



Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Agropecuarias



**INCLUSIÓN DE POROTO DE SOJA *Glycine max*
(L.) Merr. EN DISTINTAS PROPORCIONES Y CON
DIFERENTES TRATAMIENTOS FÍSICOS SOBRE LA
RESPUESTA PRODUCTIVA Y LAS
CARACTERÍSTICAS DE RES DE NOVILLITOS
ALIMENTADOS A CORRAL**

Guillermo Aníbal Felice

Tesis Para optar al grado académico de
Magíster en Ciencias agropecuarias
Mención: Producción Animal

Córdoba, 2015

**INCLUSIÓN DE POROTO DE SOJA *Glycine max*
(L.) Merr. EN DISTINTAS PROPORCIONES Y CON
DIFERENTES TRATAMIENTOS FÍSICOS SOBRE LA
RESPUESTA PRODUCTIVA Y LAS
CARACTERÍSTICAS DE RES DE NOVILLITOS
ALIMENTADOS A CORRAL**

Guillermo Aníbal Felice

Comisión Asesora de Tesis:

Director: Ing. Agr. (Ph. D.) Aníbal Pordomingo

Asesores: Ing. Agr. (M. Sc.) Alejandro García Astrada

Ing. Agr. (Ph. D.) Néstor Juan

Tribunal Examinador de Tesis:

Ing. Agr. Ph.D. Néstor Juan

Ing. Agr. Ph.D Francisco Santini

Ing. Agr. MSci Andrea Pasinato

Presentación formal académica:

12 de Mayo de 2015

Escuela para Graduados - Facultad de Ciencias Agropecuarias

Universidad Nacional de Córdoba

Agradecimientos

En el cierre de toda experiencia académica se reúne en un resultado objetivo el apoyo incondicional de muchas personas entorno al autor del logro. Esta tesis, que cierra esta etapa de formación personal, resulta gracias a:

- En primer lugar a mi familia Andrea, Agustín y Benicio, que fue la que vivió momentos felices y algunos no tanto, durante el desarrollo de mis estudios.

-A mis padres y a mi suegra, que hicieron lo imposible para que yo pueda dedicar el tiempo que sea necesario para llevar adelante mis trabajos.

- La comisión asesora de tesis, director Aníbal Pordomingo, codirectores Néstor Juan y Alejandro García Astrada, quienes tuvieron la responsabilidad de conducirme durante el transcurso de mis estudios.

- A los evaluadores, por un juicio que aporta mucho valor al resultado.

- A Federico Kent, el compañero de trabajo y amigo que fue un puntal fundamental en el desarrollo de esta maestría.

-A Adriana Pordomingo y a Lolo que siempre estuvieron disponibles para lo que sea en los trabajos de laboratorios.

-Al personal de Campo de INTA Anguil y al personal de apoyo de la UE y DT Gral. Pico, que fueron fundamentales para los trabajos de campo.

Dedicatoria

A los amores de mi vida Andrea, Agustín y Benicio porque me dan fuerzas y motivos para todo lo que emprenda en la vida. A mis padres, mi hermana y a mi suegra, por estar siempre ahí, dispuestos a lo que sea.

Resumen

Se realizaron dos experiencias con el objetivo de determinar los efectos del tratamiento físico (temperatura y/o molienda) y del nivel de inclusión (0, 8, 16 y 24 %) del poroto de soja sobre la respuesta animal y res en novillitos alimentados a corral. Para la primera se utilizaron 96 novillitos Angus ($210 \pm 14,50$ Kg) los cuales fueron distribuidos de a 4 animales por corral en función de sus pesos iniciales. Para las variables aumento de peso vivo, consumo de materia seca, consumo de materia seca en relación al peso vivo e índice de conversión alimenticia. Se aplicó un diseño de factores fijos, utilizando a los corrales como unidades experimentales, en un arreglo factorial de tratamientos 2×4 , con medidas repetidas en el tiempo. Las medias para los factores nivel de soja en la dieta se separaron con contrastes ortogonales y para los factores presentación física de la soja (entera o molida), por significancia de F. Las dietas estuvieron compuestas en los dos experimentos por grano de maíz, harina de girasol, urea, heno de pastura y núcleo vitamínico mineral, con el agregado de los diferentes niveles de soja (0, 8, 16 y 24 %) y sus tratamientos correspondientes. En la segunda experiencia se utilizaron 96 novillitos Angus ($280 \pm 18,50$ Kg.) los cuales fueron distribuidos de a 3 animales por corral en función de sus pesos iniciales. El diseño experimental aplicado fue el mismo que el utilizado en la experiencia 1, para la presentación de la soja (cruda o desactivada). En el experimento 1 se detectaron efectos significativos para las variables APV ($P = 0,001$), CMS ($P = 0,026$) y CMSPV ($P = 0,018$) con la inclusión de soja cruda, tanto entera como molida, en un nivel de 24%, afectando negativamente la respuesta productiva del animal debido a la presencia de factores antitripsínicos. Niveles de hasta el 16 % de soja cruda, entera o molida, es la forma más segura de inclusión en la dieta. En el experimento 2 no se observaron diferencias significativas ($P > 0,05$) con niveles de 24 % de inclusión con soja desactivada por tratamiento térmico, no viéndose afectada la respuesta productiva y las características de res del animal.

