 25 corrales, de a 3 por corral. Ambos grupos fueron hijos de las mismas madres y los mismos toros. Se diferenciaron en un año y 127 kg de PV promedio al inicio del estudio.

Se realizó un acostumbramiento progresivo de los animales a las dietas partiendo de 50 % de heno, 30 % de grano de maíz partido y 20 % del concentrado proteico incluyendo el 2,5 % del núcleo. Se incrementó cada 5 días el nivel de grano reduciendo la cantidad de heno para llegar al término de 15 días a las proporciones previstas para cada tratamiento. Los tratamientos con inclusión de urea en alta proporción sufrieron también el aumento progresivo de la cantidad de urea para llegar al 2 % (recría) o 1,5 % (terminación) en los 15 días de duración del acostumbramiento. El período de acostumbramiento a las dietas se incluyó en el período total de evaluación considerado, tanto para Recría como Terminación. Para Recría se planteó como meta una duración de período de 120 días y un ADPV de 800 g/d calculado a partir de la dieta de GrUr y basado en un CMS diario promedio de 2,7% del PV, usando las ecuaciones de NRC (2000). Para Terminación las metas fueron 90 días de duración, y un PV final en el rango de 380 a 400 kg, condicionado a un EGD de al menos 7 mm (por determinación ecográfica). En ambos experimentos los modelos elegidos se corresponden con planteos frecuentes de sistemas de recría y terminación a corral de novillos de razas británicas en Argentina con destino al mercado interno.

En Recría se suministró el alimento de manera restringida a razón de una expectativa de CMS diario de 2,7% del PV (base seca). Se ajustó el PV semanalmente en base al ADPV promedio entre pesadas cada 21 días, determinado previamente para cada corral. En Terminación, las dietas fueron ofrecidas sin restricción al CMS, con un excedente de al menos de 10% en base tal cual. En ese experimento, la oferta diaria se ajustó previo al suministro del día siguiente en

**Cuadro 1.** Composición de las dietas experimentales para recría de terneros Angus a corral.

**Table 1.** Composition of experimental diets for feedlot backgrounded Angus calves.

	Urea	GrUr	Gira	GrSj	Soja
Ingredientes, % (base seca)					
Grano de maíz quebrado	83,5	74,3	69,3	70,3	66,3
Harina de girasol	0	12	25	7	0
Harina de soja	0	0	0	11	15
Heno de mijo	12	10	3	9	16
Urea	2	1,2	0,3	0,3	0,3
Premezcla vitam. y mineral	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5

Urea: tratamiento (trt) con urea sin proteína vegetal; GrUr: trt con urea y harina de girasol; Gira: trt con harina de girasol; GrSj: trt con harinas de girasol y soja; Soja: trt con harina de soja

**Cuadro 2.** Composición de las dietas experimentales para terminación de novillos Angus a corral.

**Table 2.** Composition of experimental diets fed to finishing feedlot Angus steers.

	Urea	GrUr	Gira	GrSj	Soja
Ingredientes, % (base seca)					
Grano de maíz quebrado	83,0	80,5	76,4	76,4	76,4
Harina de girasol	0	5	17	7	0
Harina de soja	0	0	0	7	11
Heno de mijo	13	11	4	7	10
Urea	1,5	1,0	0,3	0,3	0,3
Premezcla vitam. y mineral	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5

Urea: tratamiento (trt) con urea sin proteína vegetal; GrUr: trt con urea y harina de girasol; Gira: trt con harina de girasol; GrSj: trt con harinas de girasol y soja; Soja: trt con harina de soja

un 5% cuando el excedente se determinó por debajo de la cantidad esperada como remanente del día anterior. Por lo que cada día, previo al suministro, se removió y pesó el remanente en el comedero de cada corral. Se alimentó por corral en mezcla completa una vez al día, por la mañana a las 8:00.

#### Muestras y determinaciones

Se determinó el PV individual mediante balanza electrónica cada 21 días. Cada pesada de los animales se realizó previo al suministro de alimento. En el caso de Recría, las pesadas intermedias sirvieron para monitorear el CMS en relación al PV y ajustar la oferta al objetivo de nivel de CMS esperado. En Terminación se utilizaron para el seguimiento del ritmo de engorde pero no se emplearon en los cálculos de resultados. A partir de los valores de PV inicial, PV final y la duración de cada experimento se calculó el ADPV de cada animal y el promedio por corral.

Se registró en forma diaria la cantidad de alimento ofrecido y el remanente del día anterior por corral para determinar por diferencia el CMS diario, reportándose para el animal promedio por corral. Tanto para Recría como para Terminación, con la información de CMS y el período de días entre pesadas se calculó el CMS diario medio por corral para la duración del experimento. Se expresó el CMS en valor absoluto por animal (kg MS/d) y en relación al PV medio (CMSPV, %). Se calculó el índice de conversión (IC) promedio del período dividiendo el CMS por el ADPV, ambos calculados para el animal promedio de cada corral.

En Terminación, alcanzados los 90 días y previo a dar por finalizado el engorde, los novillos se escanearon para EGD mediante ultrasonografía dorsal (Falco 100 Scanner, Pie Medical) sobre la dimensión transversal a la columna vertebral del lado izquierdo de la línea media, a 2,5 cm de ésta y sobre el espacio intercostal entre la 12<sup>va</sup> y 13<sup>ra</sup> costilla para constatar el EGD.

Finalizado cada período experimental y dos días después de la última pesada, los animales se trasladaron a un frigorífico comercial ubicado a 15 km de la Estación Experimental. A las 12 horas de su arribo se faenaron 50 animales correspondientes a Recría (10 por cada tratamiento) y la totalidad de los animales correspondientes a Terminación. Inmediatamente después de cada faena se determinó el peso de la res en caliente (PR). Con ese dato y el PV final de cada animal (última pesada individual) se calculó el rendimiento de res ( $R_{to} = PR/PV$  final). El mismo procedimiento se utilizó al inicio del estudio para faenar 5 animales de cada categoría para obtener el dato de rendimiento de res promedio inicial ( $R_{toi}$ ). Multiplicando el promedio del  $R_{toi}$  de los 5 animales dentro de cada grupo por el PV inicial individual se estimó el peso inicial de res ( $PR_i$ ) de cada animal. El aumento diario de peso de res (ADPR) se calculó como la diferencia entre el PR de cada animal y la determinación de  $PR_i$ , dividido por la cantidad de días entre las pesadas inicial y final. Dividiendo el CMS sobre el ADPR se determinó el índice de conversión de res (ICR) para cada animal.

A las 48 h de cada faena se extrajo un bloque de bifes con hueso de la 1/2 res izquierda de cada animal, incluyendo la sección del músculo *longissimus thoracis* (LM), en un corte transversal de la columna vertebral entre la 9<sup>na</sup> y 11<sup>va</sup> costilla. Los bloques se identificaron individualmente, se enfriaron por 18 h a adicionales a 2°C en la planta frigorífica y se transportaron al laboratorio de carnes de la Estación Experimental de INTA en Anguil, La Pampa. Inmediato al arribo se procedió a envasar al vacío cada sección utilizando bolsas tipo Sealed air Cryovac de 50µm. A continuación y habiendo transcurrido 72 h desde la faena, se congelaron a -20°C en freezer y se mantuvieron a esa temperatura hasta realizar los análisis correspondientes.

Para las determinaciones físicas y químicas los bloques fueron descongelados a 4 ±1°C durante 24 h. Se seccionaron en dos bifes de aproximadamente 5 cm de espesor. Sobre uno de ellos (craneal) se determinaron: área de ojo de bife (AOB), espesor de grasa dorsal (EGD), pH y contenido de grasa intramuscular (GI). El AOB se obtuvo calcando el contorno del ojo de bife sobre una hoja de acetato y luego por planimetría se calculó la superficie abarcada. El EGD se midió perpendicularmente al LM, a ¼ de la distancia medida desde el extremo dorsal al extremo ventral del bife utilizando una regla milimetrada.

El pH se determinó con un pHmetro (Thermo Orion 420, USA) con electrodo estandarizado y calibrado con buffers de pH 4,0 y 7,0. El electrodo se introdujo en tres puntos distintos de cada sección del LM, paralelo a la disposición de las fibras musculares y con un ángulo de 45° respecto a la superficie de la muestra. El valor final de pH fue el promedio de las tres mediciones por muestra analizada. De esa misma sección del LM se extrajo una muestra de carne evitando la contaminación con grasa de cobertura para la determinación de GI. Sobre esa muestra se extrajeron los lípidos totales con hexano en ebullición en un equipo Tecator, según el método Soxhlet (AOAC, 2000). Los resultados se expresaron en porcentaje de GI en base al peso del tejido fresco analizado.

