

Substitución de harina de girasol por poroto de soja en la dieta de novillos alimentados a corral sobre la respuesta productiva y características de la res

Recibido 11 de marzo de 2020 //
 Aceptado 21 de abril de 2021 //
 Publicado online
 22 de septiembre de 2021

Pordomingo, A.J.^{1,2}; Felice, G.A.¹; Kent, F.¹; Jouli, R.R.¹; Juan, N.A.¹

RESUMEN

Se realizaron dos experimentos para determinar efectos del nivel de inclusión de soja (Nivel: 0, 8, 16 o 24%, base materia seca), su presentación (Mol: entera o molida) y tratamiento térmico (Tost: cruda vs. tostada) sobre la respuesta de novillos Angus alimentados a corral. Las dietas estuvieron compuestas por grano de maíz, harina de girasol, urea, heno y núcleo vitamínico mineral, con la proporción de soja según Nivel. En el experimento 1 se utilizaron 96 animales (210 ± 14,5 kg) distribuidos de a 4 por corral. Se combinaron Nivel y Mol. En el experimento 2 se utilizaron 96 animales (280 ± 18,5 kg) distribuidos de a 3 por corral. Los tratamientos combinaron Nivel y Tost. Se determinó: peso vivo (PV), aumento diario de PV (ADPV), consumo de materia seca (CMS), CMS en relación con el PV (CMSPV), índice de conversión (IC: CMS/ADPV), rendimiento de res (RRes), área de ojo de bife (AOB) sobre el longissimus thoracis y espesor de grasa dorsal (EGD). Los datos se analizaron sobre un diseño al azar de factores fijos, utilizando al corral como unidad experimental, con un arreglo factorial de tratamientos 2 x 4. Las medias se separaron por Tukey o significancia de F. En ambos experimentos, Nivel 24 de soja cruda resultó en menor (P < 0,05) PV final, ADPV, CMS, CMSPV y deterioró el IC, comparado con 0, 8 y 16%. También deprimió (P < 0,05) el RRes y EGD en Experimento 1. No se detectaron interacciones (P ≥ 0,37) entre Nivel y Mol y tampoco efectos de Mol (P > 0,05). Se detectaron interacciones entre Nivel y (P < 0,01), Tost removió el efecto (P ≤ 0,04) depresor de Nivel 24. La sustitución de harina de girasol por soja cruda hasta 16% o tostada hasta 24% de inclusión no generó respuestas diferenciales.

Palabras clave: poroto de soja, tratamiento físico (temperatura/molienda), niveles de inclusión, crecimiento, características de res.

ABSTRACT

Two experiments were conducted to determine the effects of inclusion (Level: 0, 8, 16 and 24% on DM basis), processing (Grnd: whole or ground) and thermal treatment (Roast: raw vs roasted) of soybeans substituting for sunflower meal, on performance and carcass traits of pen-fed steers. Experiment 1 explored responses to Level and Grnd. Experiment 2 explored responses to Level and Roast. For Experiment 1, 96 Angus steers (210 ± 14.50 kg) were distributed randomly in 24 pens with 4 per pen. For Experiment 2, 96 Angus steers (280 ± 18.50 kg) were distributed into 32 pens with 3 per pen. Diets were based on corn grain, sunflower meal, urea, hay and a mineral/vitamin premix, with soybeans added according to Level. Variables determined were: live weight (LW), LW gain (LWG), dry matter intake (DMI), DMI relative to LW (DMILW), feed efficiency (FE), hot carcass yield (HCY), rib eye area (REA) of the longissimus thoracis section and back fat thickness (BFT). Data of each experiment were analyzed in a 4 x 2 factorial completely randomized design. Pens were the experimental units. Effects of Level were separated by Tukey; effects of Grnd and Roast by significance of F test. For both experiments, inclusion of 24%

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Anguil, Ruta Nacional 5 km 580 (6326) Anguil, La Pampa. Correo electrónico: pordomingo.anibal@inta.gob.ar

²Universidad Nacional de La Pampa (UNLPam), Facultad de Ciencias Veterinarias, La Pampa.

raw soybeans depressed ($P < 0,05$) final LW, LWG, DMI, DMILW and worsened FE, compared with the other levels. Level 24 also reduced ($P < 0,05$) RRes and BFT in experiment 1. No interactions ($P \geq 0,37$) between Level and Grnd and no effects ($P \geq 0,39$) of Grnd were detected. Level interacted with Roast ($P < 0,01$). Roasting removed the depressing effects of Level 24 on animal performance. Substituting sunflower meal for raw soybeans up to 16% of the diet, or roasted across at levels, did not ($P > 0,05$) affect performance and carcass variables.

Keywords: soybeans, raw soybeans, heat-treated soybean, growth variables, carcass characteristics.

INTRODUCCIÓN

El poroto de soja (soja) contiene aproximadamente 39% de PB, 21% de aceite y 34% de carbohidratos (Kawamura, 1967; Ipharraguerre y Clark, 2003). Aunque concentrado en PB, aún previo a la extracción de aceite, el poroto de soja ha sido poco evaluado como alimento para bovinos. Pero su utilización en reemplazo de otros oferentes de proteína se ha convertido en una opción en el engorde a corral de bovinos por motivos de costo o disponibilidad de las harinas de girasol o de soja. Pero se tiene escasa información experimental sobre la diferencia en respuesta animal cuando la soja sustituye a la harina de girasol o a la de soja en el engorde a corral.

Tampoco se tiene suficiente información respecto del nivel a incluir y su interacción con la presentación de la soja al rumen (procesamiento), atendiendo a la presencia de los factores antinutricionales en é (en particular factor antitripsínico) (Qin *et al.*, 1996; Serrano y Villalbí, 1999). Para ser utilizada en monogástricos, la soja se somete a un proceso térmico que desnatura y desactiva factores anti-nutrientes (Waldroup *et al.*, 1985).