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

Abstract

Two experiments were conducted in order to determine the effects of physical treatment (temperature and / or milling) and level of inclusion (0, 8, 16 and 24 %) of soybean on animal response of pen fed steers. In the first experiment 96 Angus steers ($210 \pm 14,50$ kg.) were distributed 4 animals per pen according to their initial weights. Pens were the experimental units allocated in a CR block design (blocked by weight). For variables live weight gain (LWG), dry matter intake (DMI) and dry matter intake in relation to body weight (DMIBW) and feed efficiency (FE), fixed factors design was applied, using the pen as the experimental unit, to which a factorial arrangement of treatments 2×4 , with repeated measures in time. The means for soybean factors level were separated by orthogonal contrasts. In the case of soybean physical presentation (whole or ground) means were separated by F significance. The diets in both experiments were composed by corn grain, sunflower meal, urea, hay pasture and mineral-vitamin premix, with the addition of different levels of soybean (0, 8, 16 and 24 %) with their corresponding presentation treatments. In the second experiment carcass traits were also analyzed. A group of 96 Angus steers ($280 \pm 18,50$ kg) were distributed into 3 animal per pen according to their initial weights. The experimental design applied was the same as experiment 1 changing the significance of F for the factor temperature treatment of soybeans (raw or heat-treated). In Experiment 1, there were significant effects for LWG ($P = 0,001$), DMI ($P = 0,026$), DMIBW ($P = 0,018$) variables, with inclusion level of 24 %, raw soybeans either whole or ground, negatively affecting the productive response of the animal due to the presence of antitripsyn factor. Levels of up to 16 % either whole or ground are safe to include raw soybeans in the diet. In Experiment 2, no significant differences ($P > 0,05$) among any level of desactivated soybeans did not affect the animal growth performance and carcass characteristics.

Keywords: Soybean, physical treatment (temperature / grinding), inclusion levels, growth variables, res characteristics.

Tabla de contenido

CAPITULO 1 INTRODUCCION	1
Características generales del poroto de soja	1
Degradabilidad de la proteína del poroto de soja y factores que la afectan	4
Digestión ruminal de lípidos del poroto de soja	6
Cascarilla de soja	7
Factores antinutritivos en el poroto de soja crudo	9
Hipótesis	12
Objetivo general	12
Objetivos específicos	12
CAPITULO 2 MATERIALES Y METODOS	14
2.1 Experimento 1	14
2.1.1 Sitio experimental	14
2.1.2 Tratamientos y Dietas	14
2.1.3 Suministro de la dieta	16
2.1.4 Calidad nutricional de los componentes de la dieta	17
2.1.5 Consumo, aumento de peso vivo y conversión del alimento	18
2.1.6 Rendimiento de res, área de ojo de bife y espesor de grasa dorsal	19
2.1.7 Diseño experimental y análisis estadístico	19
2.2 Experimento 2	20
2.2.1 Sitio experimental	20
2.2.2 Tratamientos y Dietas	20
2.2.3 Suministro de la dieta	23
2.2.4 Calidad nutricional de los componentes de la dieta	23
2.2.5 Consumo, aumento de peso vivo y conversión del alimento	24
2.2.6 Rendimiento de res, área de ojo de bife y espesor de grasa dorsal	24
2.2.7 Diseño experimental y análisis estadístico	24

CAPITULO 3 RESULTADOS

3.1	Experimento 1	26
3.1.1	Interacción entre tratamientos y niveles de inclusión de soja cruda entera y molida y sus efectos individuales sobre variables de crecimiento y características de res.	26
3.1.2	Diferentes niveles de inclusión de soja cruda entera y molida sobre variables de crecimiento	28
3.1.3	Diferentes niveles de inclusión de soja cruda entera y molida sobre variables de características de res	30
3.2	Experimento 2	32
3.2.1	Interacción entre tratamientos y niveles de inclusión de soja cruda entera y soja entera desactivada y sus efectos individuales sobre variables de crecimiento y características de res	32
3.2.2	Diferentes niveles de inclusión de soja cruda entera y desactivada sobre variables de crecimiento	33
3.2.3	Diferentes niveles de inclusión de soja cruda entera y desactivada sobre variables de características de res	35
	CAPITULO 4 DISCUSION	37
	CAPITULO 5 CONCLUSIONES	41
	CAPITULO 6 IMPLICANCIAS	42
	BIBLIOGRAFIA	43

Lista de tablas

Tabla 1: Proporciones y tratamientos del poroto de soja en la dieta del ensayo 1	15
Tabla 2: Tratamientos (dietas) y composición proximal esperada	16
Tabla 3: Calidad nutricional de la ración experimento 1	18
Tabla 4: Proporciones y tratamientos del poroto de soja en la dieta del ensayo 2	21
Tabla 5: Determinación de la actividad ureásica experimento 2	22
Tabla 6: Calidad nutricional de la ración experimento 2	24
Tabla 7: Significancia estadística de la interacción entre factores de interés y sus efectos individuales sobre las variables de producción y características de res	26
Tabla 8: Efecto del procesado del poroto de soja y su nivel de inclusión en la dieta de bovinos en engorde a corral, sobre variables de producción	28
Tabla 9: Efecto del procesado del poroto de soja y su nivel de inclusión en la dieta de bovinos de engorde a corral, sobre características de res	30
Tabla 10: Significancia estadística de la interacción entre factores de interés y sus efectos individuales sobre las variables de producción y características de res	32
Tabla 11: Efecto del tratamiento del poroto de soja y su nivel de inclusión en la dieta de bovinos en engorde a corral, sobre variables de producción	33
Tabla 12: Efecto del tratamiento térmico del poroto de soja y su nivel de inclusión en la dieta de bovinos en engorde a corral, sobre características de res	35