Sobre el segundo bife, luego de 1 hora en heladera a 4°C sin ningún tipo de cobertura para el desarrollo de blooming y sin remover la sección de hueso vertebral, se realizaron las mediciones de color. Se utilizó un colorímetro Minolta (CR-310; Minolta Inc., Osaka Japan) con un área de visión de 50-mm de diámetro e iluminate D65. Se aplicó el colorímetro sobre el área de LM y se obtuvieron los valores de las coordenadas L\* (luminosidad), a\* (tendencia al rojo) y b\* (tendencia al amarillo). Se realizaron 5 mediciones en diferentes sitios de la superficie del bife para obtener una lectura promedio, excluyendo las regiones de nervios o acúmulos de grasa.

Se recolectaron muestras del alimento cada dos semanas. Se confeccionaron muestras compuestas para cada momento de muestreo y cada corral dentro de cada tratamiento. En el laboratorio, las muestras se secaron en estufa con aire forzado a 60°C hasta peso constante, luego se molieron con un molino Thomas-Willey (modelo 4, Thomas Scientific, EEUU) utilizando una malla de 1 mm, se etiquetaron y se mantuvieron en bolsa tipo ziploc hasta su análisis químico.

Sobre las muestras molidas se determinaron el contenido de materia seca (MS) y PB por AOAC (2000), fibra detergente ácido (FDA) y FDN de acuerdo a Van Soest et al. (1991) utilizando un equipo Ankom<sup>200</sup> fiber analyzer y bolsitas filtrantes Ankom F57. Se estimó la concentración de EM de la dieta de acuerdo a ecuaciones de NRC (2000).

#### Análisis estadístico

Los resultados de cada experimento se analizaron mediante un diseño totalmente aleatorizado. Los corrales constituyeron las unidades experimentales. Se utilizó PROC ANOVA (SAS, 1999) considerando el tipo de dieta como efecto fijo y un valor de p<0,05 como nivel de significancia. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey.

## Resultados

### Experimento 1. Recría

Las dietas ofrecidas resultaron similares en oferta de PB y EM de acuerdo con el diseño previsto para este experimento (Cuadro 3). En el Cuadro 4 se reportan los resultados de producción y eficiencia individual. El PV inicial fue de 160 ± 2,8 kg y similar entre tratamientos (p=0,89). Al finalizar Recría los tratamientos difirieron en PV final (p<0,01). El menor valor fue de 238 kg y el mayor de 295 kg para los Urea y Soja, respectivamente. El PV final resultó mayor (p<0,01) para los tratamientos con la inclusión de las harinas de proteicas, comparados con Urea. Por su parte, GrUr no se diferenció de Gira (p>0,05) en PV final (257 vs 265 kg PV, respectivamente). El ADPV inferior fue de 644 g/d en Urea y el mayor fue de 1137 g/d en Soja (76% superior). Aunque el ADPV de GrUr fue 8% inferior numéricamente al de Gira, estos tratamientos no difirieron (p=0,17) entre sí y fueron superados por GrSj y Soja (p≤0,02). Soja superó a GrSj (p=0,04) en ADPV.

Consecuente con lo observado en PV final, se detectaron efectos de tratamiento (p<0,01) sobre el PR con la inclusión de harinas vegetales y en particular con la adición de harina de soja, respecto de Urea. Los PR inferiores fueron 135 y 146 kg y correspondieron a Urea y GrUr, respectivamente, un 25% y 15% menos que los alcanzados en Soja (169 kg). El PR fue mayor (p<0,05) en GrUr respecto de Urea, entre Gira y GrUr y con la inclusión creciente de harina de soja. La similitud de respuestas en PV y PR observadas resultaron en ausencia de efectos de tratamiento (p=0,51) sobre el Rto. El ADPR describió la misma tendencia que el ADPV. En promedio, el ADPR de Soja resultó 70 % superior al de Urea, y 38,8% superior al de GrUr. Por su parte, los ADPR de GrSj y Gira fueron 54 y 35% superior al de Urea, respectivamente.

El CMS resultó superior para GrSj y Soja (p≤0,05), comparados con el resto. El tratamiento Gira resultó en un CMS intermedio y los tratamientos Urea y GrUr registraron los CMS inferiores (Cuadro 4). Sin embargo, el CMSPV resultó similar entre tratamientos (p=0,28) y promedió 2,8 ± 0,07 %. La incorporación de las harinas proteicas provocó un decrecimiento del IC. El tratamiento Urea tuvo el mayor IC (p<0,05) comparado con los otros tratamientos. El menor

**Cuadro 3.** Contenido de PB, fibra detergente y concentración de energía metabolizable de las dietas de terneros Angus en recría a corral.

**Table 3.** Crude protein, detergent fiber content and metabolizable energy concentration of diets fed to feedlot backgrounded Angus calves.

	Urea	GrUr	Gira	GrSj	Soja
PB, %	14,2	14,1	14,2	14,1	14,2
FDN, %	17,9	18,9	20,3	20,8	21,1
FDA, %	12,4	13,3	14,5	14,4	14,4
EM, Mcal/kg MS	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72

Urea: tratamiento (trt) con urea sin proteína vegetal; GrUr: trt con urea y harina de girasol; Gira: trt con harina de girasol; GrSj: trt con harinas de girasol y soja; Soja: trt con harina de soja; PB = Proteína bruta; FDN = Fibra detergente neutro; FDA = Fibra detergente ácido; EM = Concentración de energía metabolizable (NRC, 2000)

**Cuadro 4.** Efectos de la combinación de oferentes proteicos en dietas de alta energía sobre aumento de peso vivo, consumo de materia seca y conversión alimenticia a peso vivo y res en etapa de recría de terneros Angus a corral.

**Table 4.** Effects of diets based on the combination of crude protein concentrates on performance and efficiency of feedlot backgrounded Angus calves.

	Urea	GrUr	Gira	GrSj	Soja	EEM	P
PV inicial, kg	161	160	160	158	159	3,2	0,89
PV final, kg	238 a	257 bc	265 c	281 d	295 e	4,8	< 0,01
ADPV, g/d	644 a	806 bc	875 c	1026 d	1137 e	60,3	< 0,01
PR, kg	135 a	146 b	152 c	161 d	169 e	2,1	< 0,01
Rto, %	56,5	56,7	57,3	57,2	57,3	0,07	0,51
ADPR, g/d	424 a	520 b	572 c	655 d	722 e	21,1	< 0,01
CMS, kg/d	5,6 a	5,8 ab	6,0 b	6,4 c	6,6 c	0,18	< 0,02
CMSPV, %	2,8	2,8	2,8	2,9	2,9	0,52	0,28
IC	8,7 d	7,2 c	6,8 bc	6,2 b	5,8 a	0,25	0,04
ICR	13,2 d	11,2 c	10,4 b	9,7 ab	9,1 a	0,23	< 0,01

Urea: tratamiento (trt) con urea sin proteína vegetal; GrUr: trt con urea y harina de girasol; Gira: trt con harina de girasol; GrSj: trt con harinas de girasol y soja; Soja: trt con harina de soja; a, b, c, d, e. Medias de trt seguidas por letras diferentes difieren  $p < 0,05$ ; EEM = Error estándar de la media; PV: Peso vivo; ADPV: Aumento diario de peso vivo; PR = Peso de res; Rto: Rendimiento de res en caliente; ADPR = Aumento diario de peso de res; CMS: Consumo de materia seca; CMSPV: Consumo de materia seca relativa al peso vivo medio; IC: Índice de conversión a PV (CMS/ADPV); ICR: Índice de conversión a res (CMS/ADPR).

valor de IC se alcanzó en Soja (5,8:1) y el mayor en Urea (8,7:1). No se detectaron diferencias en IC ( $p > 0,05$ ) entre GrUr y Gira, y entre GrSj y Gira. En ICR la respuesta fue similar a la observada en IC. Soja no se diferenció de GrSj ( $p = 0,16$ ), y GrSj no se diferenció de Gira ( $p = 0,20$ ), pero Soja tuvo menor IC que Gira ( $p < 0,01$ ) y este último que GrUr ( $p = 0,03$ ).

El AOB, el EGD y el contenido de GI incrementaron con la inclusión de las harinas proteicas, en particular la harina de soja (Cuadro 5). El tratamiento Soja expresó un AOB superior ( $p \leq 0,03$ ) a Urea y a GrUr, pero similar ( $p > 0,05$ ) a Gira y GrSj. El EGD resultó similar entre Urea, GrUr y Gira ( $p \geq 0,17$ ) y entre GrSj y Soja ( $p = 0,65$ ), siendo mayor el de este segundo grupo respecto del primero ( $p \leq 0,02$ ). El tratamiento Urea resultó en el de menor contenido de GI ( $p < 0,05$ ) respecto del resto. Le siguieron los tratamientos GrUr y Gira, que no se diferenciaron ( $p = 0,50$ ) entre sí. Los mayores valores

correspondieron a GrSj y Soja, respecto del resto ( $p \leq 0,05$ ), sin diferenciarse entre sí ( $p = 0,66$ ).

