

DIETAS CON EXPELLER O HARINA DE SOJA EN EL ENGORDE A CORRAL DE BOVINOS PARA CARNE

Diets with soybean expeller or soybean meal for finishing feedlot steers

Pordomingo, A.J.¹, Pasinato, A.M.², Beierbach, R.³ y Jouli, R.R.⁴

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar la respuesta animal y el rendimiento de la res en novillos en terminación alimentados con dietas conteniendo expeller (ES) o harina de soja (HS) o una combinación de harina de soja con adición de aceite para igualar el contenido de extracto etéreo de ES (HSA), y formuladas para alcanzar 3 niveles de PB, 10, 13 y 15% en base seca. Se utilizaron 180 novillos (327 ± 18 kg) distribuidos en 5 corrales por tratamiento y 4 animales por corral, alimentados durante 102 días. Las dietas se basaron en grano de maíz partido, heno de mijo, urea, un concentrado vitamínico-mineral con monensina y el suplemento proteico objeto de estudio. No se detectaron interacciones entre Dieta y PB en las variables analizadas ($p \geq 0,16$). El nivel de PB no afectó ($p \geq 0,12$) el peso vivo (PV) final o el aumento de peso vivo (APV). Los tratamientos con 10% PB registraron menor ($p \leq 0,03$) consumo relativo (consumo de materia seca/peso vivo; CMSPV) respecto a los otros niveles. El rendimiento de la res y su peso fueron inferiores ($p \leq 0,02$) para los tratamientos con 10% PB, respecto de los otros. No se detectaron efectos ($p \geq 0,21$) debidos al tipo de suplemento sobre el PV final y el APV. Pero, el CMS resultó mayor ($p \leq 0,05$) para ES y HS, comparados con HSA y en términos relativos (CMSPV) fue mayor para ES, intermedio para HS y menor para HSA ($p \leq 0,02$). La eficiencia de conversión resultó mejor ($p \leq 0,02$) para HSA, comparada con HS y ES. No se detectaron efectos de Dieta ($p \geq 0,16$) sobre parámetros de la res o la carne. Se concluye que la respuesta al expeller de soja podría asemejarse a la de harina de soja. La formulación al 10% de PB generada en base a la composición de las dietas utilizadas en este experimento, permitiría cubrir los requerimientos de PDR y PM de novillos en terminación, pero la de 13% mejoraría el peso y rendimiento de res.

Palabras clave. engorde a corral, expeller de soja, harina de soja, nivel de proteína.

SUMMARY

The objective of this study was to evaluate animal performance and carcass yield of feedlot steers fed a grain-based diet including soybean expeller (SbE), soybean meal (SbM) or soybean meal with soybean oil added to meet the lipid content of SbE (SbM+oil). Each protein supplement was included at 3 dietary levels to achieve 10, 13 and 15% of CP on dry matter basis. One hundred and eighty steers (327 ± 18 kg) were distributed in 45 pens allowing for 5 pens per treatment combination and fed the treatment diets over a 102-day period. Diets contained cracked corn, millet hay, urea, a vitamin and mineral premix, and the protein concentrate under study. No interactions were detected ($p \geq 0.16$) between Diet and CP level. The CP level did not affect ($p \geq 0.12$) final body weight (BW) and average daily gain (ADG). Treatments with 10% CP resulted in lower ($p \leq 0.03$) dry matter intake (DMI) relative to BW (DMIBW). Treatments with 13 and 15% CP resulted in greater ($p \leq 0.02$) hot carcass weight and yield than 10% CP. No Diet effects were observed ($p \geq 0.21$) on final BW and AGD. DMI was greater ($p < 0.05$) for SbE and SbM compared with SbM+oil. And DMIBW was largest for SbE, medium for SbM and lowest para SbM+oil ($p \leq 0.02$). Feed efficiency improved ($p \leq 0.01$) for SbM+oil compared with SbE and SbM. No effects of Diet were detected ($p \geq 0.16$) for hot carcass yield, carcass weight, rib eye area, and back fat thickness. We concluded that performance would be similar between animals fed SbE and SbM containing diets. Adding oil to SbM diets may improve feed efficiency by reducing feed intake. A 10% CP dietary content might be enough to sustain high feedlot performance. However, 13% CP might result in greater carcass weight and yield.

Key words. finishing beef cattle, soybean expeller, soybean meal, crude protein.

Recibido: agosto 2020

Aceptado: diciembre 2020

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA Anguil. Facultad Ciencias Veterinarias, Univ. Nacional La Pampa.

² Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA Concepción del Uruguay. Facultad Ciencias Veterinarias, Univ. Nacional de Rosario.

³ Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa

⁴ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA Anguil. Facultad de Agronomía, Univ. Nacional La Pampa.