Lista de abreviaturas

APV: aumento de peso vivo

AOB: área de ojo de bife

CMS: consumo de materia seca

CMSPV: consumo de materia seca relativo al peso vivo

DMS: digestibilidad de la materia seca

EGD: espesor de grasa dorsal

EE: extracto etéreo

EM: energía metabolizable

FDA: fibra detergente ácido

FDN: fibra detergente neutro

IC: índice de Conversión

MS: materia seca

PB: proteína Bruta

PV: peso vivo

PUFA: ácidos grasos poli-insaturados

Rto.: rendimiento

Trt.: tratamiento

U pH: unidades de pH

INTRODUCCIÓN

Características generales del poroto de soja

Los granos son el componente mayoritario en las dietas de feedlot, que comúnmente exceden el 65% del total de la dieta y definen la oferta de energía metabolizable y las características físicas del alimento. El tipo de grano (McCollough y Brent, 1972; Perry, 1976) y su procesado o presentación (Rooney y Pflugfelder, 1986; Stock *et al.*, 1987 ab) son factores que afectan el grado de aprovechamiento por parte del animal. La mayoría de los planteos actuales en nuestra región prefieren dietas en las que se mezcla el grano (molido, aplastado o entero) con un concentrado proteico (concentrados comerciales, o subproductos de la agroindustria como harina o expeler de girasol y de soja, afrechillo de trigo o destilados de maíz) y con un núcleo vitamínico y mineral, a los que se les suma una fuente de fibra en forma de heno (ofrecido entero, desmenuzado o molido) o silaje de planta entera (Pordomingo, 2013).

El poroto de soja tiene un contenido importante en proteína, fibra y aceite, es decir de componentes de alto valor nutritivo para rumiantes de elevado nivel de producción. Su importancia y utilización en estos planteos es cada vez mayor, ya sea debido a la disminución de la superficie de pasturas cultivadas como a la gran intensificación que se ha dado estos últimos años para los rodeos de ganadería de carne y leche, donde se ha achicado la superficie ganadera y se ha elevado el uso de sistemas de alimentación más intensivos, a base de concentrados y forrajes conservados. Debido a esta situación la soja y sus diferentes subproductos son fundamentales en los sistemas de alimentación actuales.

El oferente proteico participa en las dietas de feedlot en el mínimo necesario para lograr el aporte de proteína que la categoría animal requiere. Una de estas fuentes proteicas la constituye el poroto de soja, el cual cuenta con una amplia disponibilidad, en el sector pecuario, y con una gran capacidad de suministrar los nutrientes requeridos por el animal como pueden ser aminoácidos y ácidos grasos. El poroto de soja contiene aproximadamente 39 % de proteína, 21 % de aceite y 34% de carbohidratos (Kawamura, 1967). Posee un alto contenido de proteína rica en aminoácidos digestibles como son la lisina y el triptófano, comparándola con otras oleaginosas, ninguna presenta tan alta concentración de lisina digestible como la soja (Baker, 2000). La lisina es uno de los aminoácidos esenciales que más limita la productividad, tanto en rumiantes como en no rumiantes. Por otro lado las limitantes que afectan el uso de la soja son su contenido deficiente de aminoácidos azufrados (metionina y cistina), la presencia de factores antinutricionales, la excesiva concentración de ácidos grasos omega-6 en relación al contenido de omega-3 y la variabilidad en su composición química y calidad nutritiva.

Las proteínas presentes en el poroto de soja son albúminas y globulinas (glicininas y conglucininas) que conforman el 65 a 80 % del total (Irazoqui e Isla, 1996; Maggio *et al.*, 1996; Murphy, 1985). Los aminoácidos esenciales que las componen son histidina, isoleucina, leucina, lisina, fenilalanina, tirosina, treonina, triptófano y valina. La concentración de lisina en la soja es elevada, no siendo así el valor combinado de los aminoácidos azufrados esenciales, metionina y cistina, los cuales están por debajo de los patrones recomendados en la mayoría de los productos de soja. De las proteínas presentes en el grano la fracción de las glicininas presenta valores adecuados de aminoácidos azufrados, mientras que la fracción de las conglucininas es más deficiente.

Además su elevado contenido en aceite (21%) altamente insaturada puede interferir con la digestión de la fibra en el rumen y con la síntesis de proteína microbiana. Igualmente, el grano contiene por término medio un 39% de proteína de alta calidad, pero su solubilidad y degradabilidad ruminal pueden ser superiores a las

proteínas de las harinas o expelers, ya que éstas han sufrido un tratamiento térmico previo (Santos *et al.*, 1998).

Los rumiantes pueden ser alimentados directamente con el poroto de soja cruda, puesto que los microorganismos del rumen tienen capacidad para degradar los factores antitripsicos contenidos en este ingrediente. No obstante, en circunstancias de tránsito digestivo rápido, parte de estos principios o de otros factores antinutritivos (factores antigénicos) podrían pasar al rumen y alcanzar el intestino delgado sin ser inactivados. Por lo tanto en lo que se refiere a la utilización del poroto de soja crudo debemos establecer restricciones y controles en su uso, en planteos de alta producción. Si bien la soja es un componente de un valor nutritivo importante para los rumiantes por su alto contenido en proteínas, fibras y aceite, debemos tener en cuenta al momento de utilizarla, cuáles son sus principales limitaciones que interfieren en su uso las cuales van a afectar la digestión de la soja y sus derivados en un cierto grado, para lo cual es importante plantear cuestiones relativas a su modo de empleo, a la dieta complementaria y a su procesamiento (tratamientos físicos y químicos), lo cual llevará a una utilización exitosa de esta oleaginosa (García Rebollar *et al.*, 2002)

Por un lado el desactivado mediante altas temperaturas de factores antinutritivos termolábiles, podría implicar una mayor insolubilidad y degradabilidad de la proteína. Por otro el procesado o molido puede hacer más accesible el contenido de aceite a los microorganismos, con lo que sus efectos negativos sobre la flora celulolítica podrían ser mayores, lo cual llevaría a una disminución de la digestibilidad de la fibra de la dieta (García Rebollar *et al.*, 2002)

El aceite de esta oleaginosa aporta energía digestible y ácidos grasos omega-6, los cuales pueden ser utilizados en la alimentación de numerosas especies (Storebakken *et al.*, 2000; NRC, 2001). La composición del aceite es de un 15 % de ácidos grasos naturales como palmítico y esteárico, 25 % de oleico, 55 % de linoleico y 5 % de linolénico, presentando también este aceite un contenido elevado de tocoferoles y fosfatados (1,8 %), sin contener colesterol (Pérez Delgado, 1994).