No se detectaron efectos de tratamiento en pH ( $p = 0,34$ ). El valor de  $L^*$  fue mayor ( $p < 0,05$ ) para los tratamientos con harina de soja respecto del resto, resultó similar entre GrSj y Soja ( $p = 0,14$ ) y entre Urea, GrUr y Gira ( $p \geq 0,05$ ). No se detectaron efectos en los parámetros  $a^*$  y  $b^*$  ( $p > 0,05$ ), aunque podría sugerirse una tendencia ( $p = 0,06$ ) de efecto de tratamiento en  $a^*$ , con mayor valor en Urea.

#### Experimento 2. Terminación

El Cuadro 6 resume la composición proximal de las dietas ofrecidas en Terminación. Las dietas resultaron similares en aporte de PB y EM, acorde al diseño previsto. El Cuadro 7 resume los resultados sobre la producción y la conversión en la etapa de terminación. El PV inicial fue de  $287 \pm 1,3$  kg y

**Cuadro 5.** Efectos de la combinación de oferentes proteicos en dietas de alta energía sobre parámetros del músculo *longissimus thoracis* en la etapa de recría de terneros Angus a corral.

**Table 5.** Effects of diets based on the combination of crude protein concentrates on parameters of the *longissimus thoracis* muscle of feedlot backgrounded Angus calves.

	Urea	GrUr	Gira	GrSj	Soja	EEM	P
AOB, cm <sup>2</sup>	34,5 a	34,6 a	36,3 ab	36,5 ab	37,2 b	1,12	0,04
EGD, mm	3,2 a	3,6 a	3,6 a	4,5 b	4,4 b	0,25	< 0,01
GI, %	1,5 a	2,2 b	2,3 b	3,1 c	3,2 c	0,12	< 0,01
pH final	5,7	5,7	5,7	5,7	5,6	0,11	0,34
Color del músculo							
L*	38,6 a	38,3 a	38,9 ab	39,2 b	39,3 b	0,18	0,04
a*	17,4	16,8	16,6	16,5	16,7	0,32	0,06
b*	12,8	12,6	12,2	12,3	11,9	0,23	0,14

Urea: tratamiento (trt) con urea sin proteína vegetal; GrUr: trt con urea y harina de girasol; Gira: trt con harina de girasol; GrSj: trt con harinas de girasol y soja; Soja: trt con harina de soja. a,b, c: Medias de trt seguidas por letras diferentes difieren p<0,05. EEM = Error estándar de la media. EGD: Espesor de grasa dorsal. AOB: Área de ojo de bife. GI: Grasa intramuscular

**Cuadro 6.** Contenido de PB, fibras detergente y concentración de energía metabolizable de las dietas be experimentación ofrecidas a novillos Angus en terminación a corral.

**Table 6.** Crude protein content, detergent fibers and concentration of metabolizable energy of the experiment diets fed to the feedlot finished Angus steers

	Urea	GrUr	Gira	GrSj	Soja
PB, %	12,4	12,1	12,2	12,4	12,3
FDN, %	15,5	16,5	17,5	17,9	18,4
FDA, %	10,8	11,6	12,5	12,6	12,7
EM, Mcal/kg MS	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77

Urea: tratamiento (trt) con urea sin proteína vegetal; GrUr: trt con urea y harina de girasol; Gira: trt con harina de girasol; GrSj: trt con harinas de girasol y soja; Soja: trt con harina de soja. PB = Proteína bruta. FDN = Fibra detergente neutro. FDA = Fibra detergente ácido. EM = Concentración de energía metabolizable (NRC, 2000)

**Cuadro 7.** Efectos de la combinación de oferentes proteicos en dietas de alta energía sobre aumento de peso vivo, consumo de materia seca y conversión alimenticia a peso vivo y res en terminación de novillos Angus a corral.

**Table 7.** Effects of diets based on the combination of crude protein concentrates on performance and efficiency of feedlot finished Angus steers.

	Urea	GrUr	Gira	GrSj	Soja	EEM	P
PV inicial, kg	286	287	287	288	286	4,7	0,73
PV final, kg	376 a	386 a	404 c	404 c	406 c	5,5	<0,01
ADPV, g/d	996 a	1098 a	1301 b	1294 b	1336 b	74,2	< 0,01
PR, kg	215 a	225 b	237 c	239 c	241 c	2,1	0,02
Rto, %	57,3	58,4	58,7	59,2	59,3	0,12	0,39
ADPR, g/d	707 a	813 b	945 c	964 c	992 c	27	< 0,01
CMS, kg/d	8,6 a	8,7 a	9,0 ab	9,3 b	9,3 b	0,21	0,03
CMSPV, %	2,6	2,6	2,6	2,7	2,7	0,29	0,34
IC	8,6 b	8,0 b	6,9 ab	7,2 a	7,0 a	0,33	0,02
ICR	12,2 c	10,8 b	9,5 a	9,7 a	9,4 a	0,18	0,01

Urea: tratamiento (trt) con urea sin proteína vegetal; GrUr: trt con urea y harina de girasol; Gira: trt con harina de girasol; GrSj: trt con harinas de girasol y soja; Soja: trt con harina de soja; a, b, c, d, e. Medias de trt seguidas por letras diferentes difieren p<0,05. EEM = Error estándar de la media. PV = Peso vivo. ADPV = Aumento diario de PV. PR = Peso res en caliente. Rto = Rendimiento de res en caliente. ADPR = Aumento diario de peso de res. CMS = Consumo de materia seca. CMSPV = Consumo de materia seca relativa al PV medio. IC = Índice de conversión a PV (CMS/ADPV). ICR = Índice de conversión a res (CMS/ADPR)

similar entre tratamientos ( $p=0,73$ ). Al finalizar el engorde, los tratamientos difirieron en PV ( $p<0,01$ ). El menor PV final fue de 376 kg y el mayor de 406 kg correspondiendo a Urea y Soja, respectivamente. Los tratamientos Gira, GrSj y Soja no se diferenciaron en PV final ( $p>0,65$ ;  $405 \pm 1,7$  kg PV) y, por su parte, Urea y GrUr resultaron similares ( $p=0,14$ ). Los tratamientos Urea y GrUr resultaron similares ( $p=0,22$ ) en ADPV y en promedio inferiores ( $p=0,02$ ) al promedio de los otros tres tratamientos (1.047 vs 1.310 g/d, respectivamente). Consecuente con lo observado para PV final, Urea resultó en el menor PR, seguido por GrUr, ambos tratamientos inferiores ( $p<0,05$ ) a los otros tres. Pero no se detectaron efectos ( $p>0,05$ ) en PR entre Gira, GrSj y Soja. No se detectaron efectos de tratamiento sobre Rto ( $p=0,39$ ; 58,6% en promedio de tratamientos). En una respuesta similar a la observada para ADPV, el ADPR de Soja resultó 40% superior al de Urea y 22% superior al de GrUr. Los tratamientos Gira, GrSj y Soja no se diferenciaron en ADPR ( $p=0,44$ ) y promediaron 967 g/d.

Los tratamientos afectaron el CMS ( $p=0,03$ ) resultando superior para GrSj y Soja ( $p<0,05$ ). El tratamiento Gira resultó en un CMS intermedio mientras que Urea y GrUr tuvieron CMS menores ( $p<0,05$ ). Sin embargo, no se detectaron diferencias en CMSPV ( $p=0,34$ ;  $2,6 \pm 0,06$  %). La inclusión de harinas mejoró el IC. Los tratamientos Urea y GrUr no se diferenciaron ( $p=0,32$ ) en IC, pero el promedio de éstos resultó superior ( $p<0,01$ ) al de Gira, GrSj y Soja. No se detectaron efectos ( $p>0,05$ ) en IC entre estos 3 tratamientos. En una situación intermedia, no se detectó efecto ( $p=0,19$ ) entre GrUr y Gira. El menor valor de IC se alcanzó en Soja (7,0:1) y el mayor en Urea (8,6:1) por lo que el IC de Soja resultó 23% inferior ( $p<0,01$ ) respecto de Urea. El ICR decreció con el incremento de las harinas y en particular la harina de soja. El efecto sobre ICR con la inclusión de harinas en reemplazo de urea fue más evidente que sobre IC. En esta variable se detectó una mejora del 13% entre Urea y GrUr

( $p=0,03$ ). Los tratamientos Gira, GrSj y Soja no se diferenciaron en ICR ( $p=0,30$ ; 9,6:1). Por su parte, GrUr se ubicó en una respuesta intermedia entre Urea y Gira, diferenciándose de ambos ( $p<0,05$ ).