Introducción

El principal aporte proteico en los engordes a corral en Argentina lo constituyen los derivados de la industria aceitera. Dentro de éstos, los expellers y las harinas de soja y girasol son los más utilizados. Los primeros se generan durante la extracción mecánica del aceite por presión. Las segundas se generan durante la extracción de aceite primero por presión y luego por solvente. El método de extracción exclusivamente mecánico requiere mayor presión y temperatura que el método combinado. En los últimos años se han establecido en el país numerosas plantas industriales de baja escala que obtienen aceite por prensado únicamente (Méndez et al., 2010) y generan el expeller como subproducto. El expeller se constituyó en una fuente proteica accesible localmente y competitiva respecto de la harina de soja o de girasol. Los métodos de extracción de aceite generan diferencias en la composición y valor nutricional de los subproductos, expellers y harinas. Las condiciones de temperatura y presión a las cuales es sometido el poroto de soja para la extracción del aceite varían considerablemente entre plantas y lotes. El contenido residual de aceite en el expeller es superior al de la harina, con un rango entre 4,5 y 11% (INTA, 2011). Ese mayor contenido de aceite sugiere que el expeller, además de PB, podría ser fuente de lípidos en la dieta. Adicionalmente, el efecto de la temperatura puede afectar la solubilidad y degradabilidad ruminal de la proteína.

Los concentrados proteicos de origen vegetal ofrecen generalmente proteína de alta degradabilidad ruminal (Chalupa, 1975; NRC, 2000). La temperatura de extrusado es una forma de disminuir la degradabilidad de la proteína, sin embargo, si es excesiva podrían formarse compuestos Maillard, reduciendo así la digestibilidad total (Mielke y Schingoethe, 1981; Plegge et al., 1985; Coenen y Trenkle, 1989; Orias et al., 2002). Las temperaturas del prensado durante la producción de expeller alcanzan valores superiores a los 120 °C y a temperaturas superiores a los 140 °C el efecto sobre la degradabilidad ruminal es muy significativo (Stern et al., 1985; Ganesh y Grieve, 1990; Fathi Nasri et al., 2007; Moretto, 2015). Incluso, los mismos autores reportan que las altas temperaturas pueden deteriorar la digestibilidad de la proteína ante exposición prolongada (Broderick, 1986).

El expeller y la harina de soja son dos productos del mismo poroto, pero distintos en la proporción y solubilidad de sus componentes (Gallardo, 2008). Las harinas tienen entre 8 y 10 puntos porcentuales más de PB y los expellers entre 5 y 8 puntos más de aceite remanente (Gallardo, 2008). La degradabilidad en rumen y digestibilidad podrían ser mayores para la harina de soja respecto del expeller. En el caso de la harina, el proceso de extracción genera un producto de baja variabilidad y de probada respuesta animal (Gallardo, 2008; Moretto, 2015).

Existe escasa información experimental sobre el resultado productivo del uso de expeller producido en las plantas de prensado en Argentina en engorde a corral de bovinos, por lo que recomendaciones en base a una expectativa de respuesta similar a la harina, tendrían respaldo

científico insuficiente. Consecuentemente, el objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta animal y el rendimiento de la res de novillos alimentados a corral con dietas de alto contenido de grano y con inclusión de expeller o harina de soja, esta última con y sin corrección del nivel de aceite.

Materiales y Métodos

El ensayo se realizó en la Estación Experimental Agropecuaria de INTA en Anguil, La Pampa. Se utilizaron 180 novillos Aberdeen Angus de 327 ± 18 kg de peso vivo (PV), los que se distribuyeron al azar en 45 corrales sobre los que se impusieron al azar 9 tratamientos generados por la combinación factorial de 3 tipos de suplementos proteicos (expeller de soja [ES], harina de soja [HS] y harina de soja con aceite de soja [HSA] incorporado para igualar el contenido lipídico de ES) y 3 niveles de inclusión de cada suplemento con el objetivo de lograr concentraciones de PB de 10, 13 y 15% (base seca). La dieta se basó en grano de maíz quebrado y heno de mijo picado, complementados con urea y una premezcla mineral que incluyó monensina (Cuadro 1). Los componentes heno y urea se agregaron en proporción fija del 10 y 0,5%, respectivamente, a todas las dietas, al igual que el núcleo vitamínico y mineral a razón del 2,5%. La proporción de grano de maíz varió entre tratamientos en función de la combinación con el suplemento proteico objeto de estudio para alcanzar los niveles de PB propuestos. Los contenidos de PB, EE y FDN fueron $42,1 \pm 1,2\%$, $8,6 \pm 0,16\%$ y $15,5 \pm 0,35\%$ para el expeller, $47,8 \pm 0,31\%$, $1,5 \pm 0,23\%$ y $14,2 \pm 0,17\%$ para la harina de soja, $7,6 \pm 0,16\%$, $5,1 \pm 0,32\%$ y $14,6 \pm 0,51\%$ para el grano de maíz y $8,9 \pm 0,08\%$, $0,7 \pm 0,01\%$ y $72,5 \pm 0,34\%$ para el heno, respectivamente. Los niveles de PB se seleccionaron para cubrir el rango de PB utilizado en las formulaciones de los planteos comerciales de engorde a corral en Argentina y las dietas se formularon para cubrir los requerimientos de proteína metabolizable (PM) de animales en terminación, entre los 350 y 500 kg de PV y para aumento de peso vivo (APV) de 1,500 kg/día (NASEM, 2016). Para los balances se utilizaron los valores de 81 y 90% TDN y 60 y 53% PDR, calculados de acuerdo con NASEM (2016) para HS y ES, respectivamente, y para un consumo de MS (CMS) estimado en 2,5% de PV, considerado próximo y no limitante del CMS esperable.