La cascarilla del poroto posee un bajo contenido de proteínas y lípidos, pero es rica en fibra fermentable (celulosa y pectina), lo cual determina que su valor nutricional (energía digestible) para los rumiantes sea parecido o comparable al de los cereales (Ipharraguerre y Clark, 2003).

Degradabilidad de la proteína del poroto de soja y factores que la afectan

El contenido proteico en el poroto de soja es de una calidad elevada, pero el contenido de proteína pasante es bajo. Para aumentar el contenido de proteína pasante se utilizan diferentes procesos físicos y químicos que reducen la degradabilidad ruminal del poroto de soja y sus subproductos (Santos *et al.*, 1998).

Erickson *et al.* (1998) y Villalobos (2000) señalaron que el requerimiento de proteína se puede dividir en dos: Consumo de proteína degradable en rumen, el cual es utilizado para cubrir el requerimiento de los microorganismos, y consumo de proteína no degradable, proteína de escape ruminal que es utilizada por el animal a nivel del intestino delgado junto con la proteína microbiana que llega del rumen. Clark *et al.* (1992) mencionaron que la deficiencia de cualquier nutriente puede disminuir la síntesis de proteína microbiana en el rumen, el pasaje de aminoácidos al intestino delgado y en consecuencia la producción de leche o ganancia de peso. También Luden y Cecava (1995) señalan que el valor de una fuente proteica suplementaria en las dietas de rumiantes radica en su aporte de nitrógeno degradable a nivel ruminal para la síntesis de proteína microbiana y en su aporte de aminoácidos disponibles en el intestino, que potencialmente limitan el crecimiento o producción de leche.

Howie *et al.*, (1996) señalaron que se debe administrar proteína adicional a la proteína microbiana para el animal en producción y que ésta puede ser en forma de proteína de escape ruminal. Sin embargo, los efectos de la alimentación con proteína de baja degradabilidad ruminal sobre la productividad animal han sido inconsistentes. La falta de respuesta a menudo ha sido atribuida a una inadecuada

protección de la proteína, una reducida digestión intestinal, o a la limitación inherente de aminoácidos de la proteína dietaria.

La suplementación con proteína de baja degradabilidad ruminal debe aportar aproximadamente el 50% de la proteína dietaria total, para así alterar significativamente el perfil de aminoácidos en la digesta duodenal, pero lograr ese aporte puede no ser práctico ni económico (Clark *et al.*, 1992).

Para reducir la degradabilidad ruminal de la proteína se debe someter al poroto de soja a algún tipo de tratamiento físico o térmico, con lo cual mejoraríamos el aporte de aminoácidos al animal, la destrucción de los factores inhibidores de la tripsina y la digestibilidad intestinal aumente (Stern *et al.*, 1994; Tice *et al.*, 1993 y Aldrich *et al.*, 1995). A su vez el tratamiento térmico reduce la actividad ureásica y lipásica, y mejora la palatabilidad del poroto tostado en comparación con el crudo.

Muchos de estos tratamientos basados en la aplicación de calor generan tostado, expansión y extrusión los cuales son eficaces para reducir la degradabilidad ruminal del poroto de soja. El tiempo de calentamiento y las temperaturas alcanzadas van a condicionar el resultado que se va a obtener, desde poroto de soja subcocido hasta quemado. Un sobrecalentamiento hace indigestible a la proteína a nivel de intestino delgado formando compuestos insolubles que son tóxicos tanto para los microorganismos como para el animal huésped (Lin y Kun, 1999). También, algunos aminoácidos esenciales pueden ser perjudicados con un sobrecalentamiento, dentro de los cuales se destaca la lisina, cuya destrucción puede ser 5 a 15 veces mayor que la de otros aminoácidos (Adrian, 1974).

Otro factor que afecta la degradabilidad de la proteína es la forma en que el poroto se presenta (entero, partido, molido), y su interacción con el tratamiento térmico. Tice *et al.*, (1993), demostraron que el contenido de proteína indegradable del poroto de soja tostado disminuye mientras que la proteína digerida aumenta cuando se lo suministra molido en lugar de entero, lo cual favorece el ataque de las proteasas de los microorganismos ruminales.

La digestibilidad intestinal de la fracción indegradable de la proteína resulta mejorada tanto por la molienda como por el tratamiento térmico. Por un lado la disminución del tamaño de las partículas aumenta la superficie de sustrato a ser atacado por las proteasas intestinales y por otro el tratamiento térmico destruye los factores inhibidores de la tripsina presentes en el poroto de soja crudo.

Digestión ruminal de lípidos del poroto de soja

El aceite de soja es una excelente fuente de energía digestible y ácidos grasos omega-6 que son utilizados en la alimentación de numerosas especies, (Storebakken *et al.*, 2000; NRC, 2001). Aldrich *et al.*, (1997) y Eweedah *et al.*, (1997) indicaron que la inclusión de soja cruda al 16% (8,19 % EE) de la dieta de rumiantes no provocaría trastornos sobre la digestibilidad de la fibra. La información generada por estos autores sugiere también que el aporte limitado de aceite de soja incrementa la producción de ácido propiónico, siendo estos ácidos grasos insumos precursores de la síntesis de grasa intramuscular (Smith y Crouse, 1984). También se ha reportado que el aporte oleoso de la soja en proporción limitada (inferior al 8% de la dieta) permite incrementar el contenido de grasa intramuscular y subcutánea, sin alterar la composición de la grasa (Brandt *et al.*, 1988; Huerta-Leidenz *et al.*, 1991).