El Cuadro 8 reporta los parámetros de carne evaluados. Los tratamientos Urea y GrUr no se diferenciaron ( $p=0,70$ ) en AOB. Tampoco se detectaron diferencias ( $p\geq 0,24$ ) en AOB entre Gira, GrSj y Soja. Pero el AOB de estos últimos fue superior al de Urea y GrUr ( $p\leq 0,02$ ). Todos los animales superaron 7 mm de EGD por ecografía al momento de faena. No se detectaron efectos de tratamiento en el EGD ( $p=0,37$ ) en la medición directa sobre el bife. Sin embargo, el contenido de GI fue mayor ( $p<0,01$ ) para las dietas con harinas proteicas respecto de Urea. Los tratamientos GrUr, Gira y GrSj no se diferenciaron ( $p>0,05$ ). Pero GrSj alcanzó un contenido de GI numéricamente superior al de GrUr y Gira, y suficiente para no diferenciarse de Soja ( $p=0,17$ ).

Los tratamientos no afectaron el pH de la carne ( $p=0,51$ ) pero se detectaron efectos sobre los valores de  $L^*$  y  $a^*$  ( $p<0,03$ ). La carne de los tratamientos GrSj y Soja resultó de mayor  $L^*$  que GrUr ( $p\leq 0,04$ ) y Urea ( $p\leq 0,02$ ). Por su parte, las dietas con alta incorporación de las harinas vegetales (Gira, GrSj y Soja) resultaron en carne de menor  $a^*$  ( $p\leq 0,05$ ), comparadas con las basadas en mayor proporción de urea (Urea y GrUr). No se detectaron efectos de tratamiento sobre  $b^*$  ( $p=0,12$ ).

## Discusión

Galyean et al. (1996) reportaron que la dieta del feedlot comercial en EEUU varía entre 12 y 14% de PB, con la mayor parte de la misma (80%) como proteína degradable. Una limitante relevante de la eficiencia de utilización de la proteína es la metabolizabilidad de la energía y el balance de proteína (Meissner, 1992; Ainslie et al., 1993; Rossi et al., 2000). Merchen y Titgemeyer (1992) indicaron que la

**Cuadro 8.** Efectos de la combinación de oferentes proteicos en dietas de alta energía en la terminación de novillos en terminación a corral sobre parámetros del músculo *longissimus thoracis*.

**Table 8.** Effects of diets based on the combination of crude protein concentrates on parameters of the *longissimus thoracis* muscle of feedlot finished Angus steers.

	Urea	GrUr	Gira	GrSj	Soja	EEM	P =
AOB, cm2	57,2 a	56,8 a	59,4 b	61,0 b	60,7 b	1,05	< 0,01
EGD, mm	7,7	7,8	8,0	8,2	8,3	0,35	0,37
GI, %	3,9 a	4,6 b	4,6 b	4,8 bc	5,1 c	0,16	0,01
pH final	5,7	5,7	5,6	5,6	5,6	0,06	0,51
Color del músculo							
$L^*$	39,2 a	40,3 b	41 c	41,6 d	41,8 d	0,24	0,03
$a^*$	16,4 c	15,7 b	14,9 ab	14,5 a	14,5 a	0,33	0,02
$b^*$	12,8	12,7	12,2	11,4	11,3	0,06	0,12

Urea: tratamiento (trt) con urea sin proteína vegetal; GrUr: trt con urea y harina de girasol; Gira: trt con harina de girasol; GrSj: trt con harinas de girasol y soja; Soja: trt con harina de soja. a, b, c. Medias de trt seguidas por letras diferentes difieren  $p<0,05$ . EEM = Error estándar de la media. EGD = Espesor de grasa dorsal. AOB = Área de ojo de bife. GI = Grasa intramuscular

eficiencia de utilización del N se incrementa cuando el flujo de AA al duodeno se sincroniza con los requerimientos de los tejidos en bovinos en crecimiento. Los autores indicaron que el flujo de AA se puede incrementar maximizando la síntesis microbiana, manipulando la composición de AA y la degradabilidad de la proteína, o alimentando con AA protegidos. Russel (1998) sugirió que en dietas de alto contenido de grano y con asincronías de fermentación, la síntesis de proteína se puede incrementar con el suministro de fuentes de proteína verdadera más que en base a nitrógeno amoniacal. Por su lado, Castillo et al. (2001) reportaron que en dietas de alta fermentabilidad cuya base proteica es de PDR, el balance de PM podría ser neutro o incluso excedentario respecto de requerimientos de alta producción. En ese sentido, el efecto adicional sobre la eficiencia de conversión con el suministro de proteínas de baja degradabilidad ruminal (PNDR) podría ser muy bajo o nulo, aunque dicho efecto depende del nivel de consumo (Loerch y Berger, 1981; Castillo et al., 2000). Pordomingo et al. (2003) compararon dietas a base de grano entero de maíz (73%) y harina de girasol (15%) con una dieta que contenía harina de pescado (2,5%), y harina de plumas (3%) para aportar proteínas de baja degradabilidad ruminal. La adición de PNDR no mejoró el ADPV. En ese caso, se detectó una leve depresión del CMS que resultó en una mayor eficiencia de conversión. Se destacaron en ese estudio los ADPV obtenidos (superiores a 1,5 kg/d) en animales jóvenes (340 a 359 de peso final). El potencial de las dietas de alta energía con PDR se corroboró también en otros trabajos (Parra et al., 2002; Elizalde et al., 2003, Pordomingo et al., 2004, 2011). De manera similar, Koenig y Beauchemin (2013) observaron ausencia de respuesta en ADPV, CMS e IC en dietas con inclusión de proteína verdadera de distinta degradabilidad y NNP, comparadas con una dieta basada en 85% de cebada y 13,5% PB. En ambos experimentos del presente estudio se verifica que la metabolibilidad de la PB sería relevante en la respuesta animal. Los tratamientos con aporte de PB vegetal incrementaron el CMS y posiblemente la tasa de síntesis proteica. El efecto fue de mayor magnitud en Recría. En el contexto de este estudio se desconoce la dimensión del bypass proteico de las harinas vegetales utilizadas por lo que no puede concluirse que la respuesta se deba a mayor flujo de proteína microbiana. Las dietas fueron similares en concentración de EM estimada por ecuaciones de NRC (2000), pero la respuesta no habría sido solo proporcional al CMS sino también a la fuente de proteína, efecto muy evidente en Recría. Esos efectos fueron menos relevantes en Terminación entre las dietas basadas en fuentes de proteína vegetal o su combinación, comparadas con la basada en urea.

La disponibilidad de N en el rumen es el primer determinante de la fermentación del alimento y frecuentemente se recurre a la urea como el oferente de N (Galyean et al, 1996). Dietas con altos contenidos de urea son frecuentes por la reducción de costos que implica el reemplazo de proteína verdadera por urea u otra fuente de N amoniacal (Pordomingo et al., 1999, 2000; Volpi Lagreca et al., 2010). Pero, la inclusión de urea (o formas similares de

NNP) requiere de alta capacidad fermentativa en el rumen. Su eficiencia depende de las sincronías de la fermentación (Meng et al., 1999). En ambos experimentos de este estudio se incluyó urea en todos los tratamientos para proveer N amoniacal. Se la incluyó a un nivel del 0,3% de la dieta con el objetivo de aportar 10 g de N en forma de urea/kg MS consumida, equivalente a 6% de PB, y evitar efectos confundidos por subestimación de la calidad de la proteína verdadera enmascarada en la desaminación ruminal por déficit de N en el rumen.

Por su parte, la evidencia experimental (Ponce, 2010; Ceconi et al., 2015) indica que la respuesta a la inclusión de urea existe en la medida que se logre y mantenga un balance de PM positivo y siempre que no existan limitaciones en la oferta de energía fermentecible al rumen. Ese aporte de N dietario sería efectivo hasta cubrir las necesidades de las bacterias ruminales (Ponce, 2010; Koenig y Beauchemin, 2013). Jenkins et al. (2011) reportaron ausencia de respuesta a la inclusión de urea en dietas basadas en maíz aplastado con 10 a 25% de burlanda seca o húmeda. Devant et al. (2001) reportaron efectos positivos de la inclusión de urea en complemento de la oferta proteica de harina de soja en una dieta basada en cebada a vaquillonas Holstein. De acuerdo a los autores, el resultado tuvo que ver en parte a la baja solubilidad y degradabilidad ruminal de esa fuente de PB. En un tratamiento adicional con la inclusión de harina de pescado y gluten meal, el déficit de proteína degradable en rumen fue mayor y la síntesis de proteína microbiana menor. Ceconi et al. (2015) reportaron mejora de la performance animal de novillos en terminación, la fermentación ruminal y la digestibilidad del alimento al incorporar 0,4 y 0,6% de urea (en base seca) a dietas de engorde en base de maíz partido o maíz aplastado húmedo y burlanda al 20%. Milton et al. (1997) demostraron que incrementos de PB del 10,6 al 12,6% por medio de la adición de PNDR no mejoró la respuesta en ADPV o IC de novillos en engorde sobre una dieta basada en maíz aplastado. Gleghorn et al. (2004) reportaron que el incremento del nivel de PB de 13 a 14,5% en una dieta basada en maíz en copos (flakes) no tuvo efecto en desempeño animal y el agregado de urea fue más efectivo que el de harina de semilla de algodón. McCoy et al. (1998) y Wagner et al. (2010) demostraron que novillitos alimentados con dietas en base a maíz aplastado o con la adición de gluten feed y una fuente de PNDR (en base a harina de plumas y de sangre) durante 168 días no se diferenciaron ADPV e IC.