Durante 18 días previos a la asignación de tratamientos se realizó un acostumbramiento a la dieta de corral con heno de pastura. Se inició con un nivel de heno del 60% durante los primeros 7 días, se redujo luego al 30% durante los 7 días siguientes y a partir del día 15 se suministró a la proporción definitiva a incluir en las dietas experimentales. El día 19 se procedió a asignar los tratamientos a las unidades experimentales. Durante el período experimental, el alimento totalmente mezclado (TMR) se ofreció en dos veces por día, estimando un excedente diario del 10% en base seca. Todos los días, previo al suministro se eliminó el remanente luego de la lectura de comedero y se procedió a la limpieza. Se midió el consumo de materia seca (CMS) por corral dos

Cuadro 1. Ingredientes y composición de dietas de terminación de novillos en *feedlot* incluyendo expeller (ES), harina de soja (HS) o harina de soja enriquecida con aceite (HAS) a diferentes niveles para obtener 10, 13 y 15% de concentración de PB.

Table 1. *Ingredient and chemical composition of diets fed to feedlot-finished steers containing extruded soybeans (ES), soybean meal (HS) or soybean meal plus soybean oil (HSA), included at increasing rates in order to obtain 10, 13, or 15% dietary CP concentrations.*

	Suplemento								
	ES			HS			HSA		
	PB, %			PB, %			PB, %		
	10	13	15	10	13	15	10	13	15
Proporción de ingredientes, %									
Harina de soja	0	0	0	3	10	16	3	10,5	16
Expeller de soja	3,8	12	18,5	0	0	0	0	0	0
Urea	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Maíz quebrado	83,2	75,0	68,5	84,0	77,0	71,0	83,7	75,6	69,7
Heno mijo	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Aceite	0	0	0	0	0	0	0,3	0,9	1,3
Premezcla ¹	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Composición proximal y concentración de EM de las dietas									
PB, %	10,1	12,9	15,2	10,0	12,8	15,2	10,0	13,0	15,2
FDN, %	17,8	17,7	17,8	17,7	17,8	17,9	17,7	17,7	17,7
Extracto etéreo, %	4,5	4,8	5,0	4,3	4,1	3,8	4,6	4,8	5,1
EM ² , Mcal/kg MS	2,89	2,89	2,89	2,90	2,86	2,82	2,89	2,89	2,89

¹ Premezcla vitamínica y mineral (con monensina)

² Se estimó el contenido de energía metabolizable (EM, Mcal/kg MS) de acuerdo a las ecuaciones de NRC (2000).

veces por semana. A tal fin, en la mañana siguiente al día de medición de la oferta se recolectó y pesó el remanente de cada corral previo al suministro. Se recolectaron muestras del ofrecido y del remanente de cada corral en cada evento de medición y se generaron muestras compuestas cada 15 días por corral para realizar los análisis de composición proximal y contenido de MS.

Las muestras de ingredientes dietarios y de remanente se secaron en estufa a 60 °C hasta peso constante para determinar el contenido de MS. Inmediatamente después de secadas se molieron en molino Willey utilizando una malla de 5 mm y se conservaron en envases plásticos herméticos a la humedad. Posteriormente, se analizaron para determinar el contenido de PB y EE de acuerdo a metodologías AOAC (2000), y de fibra detergente ácido (FDA, %) y de fibra detergente neutro (FDN, %) de acuerdo a Goering and Van Soest (1970). Se estimó el contenido de energía metabolizable (EM, Mcal/kg MS) de acuerdo a las ecuaciones de NRC (2000) a partir del desempeño observado.