La hidrólisis de los lípidos de la dieta en el rumen tiene lugar por la acción de lipasas, galactosidasas y fosfolipasas producidas por bacterias y protozoos del sistema digestivo (Harfoot y Hazlewood, 1988a). La actividad tanto de las lipasas vegetales como de la saliva parece ser poco importante en rumiantes. El producto final del proceso son ácidos grasos libres y glicerina. En la mayor parte de los casos, la lipólisis ocurre de forma rápida y casi total, 90% en menos de una hora (Immig *et al.*, 1993). Sin embargo, un incremento de la concentración de almidón en la dieta reduce, de forma muy significativa, la tasa de lipólisis en el rumen (Gerson *et al.*, 1985).

El efecto del aumento del contenido de aceite de la dieta con el agregado de soja sobre la degradación de la fibra también depende del grado de lipólisis en el

rumen, y ésta de la fuente de grasa. Los resultados de Reddy *et al.* (1994) indicaron que el grado de lipólisis del aceite de soja fue superior cuando se suministró puro que cuando se lo añadió a la dieta en forma de grano entero. Estos autores sugirieron también que el molido del poroto de soja aceleraría la liberación de los ácidos grasos. En contraposición al procesado mecánico, el tratamiento térmico (tostado) del poroto de soja reduciría la exposición ruminal de los lípidos, efecto que se incrementaría a medida que aumenta la temperatura de procesado (Albro *et al.*, 1993).

Cascarilla de soja

La cascarilla de soja es un subproducto de la industria del aceite y la harina de soja, y contiene aproximadamente 12% de proteína bruta y 67% de FDN (en MS). Esta pared celular (FDN) es rica en fibra fermentable (celulosa y pectinas) y baja en lignina (Quicke *et al.*, 1959; Hsu *et al.*, 1987) la digestibilidad de la FDN de la cascarilla en el rumen puede aproximarse al 95%, lo que la hace comparable al maíz en términos de contenido energético para la producción de leche (energía neta de lactación de 1,77 vs 1,96 Mcal/kg para la cascarilla de soja y el grano de maíz, respectivamente; NRC, 1989). El valor nutricional en energía digestible para los rumiantes se compara al de los cereales (Ipharraguerre y Clark, 2003), no alterando el ambiente ruminal, manteniendo un ambiente adecuado para los microorganismos, siendo bajo su contenido en proteínas y lípidos.

En relación al aporte de fibra del poroto de soja, al mismo contiene como media un 18% de pared celular, una parte importante de la cual se encuentra en la cascarilla. La fracción fibrosa del poroto de soja se caracteriza por un bajo grado de lignificación, estando el resto constituido más o menos a partes iguales por celulosa y hemicelulosa (FEDNA, 1999). Además, como otros granos de leguminosas, tiene un nivel apreciable de fibra soluble en forma de pectinas, las cuales se encuentran en el orden de un 25% del total de la pared celular.

La velocidad y nivel de degradación de la cascarilla en el rumen, podría aproximarse a la del grano de soja entera, existiendo algunas diferencias en

composición química (mayor proporción de celulosa en la cascarilla) y en aporte de fibra efectiva (100% en el poroto y 33% en la cascarilla) que podrían afectar al resultado de la digestión. La velocidad de degradación de la fibra de la cascarilla en el rumen es lenta del orden de un 3,3%/h, según García Rebollar *et al.* (1997), lo que se relaciona con su elevado contenido en hemicelulosa (Escalona *et al.*, 1999) y con las características estructurales de su pared celular, epidermis de células en empalizada (Grenet y Barry, 1987).

Esta baja velocidad de degradación de la fibra de la cascarilla de soja hace que su digestión dependa del tiempo de permanencia del alimento en el rumen. Por otra parte, la degradabilidad de la fibra también disminuye con raciones ricas en almidón que deprimen el desarrollo de la flora celulolítica (Sarwar *et al.*, 1991) o cuando se añaden niveles altos de grasa insaturada a la dieta. Por el contrario, la digestión de la fibra del poroto de soja es más completa en el caso de raciones con una alta proporción de forraje largo (Grant, 1997).

La cascarilla de soja tiene una palatabilidad excelente para el vacuno y puede incluirse hasta el 20 o el 25% (y por qué no hasta 50% de acuerdo a lo que se comenta más abajo) de la MS total de la ración (Harris, 1991). Anderson *et al.* (1988) compararon la cascarilla de soja y el grano de maíz a tres niveles (0, 25 y 50% de la MS de la ración) como fuentes de energía para terneros de carne en crecimiento. El pH ruminal de los terneros suplementados con 50% de maíz en la ración disminuyó rápidamente a 5,65 mientras que en los terneros suplementados con cascarilla de soja, la disminución del pH fue más gradual y solo bajó hasta 6,0. Mansfield y Stern (1994) no encontraron diferencias en la eficacia de síntesis de proteína microbiana o en el aporte de proteína microbiana al duodeno entre raciones suplementadas con maíz o cascarilla de soja ofrecidas a vacas lecheras al principio de la lactación. Estos datos indican que la energía proporcionada por la cascarilla de soja es altamente digestible y adecuada para hacer óptimo el crecimiento de las bacterias ruminales. Garrigus *et al.* (1967) y Hibberd *et al.* (1987) demostraron que la cascarilla de soja puede ser utilizada como ingrediente alimenticio principal para el ganado. Sin embargo, el pequeño tamaño de partícula y alta gravedad específica

(Weidner y Grant, 1994) dan como resultado un paso demasiado rápido por el rumen (Nakamura y Owen 1989), lo que puede explicar sus digestibilidades más baja in vivo que in vitro (Quicke *et al.*, 1959, Johnson *et al.*, 1962; Hintz *et al.*, 1964).