En bovinos se sugiere efectos de desactivado durante la fermentación ruminal. La experiencia empírica indica que el rumen tiene capacidad de metabolización y desactivación de factores antinutricionales por lo que el bovino toleraría mayor cantidad de soja cruda que los monogástricos (Albro *et al.*, 1993; Aldrich *et al.*, 1995; Eweedah *et al.*, 1997; Felton y Kerley, 2004; Pordomingo *et al.*, 2007). Se supone que ese grado de tolerancia depende de la dieta base, la forma de presentación la soja y la funcionalidad del rumen. Felton y Kerley (2004) sugieren 16% como nivel máximo de inclusión de soja en dietas de alto grano para evitar sobre oferta de PB y lípidos. Sin embargo, a información existente no permite ser concluyente al

respecto para los sistemas argentinos. Se sugiere que el molido del poroto permitiría asegurar el efecto desactivador del rumen por lograr alta exposición al licor ruminal.

En el presente trabajo se hipotetizó que: a) la soja cruda puede incorporarse en las dietas de alto contenido de grano hasta el 24% en base seca sin afectar parámetros de consumo y crecimiento o engorde; b) la molienda de la soja cruda genera mayor respuesta productiva y tolerancia respecto de entera en la dieta de bovinos en engorde, c) el tostado (tratamiento térmico) desactiva la acción de factores antinutrientes responsables de deterioros de la respuesta animal ante inclusiones altas de soja cruda en la dieta; y d) la inclusión de soja en niveles crecientes no afecta la respuesta animal y las características de la res.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para desafiar las hipótesis mencionadas en este estudio se realizaron dos experimentos. En un primer experimento se evaluó el efecto del procesado molido respecto de la inclusión de poroto de soja entero, en proporciones crecientes, sustituyendo a la harina de girasol sobre la respuesta animal. En el segundo se evaluaron los efectos del uso de poroto de soja en niveles crecientes sustituyendo a la harina de girasol, e incorporado crudo o desactivado térmicamente. Los 2 experimentos se condujeron en la Estación Experimental Anguil del INTA, ubicada en el departamento Capital, provincia de La Pampa.

Experimento 1

Se utilizaron 96 novillitos Angus, con un peso vivo (PV) inicial de $210 \pm 14,5$ kg promedio en un experimento de engorde a corral para evaluar parámetros de producción y eficiencia in-

Tratamiento*	0	8	16	24
Proporción de ingredientes (%)				
Poroto de soja	0	8	16	24
Grano de maíz	74,7	67,1	66,3	60,5
Harina de girasol	20	15	5	0
Urea	0,8	0,4	0,2	0,1
Heno de pastura	2	7	10	13
Núcleo vitamínico y mineral	2,5	2,5	2,5	2,5

Tabla1. Composición de tratamientos de niveles de soja y composición proximal.

*Nivel de inclusión de soja = 0, 8, 16 y 24 equivalen a 0, 8, 16 y 24% de soja en base seca, respectivamente.

dividual. Este tuvo una duración de 90 días. Los tratamientos consistieron en 8 dietas que se formularon a partir de la combinación de: a) poroto de soja crudo y entero, o poroto de soja crudo y molido, y b) diferentes niveles de inclusión de la soja en la dieta (0, 8, 16 y 24% de la dieta total, en base MS) (tabla 1). Las dietas se formularon para obtener similar oferta de proteína bruta (PB), y de energía metabolizable (EM, Mcal/kg MS) de acuerdo NRC (2000) para un aumento diario de peso vivo (ADPV) medio esperado de 1,300 kg/día, y similar oferta de fibra detergente ácido (FDA) (en ese orden de prioridad) en el intento de minimizar efectos confundidos o interacciones de los factores de interés con la oferta de PB y EM del alimento. El molido del poroto se correspondió al logrado con zaranda comercial de 4 mm de diámetro y en cantidad para 14 días, simulando la situación comercial.

Se definió una oferta de PB no limitante de los requerimientos para el ADPV esperado y equivalente a la mínima PB que implica el mayor nivel de inclusión de poroto de soja (condición inherente a la inclusión del nivel 24%) por lo que la concentración se ubicó en el rango de 15,0 a 15,5% de PB, sin exceder el 1% de urea. A su vez, las dietas se formularon para una oferta 2,75 Mca EMI/kg MS, la máxima posible para el tratamiento que no incluyó poroto de soja, con un contenido de FDN de 18% y FDA de 10%. El contenido de extracto etéreo dependió de la combinación de insumos y en particular de la inclusión de la soja. Para integrar esas restricciones, se implementó la composición de ingredientes que se sintetiza en la tabla 1. Las proporciones de ingredientes para alcanzar los objetivos nutricionales se ajustaron de acuerdo con la composición nutritiva efectiva de los ingredientes determinada al inicio del ensayo y durante la evolución de este.

Se asignaron 3 repeticiones de corral con 4 animales cada uno por tratamiento (combinación de factores). El día 1 del experimento los animales se distribuyeron al azar en 24 corrales. Las dietas de engorde se ofrecieron luego de un acostumbramiento de 15 días al contenido de grano. Los animales comenzaron con una dieta con 50% de heno, el que se fue sustituyendo progresivamente, con cambios cada 2 días hasta alcanzar la composición prevista el día 13 del período citado. Se alimentó una vez al día a las 9:00 horas con un mezclador y distribuidor de raciones con balanza incorporada, con una cantidad de alimento excedente en 10% del consumo diario estimado en base seca.