En el presente estudio, el novillo en terminación fue menos sensible a la fuente proteica vegetal que el de Recría. Posiblemente, los requerimientos de PM de los animales en etapas más tempranas del crecimiento pudieron ser mejor cubiertos por las fuentes de proteínas verdaderas. Aunque no verificable en este estudio, ese efecto sugeriría un uso más eficiente de esas fuentes, en particular de la harina de soja, en esa categoría. Esa mayor eficiencia podría provenir en parte de una mayor tasa de pasaje y mayor flujo de proteína microbiana, como también de un mayor escape de proteína dietaria hacia el tracto inferior. Sniffen y Robinson (1987) concluyeron que la tasa de pasaje se correlaciona con la

productividad de biomasa bacteriana y la productividad de proteína en rumen o eficiencia bacteriana, y consecuentemente con el CMS. En consonancia, varios autores (Russell y Baldwin, 1979; Evans, 1981; Meng et al., 1999) reportaron mayor eficiencia microbiana asociada a un mayor flujo de ingesta hacia el tracto inferior (tasa de pasaje). Una población bacteriana más joven también sería sujeto de menor mortalidad bacteriana, de menor tasa de predación y de selección, con menor gasto energético de mantenimiento (Meng et al., 1999; Russell, 2007). Esa presunción ameritaría un estudio en particular dada la consistencia de la respuesta observada.

La menor relevancia de la fuente de PB en novillo en terminación ha sido reportada en varios trabajos (Jenkins et al., 2011; Vasconcelos et al., 2007). Ceconi et al. (2015) reportaron reportó mejor respuesta animal con la inclusión de urea hasta el 0,6% de la dieta total diaria. Aunque debe tenerse en cuenta que en dicho estudio se utilizó burlanda de maíz, fuente de proteína con mayor contenido de PNDR que las utilizadas en los presentes experimentos. En el estudio de Ceconi et al. (2015) se puso relevancia en los beneficios de la inclusión de urea para incrementar la fermentabilidad y se reportó también la dependencia de la naturaleza de la dieta, y en particular del componente energético. En un trabajo con novillos pesados, Cooper et al. (2002a) ofrecieron niveles crecientes de urea hasta 1,2% de la dieta y lograron 1,85 kg/día de ADPV, en comparación a 1,7 kg/día para el tratamiento control (sin urea). En concordancia con estos resultados, Pordomingo (2017) sugirió que el nivel máximo de urea a ofrecer en novillos o vaquillonas con PV mayores a 250 kg sería de 1,2% de la dieta total (base seca), controlando así el riesgo de intoxicación amoniacal.

La sincronía de la fermentación ruminal entre almidón y proteína sería el mayor contribuyente a la fermentación ruminal, a la eficiencia de conversión de energía y N a proteína microbiana (Satter y Slyer, 1974; Cooper et al., 2002b) y consecuentemente a la metabolibilidad del alimento (Herrera-Saldana et al., 1990; Hoover y Stokes, 1991). La eficiencia de la síntesis y la provisión de proteína microbiana al tracto inferior son función de la sincronía de ingredientes, dinámica de deaminación y captura de péptidos, la tasa de fermentación y el consumo (Sinclair et al., 1995; Koenig y Beauchemin, 2013). El tipo y procesado de grano base de la dieta afectan también la proporción de proteína degradable (Zinn et al., 2003; Jenkins et al., 2011). Milton et al. (1997) y Zinn et al. (2003) reportaron que incrementos de la digestibilidad del almidón en dietas basadas en grano roado húmedo procesado en flakes (steam-flakes), debían corresponderse con la inclusión de una fuente de N amoniacal (urea) para estimular la síntesis de proteína microbiana e incrementar la fracción de proteína degradable en el rumen. Gleghorn et al. (2004) concluyeron que la urea es un suplemento de NNP adecuado para las dietas basadas en granos con alto procesamiento (prensado con alta humedad y gelatinizado al calor) y elevada degradabilidad ruminal. Reportaron que el incremento de PB por encima del 13% en la dieta basada en maíz en copos no genera mejora el ADPV o

el ICR. Pero, esos autores también indicaron que dietas con oferentes energéticos de menor degradabilidad en el rumen (granos aplastados en seco o enteros) generan resultados contradictorios al suplemento con alto contenido de urea. La respuesta a la inclusión de urea ha sido descrita como cuadrática y dependiente de la fermentabilidad del alimento (Milton et al., 1997; Gleghorn et al., 2004). Podría argumentarse que la presentación del maíz seco quebrado en nuestro estudio generó una liberación lenta del almidón incapaz de disparar un pico de fermentación suficiente para capturar en biomasa el amoníaco que se genera a partir de la urea de la dieta. La asincronía de la liberación de los nutrientes se magnificaría con el hecho de un solo suministro diario del alimento. En ese sentido, las fuentes de proteína verdadera habrían tenido una degradación más lenta y de mayor compatibilidad con la hidrólisis y ritmo de degradación del almidón.

Los efectos del aporte de proteínas verdaderas a la dieta en los experimentos del presente estudio generaron respuestas diferenciales de mayor magnitud en ADPV e IC que las reportadas en la bibliografía (Gleghorn et al., 2004; Ceconi et al., 2015). Sin embargo, varios trabajos (Loerch and Berger, 1981; Brandt, et al., 1994, Castillo et al., 2000) han reportado efectos del balance de PM sobre la respuesta animal en el mismo sentido. Pritchard (1984), Thomas et al. (1984), Sindt et al. (1993), entre otros, reportaron mejora en ADPV e IC con suministro de concentrados proteicos en sustitución parcial de urea en dietas de novillos en engorde. Sindt et al. (1994) reportaron que la respuesta animal de novillos en recría es mayor cuando la oferta de N de la dieta tiene un componente de proteína verdadera, comparado con urea como contribuyente mayoritario de PB. Russel (1998) reportó que en dietas de alto contenido de grano, superados los requerimientos ruminales de N en base a N amoniacal, la síntesis de proteína se incrementaría con el suministro de fuentes de proteína verdadera. El nivel de metabolibilidad de la proteína se correlacionaría con la eficiencia de producción y flujo de AA de origen microbiano y la calidad de la proteína dietaria. Chizzotti et al. (2008) determinó un incremento en el flujo de AA al abomaso con el incremento de la oferta de proteína de alta degradabilidad ruminal.

También podría hipotetizarse sobre un efecto gluconeogénico adicional de la proteína (Markantonatos, 2006). La suplementación proteica al rumen podría promover una mayor generación de ácido propiónico. Schroeder et al. (2006) incrementaron la oferta de AA a nivel intestinal por encima de la proveniente de origen microbiano y mejoraron la metabolibilidad de la proteína, posiblemente removiendo una deficiencia en precursores gluconeogénicos. Sin embargo, dado el alto contenido grano y consecuentemente de almidón de las dietas utilizadas en este estudio, la significación de esta contribución sería discutible.

Titgemeyer et al. (1988) examinaron los requerimientos de AA en novillos de 313 kg PV alimentados con una dieta basada en 70% de grano de maíz, con ADPV superior a 1 kg/d y reportaron que el crecimiento encontraba su primera limitante en la oferta de lisina al intestino. En contraste,

cuando la dieta se basó en silaje de maíz esa limitante no se detectó. La mejor respuesta se obtuvo con una infusión de AA emulando a la caseína (Titgemeyer y Merchen, 1990). Varios estudios (Campbell et al. 1997; Lambert et al., 2004; Schoreder et al., 2006) reportaron mejor utilización de la EM y mayor remoción de la circulación plasmática de AA en respuesta a la suplementación con metionina por infusión omasal, el AA más limitante en las dietas utilizadas. También observaron incremento de UGF-I, disminución de la excreción de N en orina y mejora en la retención de N y aumento de peso.