Factores antinutritivos en el poroto de soja crudo

La soja cruda contiene varios factores antinutricionales entre los que se destacan los inhibidores de la tripsina y lectinas o hemoaglutininas (Liener, 1988; Kakade *et al.*, 1973). Los inhibidores de tripsina son un grupo de polipéptidos que representan una porción menor del total de las proteínas presentes en las semillas pero que pueden bloquear la tripsina y comprometer la digestión de las proteínas en el intestino delgado. Dentro de los inhibidores de tripsina hay dos tipos el inhibidor SBTI-A2 purificado por Kunitz, llamado ITK y los inhibidores de peptidasas Bowman- Birk (Himowitz, 1985). El factor Kunitz o ITK es uno de los principales factores responsables del escaso valor nutritivo de la soja cruda y es el causante de la mayor actividad inhibidora de la tripsina en la soja (Orf y Hymowitz, 1979). Este factor genera intoxicaciones intestinales y carencias metabólicas que deprimen la calidad de la digestión y provocan diarreas y cólicos gástricos (Lyman y Lepkovsky, 1957; Liener *et al.*, 1988). La presencia de factores antinutricionales en el poroto de soja, en particular el factor antitripsínico, impone limitantes a la cantidad de soja cruda posible de incluir en las dietas de animales monogástricos (Osborne y Mendel, 1917; Parsi *et al.*, 2001).

Para suministrarse a monogástricos, el poroto de soja se somete generalmente a un proceso térmico que desnaturaliza y desactiva el factor anti-tripsínico (Waldroup *et al.*, 1985). Adicionalmente, el tipo de tratamiento (extrusión, cocción, expansión) y las condiciones del proceso (tamaño de partícula, temperatura, tiempo, presión y humedad) influyen en la calidad del producto final, no sólo en términos de presencia de factores antinutricionales y digestibilidad de los nutrientes, sino también en cuanto a su palatabilidad (Qin *et al.*, 1996; Serrano y Villalbí, 1999). Sin embargo, la eliminación total de los factores antinutricionales incrementa el costo del alimento

y también puede dañar la calidad de la proteína (Herkelman *et al.*, 1992; Monari *et al.*, 1996)

Al contrario de lo que sucede en monogástricos, la soja cruda podría ser utilizada en cantidades limitadas en dietas para bovinos. El conocimiento empírico en planteos comerciales y experimentales (Albro *et al.* 1993; Aldrich *et al.* 1997; Eweedah *et al.*, 1997; Felton y Kerley, 2004; Pordomingo *et al.*, 2007) indica que el rumen tiene capacidad de metabolización y desactivación del factor antitripsínico, por lo que el bovino toleraría mucho más que otras especies el consumo de soja cruda. El grado de tolerancia de soja cruda en bovinos dependería de la dieta base y de la forma de presentación de la soja al rumen.

Felton y Kerley (2004) reportaron inclusiones de hasta 24% de soja cruda en dietas basadas en 70% de grano entero de maíz o en mezclas de grano y silaje de maíz. Estos autores no reportaron efectos negativos debidos a la adición de soja cruda sobre el aumento de peso, pero argumentaron efectos depresivos sobre la conversión de la energía digestible con el nivel elevado de soja. El trabajo citado indicaría también que la inclusión de 24% de soja cruda podría generar un aporte excesivo de aceite que supere el 5% en la dieta total y de proteína mayor al 15%, excedentes que pueden comprometer la fermentabilidad de fibras e incrementar el gasto energético en la eliminación del exceso de nitrógeno aportado. El mayor nivel de soja habría también incrementado la incidencia de diarreas. Estos mismos autores sugieren que los efectos negativos en el rendimiento con niveles de inclusión por debajo del 24 % de la materia seca de la dieta son mínimos; sin embargo, no recomiendan niveles por encima de 16 % de la materia seca de la dieta debido a las cantidades potencialmente excesivas de aceite y proteína.

Pordomingo *et al.*, (2007) encontraron mejores respuestas en aumentos de peso y eficiencia de conversión en terneras a corral con dietas que incluyeron 10% de soja cruda molida y 8% de harina de girasol, en comparación con dietas con 18% de soja cruda. En este último nivel se detectaron también heces más blandas y una mayor incidencia de diarreas. Sin embargo, ese trabajo no discriminó entre los

efectos del incremento de consumo de factores antinutricionales y el de aceite de soja y oferta energética total de la dieta al incluir niveles crecientes de soja cruda en la dieta, la cual mejora la calidad de la proteína ofrecida y aumenta el uso de la energía digestible.

Albro *et al.* (1993) reportaron aumentos de peso similares al incluir soja cruda versus soja extrusada al 17%. Por su parte, Aldrich *et al.* (1997) y Eweedah *et al.* (1997) indicaron que la inclusión de soja cruda al 16% de la dieta no provocaría trastornos sobre la digestibilidad de la fibra. La información generada por estos autores sugiere también que el aporte limitado de aceite de soja incrementa la producción de ácido propiónico, y el aporte lipídico en intestino del rumiante, siendo estos ácidos grasos insumos precursores de la síntesis de grasa intramuscular (Smith y Crouse, 1984).

En contraposición al procesado mecánico, el tratamiento térmico (tostado) del poroto de soja reduciría la exposición ruminal de los lípidos, efecto que se incrementaría a medida que aumenta la temperatura de procesado (Albro *et al.*, 1993). Hipotéticamente, en dietas de alto tránsito gastrointestinal, el pasaje rápido de la soja hacia el tracto inferior podría reducir la acción ruminal de desactivación e incrementar la incidencia del factor sobre la tripsina, pero se desconocen las interacciones entre características de la dieta base y el procesado. También se podría hipotetizar que dietas de alta energía y alta tasa de pasaje podrían beneficiarse del molido para lograr una mayor exposición de la soja al licor ruminal y una acción más completa de desactivado del factor anti-tripsínico y otros factores antinutricionales. Sin embargo, la información existente actualmente no permite ser concluyente al respecto.