Experimento 2

Se utilizaron 96 Novillitos Angus, que iniciaron el ensayo con un PV de $280 \pm 18,5$ kg promedio. Este tuvo también una duración de 90 días. Se evaluó el efecto del incremento de poroto de soja crudo o tratado térmicamente, como integrante de la dieta y sus interacciones sobre el consumo, la respuesta en aumento de peso y la eficiencia individual. Los tratamientos consistieron en 8 dietas que se formularon a partir de la combinación de los factores: a) poroto de soja desactivado térmicamente vs. crudo, y b) proporción de poroto de soja en la dieta (0, 8, 16 y 24%, en base MS). Se utilizaron 32 corrales sobre los que se aplicaron los tratamientos generándose 4 repeticiones (corrales) por tratamiento, con 3 animales por corral.

Se ofreció la misma dieta que el Experimento 1 (tabla 1) con las mismas metas de oferta de PB y EM. Los supuestos para la definición de la composición de las dietas y los ingredientes, el acostumbramiento de los animales a los tratamientos,

la forma de alimentación y suministro, los ajustes de dieta, el muestreo, la elección del momento de faena y el registro de datos se hicieron siguiendo el mismo protocolo descrito para el Experimento 1. El poroto de soja se ofreció entero.

El proceso de desactivado fue realizado en una planta comercial. El equipo desactivador trabajó a una temperatura de 120 °C y el tiempo de desactivado fue de una hora cada 200 kg de soja con el agregado de 15 litros de agua para cada carga. Se corroboró la efectividad del desactivado del factor proteico antitripsínico por vía indirecta. Se determinó la reducción de actividad ureásica por colorimetría visual aplicando una solución de rojo de fenol al 0,1%, indicador indirecto de la desactivación de péptidos antinutritivos (Herkelman *et al.*, 1992). El material crudo tuvo una actividad ureásica UpH de 2,49 y el desactivado de 0,13. El UpH de 0,90 o inferior es considerado desactivado efectivo.

Determinaciones

Calidad nutricional de los componentes de la dieta

Se recolectaron muestras de ingredientes cada 15 días en el acopio y del alimento en comedero para determinación del contenido de MS y de la composición proximal. El alimento ofrecido se muestreó de cada comedero por tratamiento inmediatamente de suministrado tomando un alícuota de 500 g. El alimento remanente en cada comedero se muestreó dos veces por semana. Con las muestras de remanentes se compusieron muestras compuestas cada 15 días por corral para determinar la composición proximal del alimento no consumido. Inmediatamente de recolectadas las muestras se conservaron en freezer a -20 °C.

Los ingredientes individuales, la ración mezclada y el remanente se analizaron por contenido de MS en estufa de secado a 60 °C durante 96 h y hasta peso constante de acuerdo con AOAC (2000; método 912.10), PB determinada como N Kejdahl x 6.25 de acuerdo con AOAC (2000; método 981.10) extracto etéreo según AOAC (2000; método 991.36), y las fracciones de fibras (FDA y FDN) siguiendo la metodología propuesta por Goering y Van Soest (1970). Se estimó la concentración de EM (Mcal/kg MS) a partir de las ecuaciones de NRC (2000).

Consumo, aumento de peso vivo y conversión del alimento

Se registró diariamente la cantidad de alimento ofrecido y el remanente del día anterior para determinar por diferencia el consumo diario, el que ajustado por el contenido de humedad permitió conocer el consumo de MS (CMS) diario por corral y por animal promedio de cada corral para el período de engorde. En el comienzo se partió de una oferta equivalente al 3% del peso vivo (en base MS) y se ajustó diariamente previo al nuevo suministro luego de descontar el remanente al ofrecido el día anterior y agregar luego un 10% adicional. Esta modalidad de ajuste se utilizó a lo largo de todo el período de engorde en ambos experimentos.

En ambos experimentos los animales se pesaron cada 21 días por la mañana a las 8:00, con desbaste previo de 17 horas. Con la información de peso vivo (PV) inicial y final se calculó el ADPV del experimento para cada animal. Las determinaciones de PV y ADPV intermedias se utilizaron para el seguimiento de los animales y eventuales ajustes, pero no se utilizaron en resultados.

Con la información de CMS medio del engorde del animal promedio de cada corral y el ADPV también del animal prome-

dio de cada corral se calculó el índice de conversión (IC) como el CMS/ADPV. También, con la información de CMS medio y el PV medio del engorde para el animal promedio por corral se calculó el CMS/PV, expresado en kg/100 kg PV.

Rendimiento de res, área de bife y espesor de grasa dorsal

Para calcular el rendimiento de res (RRes = peso res en caliente/PV desbastado) se utilizó el PV determinado en la última pesada individual (dos días antes de envío a faena), descontado un desbaste fijo del 7%. Se determinó el área del ojo de bife (AOB) sobre la sección transversal del músculo *longissimus thoracis* (LM) de la res izquierda, a la altura del área intercostal entre la 10.^a y 11.^a costilla, mediante calcado en papel film transparente y planimetría posterior de acuerdo a la metodología descrita por Pordomingo *et al.* (2012 a, b) y Duckett *et al.* (2007). Sobre el mismo sitio se determinó el espesor de grasa dorsal (EGD) con regla milimetrada en posición perpendicular al LM a 2/3 de la distancia entre los extremos dorsal y ventral del músculo (Pordomingo *et al.*, 2012 a, b; Duckett *et al.*, 2007).

Diseño Experimental y análisis estadístico

Ambos experimentos fueron similares en el diseño experimental y combinación de factores. Se analizaron en modelos de factores fijos, utilizando al corral como unidad experimental. En el Experimento 1 se implementó un arreglo factorial que incorporó 2 tratamientos de procesado (Mol: soja entera o molida) x 4 (nivel de inclusión (Nivel: 0, 8, 16 y 24% de la dieta total en base MS) sobre las unidades experimentales para las

variables en estudio. En el Experimento 2 se implementó un arreglo factorial que incorporó 2 presentaciones (Tost: soja tostada o cruda) x 4 de inclusión de soja (Nivel: 0, 8, 16 y 24% de la dieta total en base MS).