El promedio de la diferencia entre el alimento ofrecido y el rechazado por corral en base seca de las 2 mediciones semanales se definió como el CMS por corral para los días correspondientes a la semana. Dividida esa cifra por la cantidad de animales por corral, generó el dato de CMS por animal promedio de cada corral (CMS del animal promedio de la unidad experimental). A partir del promedio del CMS de todos los días de duración del experimento se calculó el CMS medio diario por corral, expresado en su animal pro-

medio. Los animales se pesaron cada 21 días previo al suministro del alimento por la mañana, sin desbaste. Con la información de PV inicial y final se calculó el PV medio y con los días entre pesadas se calculó el APV. Con las mediciones de APV y CMS se calculó la eficiencia de conversión (EC) de alimento a PV (APV/CMS) para la totalidad del ensayo. Se calculó el CMS relativo al peso (CMSPV) relacionando el CMS diario medio con el PV medio.

Para la finalización del experimento se fijaron las metas mínimas de 8 mm de espesor de grasa dorsal (EGD) en promedio por corral y 100 días de engorde, ambos para asegurar un grado de terminación y una duración de engorde similar a la alcanzada en los sistemas comerciales nacionales. El ensayo tuvo una duración de 102 días. Se realizaron determinaciones de EGD cada 7 días en tres eventos previos a dar por concluido el experimento. Las determinaciones se realizaron a la altura de la 11va costilla, transversal a la sección de músculo *Longissimus thoracis* (LM).

Se procedió a la faena de los animales en un frigorífico comercial. Se determinó el peso de res caliente para calcular el rendimiento de res (RtoRes) en función del PV final del experimento. Sobre una sección transversal del LM, a la altura de la 11va costilla se midió el EGD y el área del ojo del bife (AOB) de acuerdo a la metodología descrita por Pordomingo et al. (2012).

El análisis estadístico se basó en un diseño aleatorizado con arreglo factorial de tratamientos (3 x 3). El corral se utilizó como unidad experimental en todos los análisis. Se

generaron 5 repeticiones por combinación de factores y se aplicó el modelo: $Y_{ijk} = \mu + S_i + P_j + (S \times P)_{ij} + e_{ijk}$, donde Y_{ijk} = respuesta de la k -ésima repetición en los niveles i del factor S y j del factor P , μ = media general, S_i = efecto fijo del i -ésimo nivel del factor suplemento, P_j = efecto fijo del j -ésimo nivel del factor PB, $(S \times P)_{ij}$ = interacción de efectos fijos y e_{ijk} = error aleatorio de la k -ésima observación correspondiente a los niveles i del factor S y j del factor P . Las interacciones entre factores se consideraron significativas al nivel $p < 0,10$. Las medias se separaron utilizando la opción *pdiff* (SAS, 2006) cuando el efecto de tratamiento resultó significativo ($p < 0,05$).

Resultados y Discusión

El contenido medio de PB de las dietas reflejó los contenidos previstos para cada tratamiento (Cuadro 1). De manera similar, el agregado de aceite en los tratamientos con HSA igualó el contenido de extracto etéreo de aquellos con ES. Así, la concentración de EM resultó similar entre tratamientos con ES y HSA. El tratamiento con HS y 15% de PB tuvo un contenido de EM calculado levemente inferior a los otros debido a la sustitución de maíz por harina de soja, sin aporte adicional de aceite. El contenido de FDA creció con el contenido de PB por la disminución de la proporción de grano de maíz.

No se detectaron interacciones entre tipo de suplemento y contenido de PB para ninguna de las variables ($p \geq 0,16$) por lo cual se reportaron los efectos de los factores principales. El nivel de PB no afectó el PV final ($p = 0,21$) o el APV ($p = 0,12$; Cuadro 2). El PV final medio fue $456 \pm 3,7$ kg y el APV de $1263 \pm 38,3$ g/día. Tampoco se detectaron efectos sobre el CMS ($p = 0,16$; $9,73 \pm 0,25$ kg/d), aunque los tratamientos con dietas con 10% de PB registraron un menor ($p = 0,02$) CMSPV que los que recibieron dietas con 13 y 15% de PB, mientras que estos últimos no se diferenciaron entre sí ($p = 0,21$). Sin embargo, la magnitud de los efectos sobre CMSPV no fue suficiente para generar un efecto significativo sobre la EC ($0,129$, $p = 0,80$; Cuadro 2).

El CMS observado superó al modelado (NASEM, 2016; modelo empírico) en 13, 12 y 12% para los niveles de 10, 13 y 15% PB, respectivamente. El APV observado representó el 92% del modelado. Por su parte, el consumo promedio de PM superó en 14, 15 y 17% la demanda prevista en el modelo para un APV de 1465 g/d. En función del modelo empírico, el consumo de PB en los tres niveles ofrecidos (10, 13 y 15%) excedió la demanda de PDR para los APV observados (127, 132 y 134%, respectivamente). Quedaría para próximas investigaciones verificar el grado de ajuste de la herramienta de modelización utilizada a la casuística argentina. La evidencia del presente experimento tendría implicancias sobre los niveles de referencia y las restricciones para la formulación de raciones en el engorde a corral argentino utilizando los modelos de NASEM (2016).