Klopfenstein et al. (1985) concluyeron que la proteína de media a baja degradabilidad ruminal ofrece el instrumento para cubrir esos requerimientos en la recría de alta ADPV o animales muy jóvenes en engorde. En contraste, Devant et al. (2001) reportaron que un mejor perfil de AA accede al tracto inferior cuando proviene de la síntesis microbiana que de una fuente de proteína pasante. Cecava et al. (1988) demostraron que el flujo de AA no esenciales hacia el intestino delgado se incrementa con PNDR. Li et al. (2012) reportaron el incremento de la oferta de AA al intestino inferior con el aporte de fuentes combinadas de PDR en dietas isoproteicas en bovinos en recría. Ese estudio sugirió que fuentes proteicas de diversa degradabilidad y balance de AA mejorarían la sincronía de la fermentación, la síntesis de proteína microbiana y lograrían un mayor flujo de proteína al tracto inferior. Se indicó también una mejora en el flujo de materia orgánica total, posiblemente vinculado a una mayor tasa de pasaje. Habría, sin embargo, interacciones entre el tipo de suplemento proteico y la fuente de energía fermentable (Li et al., 2012; Walter et al., 2012). De acuerdo con NRC (2000), la dieta debería ser formulada en función de la demanda de PDR y la capacidad de ofrecer péptidos de origen dietario (Cecava et al., 1991; Fu et al., 2001).

En el presente trabajo, tanto en Recría y Terminación, la inclusión de harinas mejoró las variables de crecimiento y eficiencia. En ambos experimentos del presente estudio los efectos de tratamiento sobre el PF vinal, PR, ADPV y ADPR resultaron muy relevantes y tendrían significativas implicancias comerciales. El PR se incrementó en 25% entre Soja y Urea en Recría y 12% en Terminación. Pero, la respuesta diferencial con la inclusión de harina de soja fue más significativa en Recría. En Recría, la magnitud de la reducción del IC de Soja comparado con Urea representó una eficiencia 50% superior. La bibliografía es escasa respecto de comparaciones entre el aporte de harina de soja vs la de girasol en engorde de bovinos a corral. Estudios previos (Schingoethe et al., 1967; Stake et al., 1973; Richardson et al., 1981) reportaron un valor similar de reemplazo de harina de soja por la de girasol en varias categorías animales. Richardson y Anderson (1981) indicaron un valor biológico similar entre la harina de girasol y la de soja en bovinos de engorde. Sin embargo, la mayoría de los estudios sintetizados en NRC (2000) reportan una mejor respuesta a la harina de soja, coincidente con los resultados del presente trabajo. Beierbach et al. (2015) y Pordomingo et al. (2015 a,b) reportaron una respuesta similar a la observada en este

estudio en ambas categorías (recría y terminación). Por su parte, Milton et al. (1997) observaron mejores respuestas con la harina de soja comparada con la de girasol en terminación de novillos. Lourenco et al. (2017) reportaron menor desempeño en recría de novillos con una dieta basada en silaje de maíz y harina de girasol, comparada con dietas con inclusión de harina de soja o de canola.

Podría hipotetizarse que la mayor respuesta con la inclusión de harina de soja podría deberse a una mayor degradabilidad ruminal y también a un mayor aporte de AA limitantes como lisina y arginina, comparada con la de girasol. Klemesrud et al. (2000) reportaron mejoras en IC y ADPV con el suministro de lisina y metionina protegidas de la degradación ruminal, en animales alimentados con una dieta en base a silaje de sorgo (44%), espiga de maíz (44%) y un suplemento proteico (12%), a igual nivel de consumo, comparada con dietas en base a urea o urea y harina de gluten de maíz. La caracterización del perfil de AA de las fuentes proteicas de las dietas comparadas no se incluyó en el presente trabajo por lo que la contribución de la harina de soja al balance de AA y a la metabolicidad de la PB, sea por mayor eficiencia en síntesis ruminal, *bypass* proteico o efectos suplementarios de AA, restaría ser dilucidada.

Tanto en Recría como en Terminación y consecuente con la mejor respuesta en parámetros de crecimiento y conversión a res, la inclusión de harinas vegetales resultó en mayor AOB. En concordancia con lo observado en PR, ADPR e ICR, el efecto fue más evidente en Recría donde se verificó también el efecto de tratamiento sobre EGD en el mismo sentido. El contenido de GI incrementó con el nivel de inclusión de harina de soja en ambos experimentos. Pero en Recría el efecto del contenido de harinas vegetales en las dietas sobre el contenido de GI, comparadas con Urea, fue más evidente que en Terminación. El efecto diferencial de las dietas con harinas de girasol y de soja y en particular de soja, no solo sobre el crecimiento y la eficiencia de conversión, sino sobre GI, sería un aspecto tecnológico a tener en cuenta en planteos de producción que demanden marmoreo en la carne. Schoonmaker et al. (2001) reportaron que el marmoreo, reflejo del contenido de GI, podría iniciarse en etapas tempranas durante la recría, alimentando con dietas de alto contenido de EM. Relaciones similares entre el ADPV y el desarrollo muscular expresado en AOB, contenido de GI o deposición grasa subcutánea han sido descritas en reportes anteriores de engordes a corral y generalmente asociadas al consumo de EM (Pethick et al., 2004; Duckett et al. 2007; Pordomingo et al., 2012). Sin embargo, dada la similitud de los CMSPV entre tratamientos, las respuestas diferenciales observadas en este trabajo no serían explicables en diferencias de CMS. Estas observaciones permitirían inferir que las dietas con inclusión de harinas vegetales habrían contribuido a una mayor oferta de energía neta, en particular en recría y con inclusión de harina de soja.

El color y el brillo de la carne reflejan frescura y vida útil en góndola, parámetros relevantes en la decisión de compra (Mancini y Hunt, 2005). Los parámetros de color determinados en este estudio se ubican en los rangos

deseables sugeridos por Muchenje et al. (2009) para L\* (33,2 to 41,0), a\* (11,1 a 23,6) y b\* (6,1 to 12,3). Los efectos de las dietas detectados en L\* para los tratamientos con harinas vegetales serían consecuentes con las respuestas observadas en las variables de desarrollo antes descritas. Aunque no determinado, esos efectos podrían atribuirse a una mayor afluencia de glúcidos hacia el músculo. Un mayor contenido de glucógeno muscular, combinado con mayor contenido de GI, podría haber conferido mayor integridad al bife y resultado en mayor L\*. Priolo et al. (2001) reportaron mayor L\*, menor a\* y menor b\* en relación directa con la duración del período de alimentación y el contenido de GI de la carne de novillos sobre dietas de alto contenido de granos. En nuestro estudio, sin embargo, no se detectaron diferencias en pH de la carne luego del descongelado por lo que los efectos de dieta no habrían sido lo suficientemente amplios para generar diferencias en pH muscular final.

Aunque la harina de soja ha sido un ingrediente común de numerosos estudios de alimentación en confinamiento con determinaciones sobre parámetros de la res y de la carne, no se encontraron reportes científicos que comparen respuestas de dietas con los diferentes oferentes proteicos utilizados en estos experimentos sobre esos parámetros. La respuesta diferencial detectada sobre características de la res y la carne con la incorporación de harinas vegetales y los efectos diferenciales del uso de harina de girasol y de soja en recría ameritaría nuevos estudios para confirmar y sustentar mecánicamente los hallazgos del presente trabajo.

### Conclusiones

La inclusión de fuentes de proteína verdadera como la harina de girasol o de soja en alimentación de recría y de engorde permite mejorar el PV final y PR, el ADPV y ADPR, el Rto, y los IC e ICR, respecto a la dieta con alta inclusión de urea. La inclusión limitada de harina de girasol para reducir el nivel de urea del 2 al 1% mejora la respuesta en ADPV, ADPR e índices de conversión ICR. Por su parte, la harina de soja genera una mayor y más eficiente respuesta respecto de la de girasol en los parámetros citados, particularmente en la etapa de recría. Esos efectos detectados en la respuesta animal se reflejan también en mayor AOB, EGD y contenido de GI. La inclusión de harinas proteicas vegetales permitiría lograr carnes de mayor L\* y menor a\*.

### Bibliografía

AINSLIE, S.J., FOX, D.G., PERRY, T.C., KETCHEN, D.J. and BARRY, M.C. 1993. Predicting amino acid adequacy of diets fed to Holstein steers. *J. Anim. Sci.* 74:1312–1319.

AOAC. 2000. Official methods of analysis. 18th ed. 4th supplement, Arlington, VA, USA.

BACH, A., CALSAMIGLIA, S. and STERN, M. D. 2005. Nitrogen metabolism in the rumen. *J. Dairy Sci.* 88:E9–E21.

BEIERBACH, R., PORDOMINGO, A.J., PASINATO, A., JOULI, R., PORDOMINGO, A. B. y JUAN, N.A. 2015. Respuesta animal a dietas con inclusión de expeler o harina de soja en el

engorde de bovinos para carne. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 34(1):399.

BRANDT, R.T. Jr., PRESTON, R.L., PRITCHARD, R.H. and TRENKLE, A.H. 1994. Metabolizable protein needs of steers implanted with trembolone acetate and estradiol. *J. Anim. Sci.* 72(1):353.

CAMPBELL, C.G., TITGEMEYER, E.C. and St-JEAN, G. 1997. Sulfur amino acid utilization by growing steers. *J. Anim. Sci.* 75:230–238.