Para las variables de engorde, consumo, eficiencia y de res se aplicó el modelo lineal: $Y_{ijk} = \mu + T_{ti} + N_{sj} + T_{ti} * N_{sj} + E_{ijk}$; donde: Y_{ijk} : variable respuesta medida en el corral k con la combinación de tratamiento i y nivel j; μ : media general de la población; T_{ti} : Efecto de procesado; N_{sj} : Efecto Nivel de soja; $T_{ti} * N_{sj}$: Interacción tratamientos y niveles de soja; E_{ijk} : error experimental.

Para la evaluación de interacciones, efectos de factores principales y comparaciones en variables de composición proximal (PB, FDN y FDA y extracto etéreo) de Dieta y Remanente se incluyó Alimento (Alim: dieta vs. remanente) como tercer factor interactivo y período de muestreo como factor al azar. Se aplicó el modelo lineal: $Y_{ijklm} = \mu + T_{ti} + N_{sj} + T_{ti} * N_{sj} + A_{lk} + A_{lk} * T_{ti} + A_{lk} * N_{sj} + A_{lk} * T_{ti} * N_{sj} + P_{li} + E_{ijklm}$; donde: Y_{ijklm} : variable respuesta medida en el corral m con la combinación de tratamiento i, nivel j, alimento k, período l; μ : media general de la población; T_{ti} : Efecto de procesado; N_{sj} : Efecto Nivel de soja; $T_{ti} * N_{sj}$: Interacción tratamiento físico o térmico y Nivel de soja; A_{lk} : Efecto del Alimento; $A_{lk} * T_{ti}$: Interacción alimento y tratamiento físico o térmico; $A_{lk} * N_{sj}$: Interacción alimento con Nivel de soja; $A_{lk} * T_{ti} * N_{sj}$: Interacción entre Alimento, tratamiento y Nivel; P_{li} : Período de muestreo; E_{ijklm} : error experimental.

Detectados efectos de tratamientos, las medias para el factor Nivel se separaron por Tukey (SAS, 2012), y para Mol (entera o molida) o Tost: cruda o tostada por significancia de la prueba de F ($P < 0,05$).

Tratamiento*	0	8	16	24	EEM	P
Dieta						
PB (%)	15,4	15,0	15,2	15,5	0,17	0,76
FDN (%)	17,8	17,2	17,3	18,5	0,21	0,65
FDA (%)	9,7	9,4	9,5	10,1	0,38	0,47
Extracto etéreo (%)	4,1 ^a	6,1 ^b	7,3 ^c	8,1 ^d	0,07	< 0,01
EM, Mcal/kg MS	2,74	2,75	2,75	2,75	0,08	0,82
Remanente						
PB (%)	14,1	13,7	13,5	13,8	0,21	0,25
FDN (%)	23,5	21,4	22,1	21,5	0,17	0,27
FDA (%)	11,1	10,9	11,6	10,4	0,26	0,33
Extracto etéreo (%)	2,9 ^a	4,6 ^b	6,4 ^c	7,5 ^d	0,05	< 0,01

Tabla 2. Composición proximal de dietas y remanentes (Experimento 1).

n = 36 (3 corrales x 6 períodos x 2 Mol)

*Nivel de inclusión de soja = 0, 8, 16 y 24 equivalen a 0, 8, 16 y 24% de soja en base MS, respectivamente. No se detectaron interacciones ($P \geq 0,53$) entre Nivel y Mol para Dieta o Remanente. Las medias se reportan por Nivel.

EEM = Error estándar de diferencias de medias

PB = Proteína bruta

FDN = Fibra detergente neutro

FDA = Fibra detergente ácido

EM = Energía Metabolizable calculada por fórmula NRC (2000)

^{a,b,c,d} Medias en filas con superíndice diferente difieren ($P < 0,05$)

RESULTADOS

No se detectaron interacciones Nivel*Mol*Alim ($P \geq 0,71$), Alim*Nivel ($P \geq 0,53$) o Alim*Mol ($P \geq 0,38$) para los parámetros de composición proximal del alimento ofrecido o del remanente del Experimento 1. La presentación de la soja (Mol) no afectó los parámetros de composición proximal ($P \geq 0,71$) del ofrecido o del remanente. Las dietas resultaron equivalentes en PB, FDN, FDA y EM ($P \geq 0,47$) y el contenido de extracto etéreo creció ($P < 0,01$) con el incremento de poroto de soja en la dieta acorde con el diseño de tratamientos (tabla 2). Tampoco se detectaron efectos de Nivel o de Mol ($P \geq 0,25$) para PB, FDN y FDA en los remanentes (tabla 2). En correspondencia con la naturaleza de las dietas, el contenido de extracto etéreo del remanente creció ($P < 0,05$) con el contenido de soja.

Tampoco se detectaron interacciones Nivel*Tost*Alim ($P \geq 0,55$), Alim*Nivel ($P \geq 0,70$) o Alim*Tost ($P \geq 0,67$) para los parámetros de composición proximal del alimento ofrecido o del remanente del Experimento 2. La presentación Tost de la soja no afectó los parámetros de composición proximal ($P \geq 0,45$) del ofrecido o del remanente. Las dietas resultaron también equivalentes ($P \geq 0,41$) en PB, FDN, FDA y EM. Al igual que en el Experimento 1, el contenido de extracto etéreo creció ($P < 0,01$) con el incremento de poroto de soja en la dieta (tabla 2). Tampoco en este experimento se detectaron en los remanentes efectos de Nivel ($P \geq 0,25$) para PB, FDN y FDA (tabla 3). De la misma manera, el contenido de extracto etéreo del remanente también creció ($P < 0,05$) con el contenido de soja. En ambos experimentos, el remanente tuvo menor ($P < 0,05$) contenido de PB y extracto etéreo y mayor ($P < 0,01$) de FDN, FDA que el alimento ofrecido, independientemente de los factores de estudio (tabla 4).