Aunque no se detectaron diferencias en el PV final, el peso de res (Res) fue mayor ($p < 0,05$) para los tratamientos con 13 y 15% de PB, comparados con el de 10% (Cuadro 3). Las dietas con 10% PB tuvieron un menor ($p \leq 0,02$) RtoRes que los de 13 y 15%, sin diferencias entre estos últimos ($p = 0,63$). Atento a la ausencia de efectos sobre el CMS, en el contexto de este experimento no habría elementos para indagar respecto de esta diferencia de la respuesta en RtoRes y Res. Esos efectos en RtoRes y Res no se tradujeron en incrementos en el AOB o el EGD ($p \geq 0,20$; Cuadro 3).

No se detectaron efectos debidos al tipo de suplemento proteico sobre el PV final ($p = 0,30$) y APV ($p = 0,21$; Cuadro 3). Sin embargo, el CMS fue superior ($p = 0,04$) para los tratamientos ES y HS, comparados con HSA. Por su parte, el CMSPV fue mayor para ES, intermedio para HS y menor para HSA ($p \leq 0,02$). Posiblemente, la presentación física de la harina de soja y la adición de aceite afectaron la palatabilidad de la dieta, no habiéndose afectado el APV en el mismo sentido. El menor CMS observado para HSA mejoró la EC, comparada con HS y ES ($p = 0,02$). No se detectaron efectos del tipo de suplemento proteico sobre RtoRes ($p = 0,16$), la Res ($p = 0,43$), AOB ($p = 0,36$) y EGD ($p = 0,76$).

Cuadro 2. Efectos del incremento de PB en la dieta sobre la respuesta animal y parámetros de res de novillos en terminación a corral.

Table 2. Effects of increasing CP (PB) concentration of the diet on animal performance and carcass parameters of feedlot-finished Angus steers.

	PB, %			EEM	P =
	10%	13%	15%		
PV inicial, kg	328	327	327	2,4	0,87
PV final, kg	451	460	458	3,7	0,21
APV, g/d	1208	1303	1280	38,3	0,12
CMS, kg/d	9,4	10,0	9,8	0,25	0,16
CMSPV, %	2,42 a	2,54 b	2,50 b	0,03	0,02
EC, APV/CMS	0,13	0,13	0,13	0,008	0,80
RtoRes, %	58,2 a	59,5 b	59,4 b	0,53	0,03
Res, kg	262 a	274 b	272 b	1,98	< 0,01
AOB, cm ²	66,5	67,3	67,8	0,72	0,20
EGD, mm	9,0	9,1	8,7	0,28	0,37

^{a,b} Medias con letras distintas difieren ($p < 0,05$), $n = 15$ corrales por tratamiento (4 animales por corral); PV = Peso vivo; APV = Aumento de peso vivo; CMS = Consumo de materia seca; CMSPV = CMS en relación con el PV medio; EC = Eficiencia de conversión; RtoRes = Rendimiento de res; AOB = Área de ojo del bife; EGD = Espesor de grasa dorsal

Cuadro 3. Efectos de dietas con inclusión de expeller de soja (ES), harina de soja (HS) o harina de soja enriquecida con aceite (HSA) sobre la respuesta y parámetros de res de novillos en terminación a corral.

Table 3. Effects of diets containing extruded soybean (ES), soybean meal (HS) or soybean meal plus added soybean oil (HAS) on performance and carcass parameters of feedlot-finished steers.

	Suplemento			EEM	P =
	ES	HS	HSA		
PV inicial, kg	327	328	327	2,8	0,79
PV final, kg	456	456	457	4,4	0,30
APV, g/d	1257	1261	1273	34,5	0,20
CMS, kg/d	10,1 b	9,9 b	9,3 a	0,26	0,04
CMSPV, %	2,59 c	2,52 b	2,36 a	0,03	0,01
EC, APV/CMS	0,124 a	0,127 a	0,136 b	0,008	0,02
RtoRes, %	58,7	59,2	59,2	0,61	0,16
Res, kg	267	270	271	2,1	0,43
AOB, cm ²	67,1	67,1	67,4	0,35	0,36
EGD, mm	8,9	9,0	8,9	0,29	0,76

^{a,b} Medias con letras distintas difieren ($p < 0,05$), $n = 15$ corrales por tratamiento (4 animales por corral); PV = Peso vivo; APV = Aumento de peso vivo; CMS = Consumo de materia seca; CMSPV = CMS en relación con el PV medio; EC = Eficiencia de conversión; RtoRes = Rendimiento de res; AOB = Área de ojo del bife; EGD = Espesor de grasa dorsal