CASTILLO, A.R., KEBREAB, E., BEEVER, D.E., BARBI, J.H., SUTTO, J.D., KIRBY, H.C. and FRANCE, J. 2000. The effect of protein supplementation on nitrogen utilization in lactating dairy cows fed grass silage diets. *J. Anim. Sci.* 79:247–253.

CECAVA, M.J., MERCHEN, N.R., BERGER, L.L. and FAHEY, Jr., G.C. 1988. Effects of dietary energy level and protein source on site of digestion and duodenal nitrogen and amino acid flows in steers. *J. Anim. Sci.* 66:961–974.

CECAVA, M.J., MERCHEN, N.R., BERGER, L.L., MACKIE, R.I. and FAHEY Jr., G.C. 1991. Effects of dietary energy level and protein source on nutrient digestion and ruminal nitrogen metabolism in steers. *J. Anim. Sci.* 69:2230–2243.

CECONI, I., RUIZ-MORENO, M., J., DiLORENZO, N., DiCOSTANZO, A. and Crawford, G. I. 2015. Effect of urea inclusion in diets containing corn dried distiller grains on feedlot cattle performance, carcass characteristics, ruminal fermentation, total tract digestibility, and purine derivatives-to-creatinine index. *J. Anim. Sci.* 2015.93:357–369.

CHIZZOTTI, F.H.M., PEREIRA, O.G., TEDESCHI, L.O., VALADARES FILHO, S.C., CHIZZOTTI, M.L., LEO, M.I. and PEREIRA, D.H. 2008. Effects of dietary nonprotein nitrogen on performance, digestibility, ruminal characteristics, and microbial efficiency in crossbred steers. *J. Anim. Sci.* 86:1173–1181.

COOPER, R.J., MILTON, C.T., KLOPFENSTEIN, T.J. and JORDON, D. J. 2002a. Effect of corn processing on degradable intake protein requirement of finishing cattle. *J. Anim. Sci.* 80:242–247.

COOPER, R.J., MILTON, C.T., KLOPFENSTEIN, T.J., SCOTT, T.L., WILSON, C.B. and MASS, R.A. 2002b. Effect of corn processing on starch digestion and bacterial crude protein flow in finishing cattle. *J. Anim. Sci.* 80:797–804.

DEVANT, M., FERRET, A., CALSAMIGLIA, S., CASALS, R. and GASA, J. 2001. Effect of nitrogen source in high-concentrate, low-protein beef cattle diets on microbial fermentation studied in vivo and in vitro. *J. Anim. Sci.* 79:1944 - 1953.

DUCKETT, S.K., NEEL, J.P.S., SONON, JR., R.N., FONTENOT, J.P., CLAPHAM, W.M. and SCAGLIA, G. 2007. Effects of winter stocker growth rate and finishing system on: II. Ninth tenth eleventh-rib composition, muscle color, and palatability. *J. Anim. Sci.* 85:2691–2698.

ELIZALDE, J.C., FRANCHONE, C.A. y PARRA, V.F. 2003. Ganancia de peso y eficiencia de conversión en vaquillonas alimentadas a corral con dietas basadas en cebada y afrechillo de trigo. *Rev. Arg. Prod. Anim.*, 23(1): 54.

- EVANS, E. 1981. An evaluation of the relationships between dietary parameters and rumen solid turnover rate. *Can. J. Anim. Sci.* 61:97–103.
- FU, C.J., FELTON, E. E., LEHMKUHLER, J.W. and KERLEY, M.S. 2001. Ruminal peptide concentration required to optimize microbial growth and efficiency. *J. Anim. Sci.* 79:1305–1312.
- GALYEAN, M.L. 1996. Protein levels in beef cattle finishing diets: Industry application, university research, and system results. *J. Anim. Sci.* 74:2860–2870.
- GLEGHORN, J.F., ELAM, N.A., GALYEAN, M.L., DUFF, G.C., COLE, N.A. and RIVERA, J.D. 2004. Effects of crude protein concentration and degradability on performance, carcass characteristics, and serum urea nitrogen concentrations in finishing beef steers. *J. Anim. Sci.* 82:2705–2717.
- HERRERA-SALDANA, R., HUBER, J.T. y POORE, M.H. 1990. Dry matter, crude protein and starch degradability of five cereal grains. *J. Dairy Sci.* 73:2386–2393.
- HOOVER, W.H. and STOKES, S.R. 1991. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. *J. Dairy Sci.* 74:3630–3644.
- JENKINS, K.H., VANDER POL, J.K., VASCONCELOS, J.T., FURMAN, S.A., MILTON, C.T., ERICKSON, G.E. and KLOPFENSTEIN, T.J. 2011. Effect of degradable intake protein supplementation in finishing diets containing dried distillers grains or wet distillers grains plus solubles on performance and carcass characteristics. *Prof. Anim. Sci.* 27:312–318.
- KLEMESRUD, M.J., KLOPFENSTEIN, T.J. and LEWIS, A.J. 2000. Metabolizable methionine and lysine requirements of growing cattle. *J. Anim. Sci.* 78:199–206.
- KLOPFENSTEIN, T., STOCK, R. and BRITTON, R. 1985. Relevance of bypass protein to cattle feeding. *Prof. Anim. Sci.* 1:27–31.
- KOENIG, K.M. and BEAUCHEMIN, K.A. 2013. Nitrogen metabolism and route of excretion in beef feedlot cattle fed barley-based finishing diets varying in protein concentration and rumen degradability. *J. Anim. Sci.* 91:2310–2320.
- LAMBERT, B.D., TITGEMEYER, E.C., LOEST, C.A. and JOHNSON, D. E. 2004. Effect of glycine and vitamin supplementation on sulphur amino acid utilization by growing cattle. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 88:288–300.
- LI, C., LI, J.Q., YANG, W.Z. and BEAUCHEMIN, K. A. 2012. Ruminal and intestinal amino acid digestion of distiller's grains vary with grain source and milling process. *Anim. Feed Sci. Technol.* 175:121–130.
- LOERCH, S.C. and BERGER, L. L. 1981. Feedlot performance of steers and lambs fed blood meal, meat and bone meal, dehydrated alfalfa and soybean meal as supplement protein sources. *J. Anim. Sci.* 53:1198–1203.
- LOURENCO, J.M., FROETSCHER, M.A., SEGERS, J.R., TUCKER, J.J. and STEWART Jr., R.L. 2017. Utilization of canola and sunflower meals as replacements for soybean meal in a corn silage-based stocker system. *Translational Anim. Sci.* 1:592–598.
- MANCINI, R.A. and HUNT, M.C. 2005. Current research in meat color. *Meat Sci.* 71:100–121.
- MARKANTONATOS, X. 2006. Compartmental analysis to evaluate ruminal volatile fatty acids and blood glucose metabolism in Holstein cows. PhD Diss. The Pennsylvania State Univ., University Park, PA.
- McCOY, R.A., STOCK, R.A., KLOPFENSTEIN, T.J., SHAIN, D.H. and KLEMESRUD, M.J. 1998. Effect of energy source and escape protein on receiving and finishing performance and health of calves. *J. Anim. Sci.* 76:1488–1498.
- MEISSNER, H.H., du PREEZ, H.P.F. and du PLESSIS, P.C. 1992. Effect of level and degradation of dietary protein on performance of feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 22:128–136.
- MENG, Q., KERLEY, M.S., LUDDEN, P.A. and BELYEA, R.L. 1999. Fermentation substrate and dilution rate interact to affect microbial growth and efficiency. *J. Anim. Sci.* 77:206–214.
- MERCHEN, N.R. and TITGEMEYER, E.C. 1992. Manipulation of amino acid supply to the growing ruminant. *J. Anim. Sci.* 70:3238–3247.
- MILTON, C.T., BRANDT Jr, R.T. and TITGEMEYER, E.C. 1997. Effects of dietary nitrogen source and concentration in high-grain diets on finishing steer performance and nutrient digestion. *J. Anim. Sci.* 75:2813–2823.
- MORIEL, P., ARTIOLI, L.F.A., POORE, M.H., CONFER, A.W., MARQUES, R.S. and COOKE, R.F. 2015. Increasing the metabolizable protein supply enhanced growth performance and led to variable results on innate and humoral immune response of preconditioning beef steers. *J. Anim. Sci.* 91:1831–1837.
- MUCHENJE, V., DZAMA, K., CHIMONYO, M., STRYDOM, P.E., HUGO, A. and RAATS, J. G. 2009. Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: A review. *Food Chem.* 112:279–289.
- NRC. 2000. Nutrient Requirement for Beef Cattle (8th) Ed. National Academy Press. Washington, DC.
- PARRA, V.F., ELIZALDE, J.C. y DUARTE, G.A. 2002. Resultados de engordes de vacunos en diferentes sistemas de producción de carne. *Rev. Arg. Prod. Anim.*, 22(1): 60.
- PETHICK, D.W., HARPER, G.S. and ODDY, V.H. 2004. Growth, development and nutritional manipulation of marbling in cattle. A review. *Austr. J. Exp. Agric.* 44:705–715.
- PONCE, C.H. 2010. Effects of ruminally degradable nitrogen in diets containing wet distiller's grains with solubles and steam-flaked corn on feedlot cattle performance and carcass characteristics. PhD Diss. Texas A&M Univ., College Station.
- PORDOMINGO, A.J. 2017. Feedlot. Manejo, Alimentación, Diseño y Sanidad. Ed INTA. 100 pgs.
- PORDOMINGO, A.J., BEIERBACH, R., MORALEJO, R., TOBAL, C. F., PASINATO, A. M., PORDOMINGO, A.B. y JOULI, R. 2015a. Respuesta animal a diferente concentrado proteico u oferente de nitrógeno en dietas de alta energía en la recría a corral. en el *Rev. Arg. Prod. Anim.* 34(1): 400.
- PORDOMINGO, A.J., BEIERBACH, R., MORALEJO, R., TOBAL, C.F., PASINATO, A., PORDOMINGO, A.B. y JOULI, R. 2015b. Respuesta animal a diferente concentrado proteico u oferente de nitrógeno en dietas de alta energía en la