No se detectaron interacciones ($P \geq 0,37$) entre Mol y Nivel

(Experimento 1) para las variables de engorde, eficiencia y res por lo que las medias se reportan por factores principales. No se detectaron efectos ($P \geq 0,55$) del Mol para ninguna de esas variables (tabla 5). Pero se detectaron efectos de Nivel ($P \leq 0,05$). Nivel 24 resultó en menor ($P < 0,05$) PV final, ADPV, CMS, CMSPV, RRes y EGD, comparado con los otros tres (tabla 6). Sin embargo, no se detectaron efectos ($P > 0,05$) entre los otros 3 niveles para las mismas variables. No se detectaron efectos de Nivel sobre AOB ($P = 0,44$).

Se detectaron interacciones ($P < 0,01$) entre Tost y el Nivel (Experimento 2) para la mayoría de las variables en estudio por lo que las medias se reportan para las combinaciones de factores (tabla 7). Para soja cruda, Nivel 24 resultó en menor ($P < 0,05$) PV final, ADPV, CMS y CMSPV y mayor IC ($P = 0,03$). Pero no se detectaron efectos diferenciales ($P \geq 0,05$) entre 0, 8 y 16%. Para soja tostada no se detectaron efectos ($P \geq 0,12$) de Nivel sobre ninguna de las variables relevadas.

Por su parte, dentro los niveles 0, 8 y 16% no se detectaron efectos de Tost ($P \geq 0,21$) en PV final, ADPV, CMS, CMSPV o IC. Pero dentro de Nivel 24, soja cruda resultó en menor ($P \leq 0,04$) PV final, ADPV, CMS, CMSPV y peor ($P = 0,02$) IC.

No se detectaron interacciones ($P \geq 0,67$) entre los factores (Tost y Nivel) para las variables de RRes, AOB y EGD. Tampoco se detectaron efectos ($P > 0,49$) atribuibles a Tost ($P \geq 0,49$) o Nivel ($P \geq 0,55$) para esas variables. En promedio, los animales tuvieron $58,6 \pm 0,31\%$ RRes, $66,2 \pm 1,20$ cm² de AOB y $7,8 \pm 0,15$ mm de EGD.

DISCUSIÓN

En promedio, la composición proximal de las dietas coincidió con la esperada en función del diseño de los tratamientos de cada experimento. Las combinaciones de factores de Nivel y

Tratamiento*	0	8	16	24	EEM	P
Dieta						
PB (%)	15,1	15,3	15,3	15,5	0,20	0,81
FDN (%)	17,2	18,3	17,5	18,0	0,16	0,68
FDA (%)	9,5	9,5	9,6	9,9	0,28	0,41
Extracto etéreo (%)	4,3 ^a	5,7 ^b	7,2 ^c	8,5 ^d	0,09	< 0,01
EM, Mcal/kg MS	2,74	2,75	2,75	2,75	0,07	0,75
Remanente						
PB (%)	13,7	13,5	13,8	13,6	0,25	0,22
FDN (%)	23,2	20,6	21,6	22,3	0,15	0,29
FDA (%)	11,0	10,5	11,6	10,8	0,21	0,27
Extracto etéreo (%)	2,9 ^a	4,6 ^b	6,1 ^c	7,3 ^d	0,06	< 0,01

Tabla 3. Composición proximal de dietas y remanentes (Experimento 2).

n = 48 (4 corrales x 6 períodos x 2 Tost)

*Nivel de inclusión de soja = 0, 8, 16 y 24% equivalentes a 0, 8, 16 y 24% de soja en base MS, respectivamente. No se detectaron interacciones ($P \geq 0,67$) entre Nivel y Tost para Dieta o Remanente. Las medias se reportan por Nivel,

^{a,b,c,d} Medias en filas con superíndice diferente difieren ($P < 0,05$)

PB = Proteína bruta

FDN = Fibra detergente neutro

FDA = Fibra detergente ácido

EM = Energía Metabolizable calculada por fórmula NRC (2000)

	Alimento* [§]		EEM	P
	Dieta	Rem		
Experimento 1				
PB (%)	15,3	13,8	0,31	0,03
FDN (%)	17,7	22,1	0,17	< 0,01
FDA (%)	9,7	11,2	0,24	< 0,01
Extracto etéreo (%)	6,4	5,4	0,38	0,02
Experimento 2				
PB (%)	15,3	13,7	0,27	0,02
FDN (%)	17,8	21,9	0,15	< 0,01
FDA (%)	9,6	11,0	0,23	< 0,01
Extracto etéreo (%)	6,5	5,2	0,25	0,01

Tabla 4. Comparación de composición proximal de dieta y remanente a través de tratamientos.

* Alimento = Dieta y Remanente (Rem)

[§] No se detectaron interacciones ($P \geq 0,75$) Nivel x Mol x Alimento (experimento 1) o Nivel x Tost x Alimento (experimento 2) para PB, FDN, FDA o extracto etéreo.

No se detectaron interacciones ($P \geq 0,53$) Nivel x Mol (experimento 1) o Nivel x Tost (experimento 2) para PB, FDN, FDA o extracto etéreo en Dieta o Remanente.

No se detectaron efectos ($P > 0,05$) de Mol (experimento 1) o de Tost (experimento 2) sobre PB, FDN, FDA o extracto etéreo.