Shain et al. (1998) indicaron que la oferta de proteína degradable en rumen (PDR) podría mejorarse con la combinación de una fuente de NNP (urea) y el aporte de proteínas verdaderas para regular la oferta de N en el rumen, ofrecer metabolitos intermediarios y secundarios, y moderar picos de amoníaco. Castillo et al. (2000) reportaron que el aporte de PM de dietas para bovinos de alta producción con concentrados proteicos derivados de soja o girasol es suficiente e incluso podría generar balances positivos de PM. En su base de datos, NASEM (2016) reporta 58 y 56% de PDR para el expeller de soja y la harina de soja de baja PB, respectivamente. De acuerdo con el nivel 1 del modelo (NASEM, 2016), y en función del CMS y de los APV observados, la oferta de PM y de PDR de las dietas ES, HS, HSA superó en 12, 15 y 14% y en 11, 23 y 20% los requerimientos de PM y PDR, respectivamente. Estas estimaciones son cuestionables y dependen de la aplicabilidad de la información reportada en NASEM (2016) sobre la proporción de PDR de los ingredientes, pero podrían explicar en parte la ausencia de efectos que podrían ser atribuibles a posibles diferencias en degradabilidad ruminal de los suplementos. Estudios posteriores deberían estudiar la respuesta animal a la composición de proteína de la dieta en función de equivalencias de oferta de PDR, sin limitar la oferta de PM.

En un estudio de sustitución proporcional de componentes, Latimori et al. (2013) evaluaron el reemplazo de harina por expeller de soja sobre la base de un 13,7% de PB en dietas con alto contenido de grano de maíz y animales de menor peso que los del presente ensayo. Detectaron un efecto positivo en el APV para los animales que consumieron expeller de soja comparados con harina de soja (1560 g/día vs. 1420 g/día, respectivamente). Entre otros factores, el efecto positivo del extrusado pudo deberse a cierto incremento de la fracción *bypass* de la proteína de la soja producido por la temperatura durante el proceso de prensado como también al aporte energético del remanente graso en

el expeller. Al respecto, Mielke y Schingoethe (1981), Coenen y Trenkle (1989) y Aldrich et al. (1997) reportaron una disminución de la degradabilidad ruminal y mayor flujo de aminoácidos al intestino como consecuencia del tratamiento térmico del poroto de soja durante la extracción de aceite, con consecuentes mejoras en el APV. Por otro lado, un calentamiento excesivo podría resultar en una disminución de la digestibilidad de la proteína (Ljøkjel et al., 2000; Jiang et al., 2011). En USA, la industria formula dietas para bovinos en engorde que ubican el contenido de PB entre 11 y 14%, considerando en particular la oferta de PDR (Galyean, 1996). En Argentina, la mayoría de las formulaciones comerciales reparan en el ajuste por PB en ese mismo rango, sin mayores consideraciones sobre las fracciones (comunicación personal con asesores de empresas comerciales de alimentos). Sin embargo, a la luz de estos resultados, la comparación de suplementos en base a esos parámetros sería insuficiente para generar precisión sobre los factores contribuyentes a la respuesta animal. Por otro lado, la información descriptiva de los insumos proteicos de Argentina respecto de la degradabilidad de las fracciones proteicas es escasa o inexistente cuando se trata de insumos como el expeller de soja y su gran variabilidad en calidad (Juan et al., 2015).

El tratamiento HSA pretendió replicar el aporte de aceite de ES, siendo entonces el efecto del proceso de extracción del aceite la variable diferencial, pero la inclusión de aceite en el tratamiento HSA, para igualar el aporte del ES, no tuvo impacto en las respuestas medidas en esta experiencia. Este resultado es, en parte justificable, por el ajuste de las dietas en la concentración de EM. Estudios planificados con niveles crecientes de aceite en el expeller sin ajuste por EM, serían necesarios para evaluar ese efecto. No se han encontrado trabajos que hayan evaluado el efecto nutricional del aporte energético del residuo graso del expeller de soja para concentración de EM similares entre tratamientos.

La inclusión de grasas y aceites en dietas de engorde permite suponer un incremento de la oferta de EM, pero la sustitución de granos por aceites o grasa animal ha mostrado resultados diversos y de mayor efecto sobre la composición química de la carne que sobre el aumento de peso, el consumo o la conversión (Brandt et al., 1990, 1992; Clary et al., 1993; Andrae et al., 2000, 2001). Andrae et al. (2000) reportaron mayor oferta de EM en una dieta basada en maíz alto oleico que resultó en un efecto depresor del consumo, lo que se tradujo en una performance animal similar a la observada con una dieta con maíz de menor contenido de aceite. Zinn et al. (1989) y Bock et al. (1991) reportaron incrementos en el EGD y la grasa de las vísceras al agregar lípidos a dietas a base de grano de maíz, pero no observaron efectos sobre la grasa intramuscular. Por su parte, algunos trabajos reportaron que la adición de grasa animal no mejoraría el marmoleo (Haaland et al., 1981; Krehbiel et al., 1995).