- terminación de novillos a corral. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 35(1):401.
- PORDOMINGO, A.J., GALYEAN, M. E., BRANINE, M.E. and FREEMAN, A. S. 1999. Effects of daily and weekly rotations of lasalocid and monensin plus tylosin compared with continuous feeding of each ionophore on daily dry matter intake and digesta kinetics. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 19:383 – 390.
- PORDOMINGO, A.J., GRIGIONI, G., CARDUZA, F. and VOLPI LAGRECA, G. 2012. Effect of feeding treatment during the backgrounding phase of beef production from pasture on: I. animal performance and physical characteristics of beef. *Meat Sci* 90:939-946.
- PORDOMINGO, A.J., JONAS, O., ADRA, M., SANTUCHO, G., JUAN, N.A. y AZCÁRATE, M.P. 2002a. Evaluación de dietas basadas en grano entero, sin fibra larga, en engorde a corral. *RIA* 31:1-22.
- PORDOMINGO, A.J., JUAN, N.A. and AZCARATE, M.P. 2003. Effect of condensed-tannins addition to a corn-sunflower meal-based feedlot diet. *J. Anim. Sci.* 81(1):215.
- PORDOMINGO, A.J., PORDOMINGO, A.B. y LERNOUD, P. 2011. Sustitución de maíz aplastado por cebada aplastada en dietas para engorde de novillos a corral. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 31(1):314.
- PORDOMINGO, A.J., VOLPI LAGRECA, G., ORIENTI, W. y WELSH, R. 2004. Evaluación del agregado de taninos en dietas de distinto nivel energético en vaquillonas para carne. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 24(1):67.
- PRIOLO, A., MICOL, D. and AGABRIEL, J. 2001. Effects of grass feeding systems on ruminant meat color and flavor. A review. *Animal Res.* 50:185-200.
- PRITCHARD, R.H. 1984. Effect of supplement crude protein source and dietary crude protein levels on feedlot performance of yearling steers. *South Dakota Beef Rep.* 94-3:6-9.
- RICHARDSON, C.R. and ANDERSON, G.D. 1981. Sunflowers: beef applications. *Feed Management.* 32(6):30.
- RICHARDSON, C.R., BEVILLE, R.N., RATCLIFF, R.K. and ALBIN, R. C. 1981. Sunflower meal as a protein supplement for growing ruminants. *J. Anim. Sci.* 53:557-563.
- ROSSI, J.E., LOERCH, S.C. and FLUHARTY, F.L. 2000. Effects of crude protein concentration in diets of feedlot steers fed to achieve stepwise increases in rate of gain. *J. Anim. Sci.* 78:3036-3044.
- RUSSELL, J.B. 2007. The energy spilling reactions of bacteria and other organisms. *J. Mol. Microbiol. Biotechnol.* 13:1–11.
- RUSSELL, J.B. and BALDWIN, R.L. 1979. Comparison of maintenance energy expenditures and growth yields among several rumen bacteria grown in continuous culture. *Appl. Environ. Microbiol.* 37:537.
- SAS. 1999. *SAS User's Guide: Statistics (Version 8)*. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. 3884 p.
- SATTER, L.D. and SLYTER, L.L. 1974. Effect of ruminal ammonia concentration on nitrogen utilization by steers. *Br. J. Nutr.* 32:199–208.
- SCHINGOETHE, D.J., ROOK, J.A. and LUDENS, F. 1967. Evaluation of sunflower meal as a protein supplement for lactating cows. *J. Dairy Sci.* 60:591-605.
- SCHOONMAKER, J.P., FLUHARTY, F.L., LOERCH, S.C., TURNER, T.B., MOELLER, S.J. and WULF, D.M. 2001. Effects of weaning status and implant regimen on growth, performance, and carcass characteristics of steers. *J. Anim. Sci.* 79:1074-1084.
- SCHROEDER, G.F., TITGEMEYER, E.C., AWAWDEH, M.S., SMITH, J.S. and GNAD, D.P. 2006. Effects of energy source on methionine utilization by growing steers. *J. Anim. Sci.* 84:1505 -1511.
- SINCLAIR, L.A., GARNSWORTHY, P.C., NEWBOLD, J.R. and BUTTERY, P.J. 1995. Effects of synchronizing the rate of dietary energy and nitrogen release in diets with a similar carbohydrate composition on rumen fermentation and microbial protein synthesis in sheep. *J. Agric. Sci.* 124:463–472.
- SINDT, M.H., STOCK R.A. and KLOPFENSTEIN, T.J. 1994. Urea vs urea and escape protein for finishing calves and yearlings. *Animal Feed Sci. Tech.* 49:103-117.
- SINDT, M.H., STOCK, R.A., KLOPFENSTEIN, T.J. and SHAIN, D.H. 1993. Effect of protein source and grain type on finishing calf performance and ruminal metabolism. *J. Anim. Sci.* 71:1047-1056.
- SNIFFEN, C.J. and ROBINSON, P.H. 1987. Microbial growth and flow as influenced by dietary manipulations. *J. Dairy Sci.* 70:425–441.
- STAKE, P.E., OWENS, M.J. and SCHINGOETHE, D.J. 1973. Rapeseed, sunflower and soybean meal supplementation of calf rations. *J. Dairy Sci.* 56:783-794.
- STORM, E., ØRSKOV, E.R. and SMART, R. 1983. The nutritive value of rumen micro-organisms in ruminants: 2. The apparent digestibility and net utilization of microbial N for growing lambs. *Br. J. Nutr.* 50:471–478
- THOMAS, E.E., MASON and SCHMIDT, S.P. 1984. Relation of feedlot performance and certain physiological responses to the metabolizable protein and urea content of cattle diets. *J. Anim. Sci.* 58:1285-1291.
- TITGEMEYER, E.C. and MERCHEN, N.R. 1990. The effect of abomasal methionine supplementation on nitrogen retention of growing steers postruminally infused with casein or non-sulfur-containing amino acids. *J. Anim. Sci.* 68:750-757.
- TITGEMEYER, E.C., MERCHEN, N.R., BERGER, L.L. and DEETZ, L.E. 1988. Estimation of lysine and methionine requirements of growing steers fed corn silage-based or corn-based diets. *J. Dairy Sci.* 71:421–434
- Van SOEST, P.J., ROBERTSON, J.B. and LEWIS, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583-3597.
- VASCONCELOS, J.T., SHAW, L.M., LEMON, K.A., COLE, N.A. and GALYEAN, M. L. 2007. Effects of graded levels of sorghum wet distiller's grains and degraded intake protein on performance and carcass characteristics of feedlot cattle

- fed steam-flaked corn-based diets. *Prof. Anim. Sci.* 23:467–475.
- VOLPI LAGRECA, G., ALENDE, M. y PORDOMINGO, A.J. 2010. Efecto de la sustitución de harina de girasol por urea en dietas basadas en silaje de planta entera de sorgo en engorde de terminación de novillos. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 30(1): 491-492.
- WAGNER, J.J., ENGLE, T.E. and BRYANT, T.C. 2010. The effect of rumen degradable and rumen undegradable intake protein on feedlot performance and carcass merit in heavy yearling steers. *J. Anim. Sci.* 88:1073–1081.
- WALTER, L.J., McALISTER, T.A., YANG, W.Z., BEAUCHEMIN, K.A., HE, M. and McKINNON, J.J. 2012. Comparison of wheat or corn dried distillers' grains with solubles on rumen fermentation and nutrient digestibility by feedlot heifers. *J. Anim. Sci.* 90:1291–1300.
- ZINN, R.A., BARRAJAS, R., MONTANO, M. and WARE, R. A. 2003. Influence of dietary urea level on digestive function and growth performance of cattle fed steam-flaked barley-based finishing diets. *J. Anim. Sci.* 81:2383–2389.