EEM = Error estándar de diferencias de medias

PB = Proteína bruta

FDN = Fibra detergente neutro

FDA = Fibra detergente ácido

	Soja*		EEM	P
	entera	molida		
PV inicial, kg	214	214	3,5	0,88
PV final, kg	323	323	5,7	0,61
ADPV, g/día	1175	1182	33,2	0,57
CMS, kg/día	7,5	7,5	0,51	0,55
CMSPV, kg/kg PV	2,79	2,80	0,07	0,62
IC	6,4	6,4	0,25	0,76
RRes, %	58,3	58,2	0,32	0,59
AOB, cm ²	63,0	63,1	0,77	0,61
EGD, mm	7,3	7,4	0,29	0,39

Tabla 5. Efectos de la inclusión de soja cruda entera o molida en la dieta de bovinos en engorde a corral sobre parámetros de engorde, consumo, conversión y de res.

*No se detectaron ($P \geq 0,37$) interacciones entre factores (Mol x Nivel). Se reportan las medias para presentación de la soja, entera o molida.

EEM = Error estándar de diferencias de medias

PV = Peso vivo

ADPV = Aumento diario de PV

CMS = Consumo de materia seca

CMSPV = CMS relativo con el PV medio

IC = CMS/ADPV

RRes = Rendimiento de res en caliente

AOB = Área de ojo de bife (sección transversal del músculo *longissimus thoracis*)

EGD = Espesor de grasa dorsal

procesado de la soja (molida o tostada) no generó efectos diferenciales sobre la composición proximal de las dietas ni sobre los remanentes. La composición proximal entre el ofrecido y el remanente varió poniendo en evidencia un efecto de selección

ejercido por los animales. Pero este habría sido independiente de los factores de estudio ya que no se detectaron interacciones entre Nivel y Mol o Nivel y Tost, ni efectos de los factores principales sobre la composición proximal del remanente.

	Nivel*					P
	0	8	16	24	EEM	
ADPV, g/día	1201 ^b	1221 ^b	1222 ^b	1070 ^a	39,6	<0,01
CMS, kg/día	7,8 ^b	7,6 ^b	7,7 ^b	7,1 ^a	0,23	0,03
CMSPV, kg/100 kg PV	2,9 ^b	2,8 ^b	2,8 ^b	2,7 ^a	0,11	0,03
IC	6,4 ^a	6,2 ^a	6,2 ^a	6,8 ^b	0,13	0,05
RRes, %	58,3 ^b	58,6 ^b	58,6 ^b	57,5 ^a	0,22	0,03
AOB, cm ²	62,9	63,1	63,2	63,0	0,28	0,44
EGD, mm	7,3 ^b	7,4 ^b	7,8 ^b	6,8 ^a	0,12	0,05

Tabla 6. Efecto del nivel de inclusión de soja en la dieta de bovinos en engorde a corral sobre variables de crecimiento y de res.

* No se detectaron ($P \geq 0,37$) interacciones entre factores (Mol x Nivel), Se reportan las medias para nivel de inclusión (Nivel: 0, 8, 16 y 24% en base MS)

EEM = Error estándar de diferencias de medias

^{a,b} Medias seguidas por superíndice diferente difieren ($P < 0,05$)

PV = Peso vivo

ADPV = Aumento diario de PV

CMS = Consumo de materia seca

CMSPV = CMS relativa al PV medio

IC = CMS/ADPV

RRes = Rendimiento de res en caliente

AOB = Área de ojo de bife (sección transversal del músculo *longissimus thoracis*)

EGD = Espesor de grasa dorsal

La hipótesis de una mayor exposición de la soja a la fermentación y desactivación en rumen no fue confirmada en este estudio. La ausencia de efectos del molido sugiere que ese procesado previo al suministro no tendría un efecto relevante. Al momento de la conclusión de estos ensayos no se han encontrado antecedentes bibliográficos sobre la comparación de molido vs. entero en soja cruda ofrecida a bovinos. Aunque no medido en el presente estudio, es probable que la masticación del animal haya logrado el suficiente quebrado y exposición ruminal de la soja entera para desactivar los factores antinutricionales en el rumen en los niveles de 8 y 16% y posiblemente de manera parcial en el nivel de 24%.

Se detectó un efecto depresor de la soja cruda al Nivel 24 sobre el ADPV, el CMS, y el IC, independientemente si se ofreció entera o molida. Por su parte, el tratamiento térmico (tostado) removió el efecto depresor de Nivel 24 sobre esas respuestas, por lo que se habría puesto en evidencia la expresión de factores antinutricionales térmicamente lábiles. Removido ese efecto, la similitud de las respuestas podría justificarse en la semejanza de la concentración de EM entre las dietas y la similitud de CMS.

Sería esperable que el tratamiento térmico influya sobre la digestibilidad de los nutrientes y la palatabilidad de la soja (Qin *et al.*, 1996; Serrano y Villabí, 1999). También podría reducir la degradabilidad ruminal de la fracción proteica y la saturación lipídica, y mejorar el aporte de aminoácidos al intestino (Tice *et al.*, 1993; Stern *et al.*, 1994). Aldrich *et al.* (1995) reportaron ausencia de diferencias en la digestibilidad de la energía, los sitios de utilización de los nutrientes e incluso la biohidrogenación de los lípidos para soja cruda o tostada a distintas temperaturas.