Conclusiones

La respuesta productiva de los novillos alimentados con la dieta que incluyó expeller de soja podría asemejarse, en términos prácticos, a la que utilizó harina de soja como suplemento proteico en dietas de alta energía digestible. En el contexto de la presente comparación, donde las concentraciones dietarias de PB y EM fueron similares, la dieta con harina de soja con agregado de aceite generó una eficiencia de conversión levemente superior a aquellas con expeller o harina, explicada por un CMS inferior y similar APV, sin impactos sobre el rendimiento y el peso de la res. No se verificaron diferencias en grado y calidad de la terminación. Por su parte, a partir de los nutrientes ofrecidos por el maíz, el expeller, la harina de soja y la urea, procesados y ofrecidos en las condiciones del presente ensayo, la formulación al 10% de PB permitiría cubrir los requerimientos de PM y de PDR de novillos en terminación para el rango de aumentos de peso observados. Sin embargo, un nivel de 13% de PB permitiría mejorar el rendimiento y peso final de la res. El nivel de 15% de PB no generaría respuestas mejoradoras respecto de las observadas con 13%.

Bibliografía

- ALDRICH, C.G., MERCHEN, N.R., PARSONS, C.M., HUSSEIN, H.S., INGRAM, S. and CLODFELTER, J.R. 1997. Assessment of postruminal amino acid digestibility of roasted and extruded whole soybeans with the precision-fed rooster assay. *J. Anim. Sci.* 75:3046-3051.
- ANDRAE, J.G., DUCKETT, S.K., HUNT, C.W., PRITCHARD, G.T. and OWENS, F.N. 2001. Effects of feeding high-oil corn to beef steers on carcass characteristics and meat quality. *J. Anim. Sci.* 79:582-588.
- ANDRAE, J.G., HUNT, C.W., DUCKETT, S.F., KENNINGTON, L.R., FENG, P., OWENS, F.N. y SODERLUND, S. 2000. Effect of high-oil corn on growth performance, diet digestibility, and energy content of finishing diets fed to beef cattle. *J. Anim. Sci.* 78:2257-2262.
- AOAC. 2000. *Official Methods of Analysis*. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- BOCK, B.J., HARMON, D.L., BRANDT Jr, R.T. and SCHNEIDER, J.E. 1991. Fat source and calcium level effects on finishing steer performance, digestion, and metabolism. *J. Anim. Sci.* 69:2211-2224.
- BRANDT, R.T., Jr. and ANDERSON, S.J. 1990. Supplemental fat source affects feedlot performance and carcass traits of finishing yearling steers and estimated diet net energy value. *J. Anim. Sci.* 68:2208-2216.
- BRANDT, R.T., Jr., KUHLE, G.L., CAMPBELL, R.E., KASTNER, C.L. and STRODA, S.L. 1992. Effects of steam-flaked sorghum grain or corn and supplemental fat on feedlot performance, carcass traits, longissimus composition, and sensory properties of steers. *J. Anim. Sci.* 70:343-348.
- BRODERICK, G. 1986. Relative value of solvent and expeller soybean meal for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 69:2948-2958.
- 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.
- CHALUPA, W. 1975. Rumen bypass and protection of proteins and amino acids. *J. Dairy Sci.* 58:1198-1218.
- CLARY, E.M., BRANDT, Jr., R.T., HARMON, D.L. and NAGARAJA, T.G. 1993. Supplemental fat and ionophores in finishing diets: Feedlot performance and ruminal digesta kinetics in steers. *J. Anim. Sci.* 71:3115-3123.
- COENEN, D. and TRENKLE, A. 1989. Comparisons of expeller-processed and solvent-extracted soybean meals as protein supplements for cattle. *J. Anim. Sci.* 67:565-573.
- FATHI NASRI, M.H., DANESH MESGARAN, M., NIKKHAH, A., VALIZADEH, R., KEBREAB, E. and FRANCE, J. 2007. Effect of raw or roasted whole soybeans on early lactational performance and ruminal and blood metabolites in Iranian cows. *J. Agric. Sci.* 145:529-537.
- GALLARDO, M. 2008. Concentrados y subproductos para la alimentación de rumiantes. XXI Curso internacional de lechería para profesionales de América Latina, pp. 153-162.
- GALYEAN, M.L. 1996. Protein levels in beef cattle finishing diets: Industry application, university research, and systems results. *J. Anim. Sci.* 74:2860-2870.
- GANESH, D. and GRIEVE, D.G. 1990. Effect of roasting raw soybeans at three temperatures on in situ dry matter and nitrogen disappearance in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 73:3222-3230.
- GOERING, H. and Van SOEST, P. 1970. Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications). *Agric. Handbook No. 379*, A.R.S., USDA, Washington DC.
- HAALAND D.L., MATSUSHIMA, J.K., JOHNSON, D.E. and WARD, G.M. 1981. Effect of replacement of corn by protected tallow in a cattle-finishing diet on animal performance and composition. *J. Anim. Sci.* 52:696-702.