El presente trabajo aborda el estudio de efectos de la presentación del poroto de soja en las dos formas de mayor facilidad de uso por el productor (entero o molido) en dietas de alta energía, y discriminar la incidencia del consumo de factores antinutricionales versus los otros aportes propios del incremento de la proporción de soja en la dieta (ej. contenido de aceite) en dietas iso-proteicas y similares en

concentración de energía metabolizable. Adicionalmente, se evaluará la respuesta a la sustitución de harina de girasol por poroto de soja. La primera es un recurso de uso común en las dietas pero se presupone que su sustitución por una fuente proteica de soja genera una mejor respuesta animal o similar respuesta con un costo inferior.

Hipótesis

1. La inclusión de poroto de soja como oferente proteico en la dieta de bovinos en engorde mejora la respuesta animal y las características de la res, comparado con la inclusión de harina de girasol.
2. El poroto de soja crudo puede ser incluido en las dietas de alto contenido de grano para cubrir los requerimientos proteicos.
3. El poroto de soja molido incluido en la dieta de engorde a corral tiene mejor respuesta que cuando es ofrecido entero.
4. La depresión de la respuesta animal con alto contenido de soja cruda se debe al efecto de factores antinutritivos que son lábiles al tratamiento térmico.

Objetivo general

Determinar los efectos del molido, del tratamiento térmico y del nivel de inclusión de poroto de soja en una dieta de alto contenido de grano sobre la respuesta productiva y características de res de novillitos alimentados a corral.

Objetivos específicos

1. Determinar el efecto de diferentes niveles de reemplazo en la dieta de harina de girasol por soja cruda, entera o molida, sobre parámetros de producción y características de res.

2. Determinar el efecto de diferentes niveles de reemplazo de harina de girasol por poroto entero de soja, crudo o desactivado, como oferente proteico sobre parámetros de producción y características de res.

CAPÍTULO 2

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Experimento 1

2.1.1 Sitio experimental

El ensayo se llevó a cabo en la Estación Experimental Anguil del INTA, ubicada en el departamento Capital, Provincia de La Pampa (Latitud 36° 35' S Longitud 63° 58' W, y una altura de 163 m sobre el nivel del mar), donde el clima es templado semiárido, con precipitaciones anuales entre 600 y 800 mm. El mismo tuvo una duración de 90 días. Se utilizaron 96 Novillitos Angus, con un peso vivo inicial de $210 \pm 14,50$ Kg. promedio, luego de 15 días de acostumbramiento progresivo a la dieta definitiva. Durante esa etapa los animales comenzaron con una dieta con 50 % de heno más grano de maíz, el que se fue sustituyendo reduciendo progresivamente, por poroto de soja o harina de girasol, con cambios cada 2 días hasta alcanzar la composición prevista el día 13 del período citado. Para el día 1 del experimento los animales se distribuyeron de a 4 por corral en función de sus pesos iniciales, en 24 corrales al aire libre con acceso permanente al agua.

2.1.2 Tratamientos y dietas

Las dietas se formularon en base a dos tratamientos, los cuales consistieron en la utilización de poroto de soja cruda entera y poroto de soja cruda molida, en diferentes niveles de inclusión en la dieta de novillitos alimentados a corral para evaluar parámetros de producción y características de res respondiendo al objetivo específico 1, donde se incluyó la combinación de los siguientes factores de interés: 1) proporción de poroto de soja en la dieta y 2) presentación física del mismo. Se aplicaron los 8 tratamientos resultantes de la combinación de 4 niveles de soja (0, 8,

16 y 24 % de la dieta total, en base seca), con 2 presentaciones del poroto de soja (entero vs molido) generándose 3 repeticiones (corrales de 4 animales) por tratamiento (Tabla 1)

Tabla 1. Proporciones y tratamientos del poroto de soja en la dieta del ensayo 1

Proporciones %	Tratamientos	
	Soja cruda entera	Soja cruda molida
0	XXX	XXX
8	XXX	XXX
16	XXX	XXX
24	XXX	XXX

X= Numero de corrales

La composición media esperada que define los tratamientos se resume en la Tabla 2. Para minimizar efectos confundidos o interacciones de los factores de interés con la oferta proteica y la metabolicidad del alimento, las dietas se formularon para obtener similar oferta de proteína bruta (PB), energía metabolizable (EM, Mcal/kg de materia seca) y fibra detergente ácido (FDA) (en ese orden de prioridad).

Se pretendió que la oferta de PB no fuera limitante de los requerimientos para el crecimiento de los animales, y equivalente a la oferta mínima de PB que impone el mayor nivel de inclusión de soja (condición inherente a la inclusión de altos niveles de soja), por lo que se propone como base un contenido de 15,2 a 15,5 % de PB sin exceder el 1 % de urea en la dieta. Se utilizaron dietas de alta oferta de EM, la máxima posible para el tratamiento que no incluye soja, maximizando la participación del grano de maíz. El contenido de extracto etéreo se incrementó en los tratamientos con la inclusión de la soja. Para integrar esas restricciones, se propuso como objetivo la composición proximal descrita en la Tabla 2.

Las proporciones de ingredientes se incluyen a manera de ejemplo de composición esperable a partir de cálculos con información nutritiva de los ingredientes acopiados en el sitio experimental y determinaciones sobre los mismos insumos en trabajos precedentes. Las proporciones se ajustaron de acuerdo a la composición nutritiva efectiva de los ingredientes determinada al inicio del ensayo y durante la evolución del mismo para mantener constante las metas de composición porcentual de los tratamientos.