En los experimentos del presente estudio, el contenido de extracto etéreo de las dietas incrementó con la inclusión de poroto de soja, pero no habría tenido efectos diferenciales

detectables en las variables estudiadas sobre la fermentabilidad o metabolicidad de la energía. Un excedente de lípidos en la dieta con alta inclusión de soja sería asociable no solo a depresión de la digestión de la fibra de la dieta (de escasa relevancia en dietas de alto almidón), sino también al efecto depresor del CMS que ejerce el consumo de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) por su acción directa sobre el desarrollo microbiano (Harfoot y Hazlewood, 1988) y los mecanismos de saciedad (Engle *et al.*, 2000). Por su parte, el efecto del tostado podría incrementar el pasaje de lípidos insaturados y afectar el perfil de lípidos de la grasa intramuscular (McNiven *et al.*, 2004), pero estos efectos no fueron evaluados en estos experimentos.

Felton y Kerley (2004) reportaron una reducción lineal del CMS en animales en engorde, sin efectos sobre otras variables, con el incremento de soja en una dieta similar a la utilizada en nuestros experimentos. Los autores atribuyeron los efectos al incremento de la oferta de lípidos, la que al nivel del 24% de soja excedería el nivel recomendado para engorde a corral. Sin embargo, esa experimentación no exploró los efectos de factores antitripsínicos. Los autores recomendaron el nivel del 16% como el límite seguro.

Podría esperarse que la inclusión de soja, aportante de proteína de mayor valor biológico que la de girasol (mayor aporte de lisina), aceite y almidón resulte en mayor eficiencia fermentativa y metabólica. Pero, en el contexto de esta experimentación con la inclusión de soja en reemplazo de harina de girasol, tanto entera como molida, en forma cruda hasta el 16% de la dieta, o tostada hasta el 24% no se detectaron efectos de Nivel sobre los parámetros de engorde y eficiencia (ADPV, CMSV, CMSP e IC) o de res (RRes, AOB, EGD). En el Experimento 1, el menor RRes y menor EGD detectados para Nivel 24 respecto de los otros niveles sería consecuente con

	Nivel*					EEM	P
	0	8	16	24			
Soja cruda							
PV inicial, kg	285	285	286	285	5,7	0,98	
PV final, kg	388 ^b	389 ^b	393 ^b	372 ^a	4,9	0,05	
ADPV, g/día	1142 ^b	1150 ^b	1188 ^b	966 ^a	28,4	<0,01	
CMS, kg/día	9,8 ^b	9,6 ^b	10,0 ^b	8,7 ^a	0,22	0,01	
CMSPV, kg/100 kg PV	2,9 ^b	2,9 ^b	3,0 ^b	2,7 ^a	0,07	0,02	
IC	8,5 ^a	8,3 ^a	8,4 ^a	9,1 ^b	0,21	0,03	
Soja tostada							
PV inicial, kg	285	285	285	285	5,2	0,99	
PV final, kg	389	389	393	395	5,6	0,86	
ADPV, g/día	1149	1155	1201	1223	24,6	0,12	
CMS, kg/día	9,7	9,5	10,2	9,8	0,25	0,67	
CMSPV, kg/100 kg PV	2,9	2,8	3,0	2,9	0,08	0,55	
IC	8,4	8,1	8,5	8,2	0,33	0,32	
Error estándar para comparaciones en columnas							
PV inicial	10,4	10,4	10,5	10,6			
PV final	10,5	10,6	10,3	11,2			
ADPV	23,9	24,3	25,8	26,8			
CMS	0,18	0,24	0,22	0,27			
CMSPV	0,05	0,07	0,05	0,06			
IC	0,23	0,25	0,28	0,31			
Valores de P para comparaciones en columnas							
PV inicial	0,97	0,98	0,93	0,97			
PV final	0,94	0,76	0,67	0,03			
ADPV	0,83	0,55	0,74	<0,01			
CMS	0,83	0,76	0,55	0,04			
CMSPV	0,54	0,49	0,21	0,04			
IC	0,67	0,46	0,38	0,02			

Tabla 7. Efecto del tratamiento de la soja (cruda vs. tostada) y su nivel de inclusión en la dieta de bovinos en engorde a corral, sobre variables de crecimiento[§].

[§] Se detectaron interacciones (P < 0,01) entre tratamiento térmico y nivel de inclusión de soja por lo que las medias se reportan para la combinación de factores.

*Nivel de inclusión de soja (Nivel = 0, 8, 16 y 24% en base MS)

EEM = Error estándar de diferencias de medias en filas

^{a,b} Medias seguidas por superíndice diferente difieren (P < 0,05)

PV = Peso vivo

ADPV = Aumento diario de PV

CMS = Consumo de MS

CMSPV= CMS en relación con el PV

IC= CMS/ADPV

el menor CMS y ADPV, aunque dicho efecto no llegó a detectarse en AOB. En el Experimento 2, no se detectaron efectos sobre RRes, AOB o EGD.

CONCLUSIONES

La soja cruda pudo ser incorporada hasta un nivel del 16% (en base MS) a una dieta de alto contenido de grano para en-

gorde de bovinos, sin efectos depresores sobre las variables ADPV, CMS, IC, RRes, AOB y EGD. La inclusión del 24% de soja cruda afectó negativamente la respuesta animal, comparado con las inclusiones menores, aunque dicho efecto no comprometió significativamente las características de la res.

El molido de la soja no generó respuestas diferenciales. Por su parte, el tostado removió el efecto de factores antinutricionales termolábiles depresores de la respuesta animal y permi-

tió incluir 24% de soja en la dieta, con similar respuesta a la de inclusiones menores.