- INTA. 2011. Seguimiento de la calidad del expeller de sojas elaborado por diferentes plantas productoras. Informe Interno del Proyecto Nacional Procesos Productivos Agroindustriales para Agregar Valor en Origen en forma Sustentable, 4pp.
- JIANG N., ZHANG, A., YANG, R. y ZHANG, Y. 2011. An experimental approach to optimize several processing conditions when extruding soybeans. *Anim. Feed Sci. and Tech.* 170: 277–283.
- JUAN, N.A., MASSIGOGUE, J.I., ERRASQUIN, L., MÉNDEZ, J.M., OCHANDIO, D.C., SAAVEDRA, A.E., PAOLILLI, M.C., ALLADIO, R. M., ACCORONI, C. y BEHR, E.F. 2015. Calidad de la soja procesada y del expeller producido por la industria de extrusado-prensado en Argentina. *Bol. Tec. La Pampa San Luis*. Ed. INTA.
- KREHBIEL, C.R., McCOY, R.A., STOCK, R.A., KLOPFENSTEIN, T.J., SHAIN, D.H. and HUFFMAN, R.P. 1995. Influence of grain type, tallow level, and tallow feeding system on feedlot cattle performance. *J. Anim. Sci.* 73:2916–2921.
- LATIMORI, N.J., KLOSTER, A.M. y GARIS, M. H. 2013. Uso de expeller de soja como sustituto de la harina de soja en dietas de engorde de bovinos a corral. *Información para Extensión* nº 143. EEA Marcos Juárez, INTA.
- LJØKJEL, K., MAGNE HARSTAD, O. and SKREDE, A. 2000. Effect of heat treatment of soybean meal and fish meal on amino acid digestibility in milk and dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*. 84: 83-95.
- MÉNDEZ, J.M., COVACEVICH, M. y CAPURRO, J. 2010. Procesamiento del grano de soja en la provincia de Santa Fe mediante extrusado y prensado. *Para Mejorar la Producción* Nº 45. EEA INTA Oliveros, pp 137-139.
- MIELKE, C.D. y SCHINGOETHE, D.J. 1981. Heat-Treated soybeans for lactating cows. *J. Dairy Sci.* Vol. 64, No. 7. 1579: 1584.
- MORETTO, F. 2015. Efecto de la temperatura de extrusion del grano de soja sobre la degradación ruminal de la proteína del expeller. Trabajo final de grado. UN de Villa María, Córdoba.
- NASEM (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine). 2016. Nutrient requirements of beef cattle, 8th ed. Washington, DC: The Natl. Acad. Press. <https://doi.org/10.17226/19014>.
- NRC. 2000. Nutrient requirements of beef cattle. 7 rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- ORIAS, F., ALDRICH, C.G., ELIZALDE, J.C., BAUER, L.L. and MERCHEN, N.R. 2002. The effects of dry extrusion temperature of whole soybeans on digestion of protein and amino acids by steers. *J. Anim. Sci.* 80:2493-2501.
- PLEGGE S.D., BERGER, L.L. and FAHEY, Jr., G.C. 1985. Effect of roasting temperature on the proportion of soybean meal nitrogen escaping degradation in the rumen. *J. Anim. Sci.* 61:1211-1218.
- PORDOMINGO, A.J., GRIGIONI, G., CARDUZA, F., GARCÍA, P., PORDOMINGO, A.B. y VOLPI LAGRECA, G. 2012. Productividad y características de la carne de vaquillonas F1 del cruzamiento de Angus. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 32:47-61.
- SAS, 2006. SAS User's Guide: Statistics (Version 8). SAS Institute Inc, Cary, NC, USA. 3884 p.
- SHAIN, D.H., STOCK, R.A., KLOPFENSTEIN, T.J. and HEROLD, D.W. 1998. Effect of degradable intake protein level on finishing cattle performance and ruminal metabolism. *J. Anim. Sci.* 76:242–248.
- STERN, M.O., SANTOS, K.A. and SATTER, L.D. 1985. Protein degradation in rumen and amino acid absorption in small intestine of lactating dairy cattle fed heattreated whole soybeans. *J. Dairy Sci.* 68:45-56
- ZINN, R.A. 1989. Influence of level and source of dietary fat on its comparative feeding value in finishing diets for steers: Feedlot cattle growth and performance. *J. Anim. Sci.* 67:1029–1037.