BIBLIOGRAFÍA

- ALBRO, J.D.; WEBER, D.W.; DEL CURTO, T. 1993. Comparison of whole, raw soybeans, extruded soybeans, or soybean meal and barley on digestive characteristics and performance of weaned beef steers consuming mature grass hay. *J. Anim. Sci.* 71:26-32.
- ALDRICH, C.G.; MERCHEN, N.R.; DRACKLEY, J.K.; GONZALEZ, S.S.; FAHEY, JR. G.C.; BERGER, L.L. 1995. The effects of chemical treatment of whole canola seed on lipid and protein digestion by steers. *J. Anim. Sci.* 75:502-511.
- ALDRICH, J.J.; MERCHEN, N.R.; NELSON, D.R.; BARMORE, J.A. 1997. The effects of roasting temperature applied to whole soybeans on site of digestion by steers: II. Protein and amino acid digestion. *J. Anim. Sci.* 73: 2131-2140.
- AOAC. 2000. Official methods of analysis of the association of analytical chemists. 17th Edition. Association of Official Analytical Chemists, Inc. Arlington, Virginia, EUA. 70 p.
- DUCKETT, S.K.; NEEL, J.P.S.; SONON, JR. R.N.; FONTENOT, J.P.; CLAPHAM, W.M.; SCAGLIA, G. 2007. Effects of winter stocker growth rate and finishing system on: II. Ninth tenth eleventh-rib composition, muscle colour, and palatability. *J. Anim. Sci.* 85:2691-2698.
- ENGLE, T.E.; SPEARS, J.W.; FELLNER, V.; ODLE, J. 2000. Effects of soybean oil and dietary copper on ruminal and tissue lipid metabolism in finishing steers. *J. Anim. Sci.* 78:2713-2721.
- EWEEDAH, N.; ROZSA, L.; GUNDEL, J.; VARHEGYI, J. 1997. Comparison of full fat soybean, sunflower seed and protected fat as fat supplements for their effect on the performance of growing finishing bulls and carcass fatty acid composition. *Acta Vet. Hung.* 45:151-163.
- FELTON, E.D.; KERLEY, M.S. 2004. Performance and carcass quality of steers fed whole raw soybeans at increasing inclusion levels. *J. Anim. Sci.* 82:725-732.
- GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. 1970. Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications). *Agriculture Handbook* n.º 379:1-20.
- HARFOOT, C.G.; HAZLEWOOD, G.P. 1988. Lipid metabolism in the rumen. En: HOBSON, P.N. (Ed). *The Rumen Microbial Ecosystem*. Elsevier Applied Science. London, Nueva York. 285-322 pp.
- HERKELMAN, K.L.; CROMWELL, G.L.; STAHLY, T.S.; PFEIFFER, T.W.; KNABE, D.A. 1992. Apparent digestibility of amino acids in raw and heated conventional and low-trypsin-inhibitor soybeans for pigs. *J. Anim. Sci.* 70:818-826.
- IPHARRAGUERRE, I.R.; CLARK, J.H. 2003. Soy hulls as an alternative feed for lactating dairy cows: A review. *J. Dairy Sci.* 86: 1052-1073.
- KAWAMURA, S. 1967. Review of PL 480 work on soybean carbohydrates. (Document ARS 71-35). Proceedings of International Conference on soybean protein foods. ARS. US. Dept. Agr. Peoria. Illinois. EUA. 249-254 pp.
- MCNIVEN, M.A.; ADUYNISVELD, A.J.; CHARMLEY, E.; MITCHELL, A. 2004. Processing of soybean affects meat fatty acid composition and lipid peroxidation in beef cattle. *Anim. Feed Sci. Tech.* 116:175-184.
- NRC. 2000. Nutrient requirements of beef cattle. 8th Ed. National Academic Press. Washington, EUA.
- PORDOMINGO, A.J.; VOLPI LAGRECA, G.; STEFANAZZI, I.N.; PORDOMINGO, A.B. 2007. Inclusión de taninos, monensina y soja cruda en dietas de grano entero en engorde de vaquillonas a corral. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 27(1): 81-83.
- PORDOMINGO, A.J.; GRIGIONI, G.; CARDUZA, F.; VOLPI LAGRECA, G. 2012a. Effect of feeding system during backgrounding of pasture finished heifers on: I. Animal performance and physical characteristics of beef. *Meat Sci.* 90:947-955.
- PORDOMINGO, A.J.; GRIGIONI, G.; CARDUZA, F.; GARCÍA, T.P.; PORDOMINGO, A.B.; VOLPI LAGRECA, G. 2012b. Performance y características de la carne de vaquillonas F1, Criollo, Hereford o Shorthorn x Angus en pastoreo de alfalfa. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 32:47-61.
- QIN, G.; TER ELST, E.R.; BOSCH, M.W.; VAN DER POEL, A.F. 1996. Thermal processing of whole soya beans: studies on the inactivation of antinutritional factors and effects on ileal digestibility in piglets. *Anim. Feed Sci. Tech.* 57: 313-324.
- SAS. 2012. SAS User's Guide: Statistics (Versión 8.01). SAS Inst., Inc., Cary, Nc.
- SERRANO, X.; VILLALBÍ, E. 1999. The extrusion-cooking process in piglet feeding. Nutritional implications. In *Homenaje al profesor F. Puchal*. Universidad Autónoma de Barcelona. Bellaterra, Barcelona: 188-197.
- STERN, M.D.; VARGA, G.A.; CLARCK, J.H.; FIRKINS, J.L.; HUBER, J.T.; PALMQUIST, D.L. 1994. Evaluation of chemical and physical properties of feeds that affect protein metabolism in the rumen. *J. Dairy Sci.* 77: 2762-2786.
- TICE, E.M.; EASTRIDGE, M.L.; FIRKINS, J.L. 1993. Raw soybeans and roasted soybeans at different particle sizes. 1. Digestibility and utilization by lactating cows. *J. Dairy Sci.* 76: 224-235.
- WALDROUP, P.W.; RAMSEY, B.E.; HELLWIG, H.M.; SMITH, N.K. 1985. Optimum processing for soybeans meal used in broiler diets. *Poultry Sci.* 64:2314-2320.