Tabla 2. Tratamientos (Dietas) y composición proximal esperada

	S0*	S8	S16	S24
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	0,85	0,4	0,2	0
Heno de pastura	2	7	10	13
Núcleo vitamínico y mineral	2,5	2,5	2,5	2,5
Composición proximal				
PB (%)	15,3	15,2	15,3	15,5
FDN (%)	17,4	17,8	17,8	18,2
FDA (%)	9,1	9,5	9,6	9,9
EM (Mcal/kg MS)	2,74	2,75	2,75	2,75
Extracto etéreo (%)	4,22	5,96	7,00	8,04

S0, S8, S16 y S24 equivalen a 0, 8, 16 y 24% de poroto de soja. FDN (Fibra detergente neutra), FDA (Fibra detergente ácida), PB, (Proteína Bruta), EM (Energía Metabolizable)

2.1.3 Suministro de la dieta

Los animales se alimentaron 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. La cantidad inicial de alimento a ofrecer se registró diariamente y se determinó en base al promedio del consumo por corral.

2.1.4 Calidad nutricional de los componentes de la dieta

Cada 15 días se recolectaron muestras de alimento en comedero y en acopio para determinación del contenido de materia seca y calidad de la dieta. Se hizo después del suministro y antes que comiencen a consumir los animales. De esta misma manera se tomaron muestras del remanente con la misma frecuencia y con el objetivo de conocer la composición del alimento no consumido. Los ingredientes en forma individual, la ración mezclada y el remanente se analizaron por contenido de materia seca (MS) en estufa de secado a 60°C durante 96 h y hasta peso constante de acuerdo a AOAC (2000; método 912; 10), PB determinada como N Kejdahl x 6.25 de acuerdo a 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 (1996).

Tabla 3: Calidad nutricional de los ingredientes de la ración, experimento 1

	%FDN	%FDA	%DMS	EM	%PB	%MS	%EE
Harina de girasol	46,64	28,17	66,96	2,42	36,1	93,7	2,02
Grano de soja entera	20,16	16,49	76,06	3,42	38,4	92,9	21,5
Grano de maíz	20,64	4,13	85,68	3,09	12,1	90,5	3,52

FDN: Fibra detergente neutro; FDA: Fibra detergente ácido; DMS: Digestibilidad Estimada de la materia seca; EM: Energía metabolizable (Mcal/kgMS); PB: Proteína bruta; MS: Materia seca, EE: extracto etéreo. Los resultados son expresados en base seca.

2.1.5 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 diario de materia seca (CMS) por corral y por animal promedio del corral. En el comienzo se partió de una oferta equivalente al 3% del peso vivo (en base seca) y se ajustó semanalmente previo al nuevo suministro, luego de descontar el remanente al ofrecido el día anterior y agregar un 10% adicional. Esta modalidad de ajuste se utilizó a lo largo del ensayo.

Los animales se pesaron cada 21 días, con desbaste previo de 17 horas sin acceso al alimento y agua. Con la información de peso vivo (PV) se calculó el aumento diario de peso vivo (ADPV) entre pesadas y global del ensayo. Se calculó el índice de conversión (IC) dividiendo el CMS/APV medio por corral, calculando la eficiencia de conversión del alimento entre pesadas y para la totalidad del ensayo.

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

Para calcular el rendimiento de res se utilizó el PV determinado en la última pesada individual, realizada la misma dos días antes de envío a faena. (Rto. = peso res en caliente/PV desbastado). Para determinar área de ojo de bife (AOB), sobre un corte transversal del músculo *longissimus dorsi* de la res izquierda, a la altura del área intercostal entre la 10ma y 11va costilla, se determinó el largo y ancho de la sección transversal del *longissimus dorsi* calcado en papel film transparente y planimetría posterior, metodología propuesta por Pordomingo *et al.* (2012 a, b) y Duckett *et al.* (2007). Sobre el mismo corte transversal se determinó el espesor de grasa dorsal (EGD) con regla milimetrada en posición perpendicular al *longissimus dorsi*, a 2/3 de la distancia entre los extremos dorsal y ventral del músculo, metodología propuesta por Pordomingo *et al.* (2012 a, b) y Duckett *et al.* (2007).

2.1.7 Diseño Experimental y análisis estadístico

Los ensayos se analizaron como modelos de factores fijos, utilizando al corral como unidad experimental. En ambos experimentos, sobre los corrales se impuso un arreglo factorial de tratamientos 2 x 4, con medidas repetidas en el tiempo (*Repeated measures análisis*, SAS, 1999) para las variables ADPV, CMS, CMSPV, IC, EGD y AOB. De detectarse efectos de tratamientos, las medias para el factor nivel de soja en la dieta se separarán con contrastes ortogonales (SAS, 1999), y para los factores presentación física de la soja, (entera o molida) por significancia de F ($P \leq 0.05$).

El modelo lineal fue el siguiente: $Y_{ijk} = \mu + T_t + N_{sj} + T_t * N_{sj} + E_{ijk}$; 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_t : Efecto de tratamiento; N_{sj} : Efecto niveles de soja; $T_t * N_{sj}$: Interacción tratamientos y niveles de soja; E_{ijk} : error experimental.

Fuente de variación	Grados de Libertad	
Ue	23	(Ue- 1)
Tt	1	(Tt - 1)
NS	3	(NS - 1)
Tt*NS	3	(Tt - 1) x (NS - 1)
E Res	16	(Rp -1) x (Tt*NS)
	23	

Ue: Unidad experimental, Tt: tratamientos, NS: nivel de soja, Tt*NS: interacción entre tratamiento y nivel de soja, E.Res :Error experimental

2.2 Experimento 2

2.2.1 Sitio Experimental

El ensayo se llevó a cabo en la Estación Experimental Anguil del INTA. El mismo tuvo una duración de 90 días. Se utilizaron 96 Novillitos Angus, que iniciaron el ensayo con un peso vivo de $280 \pm 18,50$ Kg. promedio, luego de 15 días de acostumbramiento progresivo a la dieta definitiva. Durante esa etapa los animales comenzaron con una dieta con 50 % de heno más grano de maíz, el que se fue sustituyendo reduciendo progresivamente, por poroto de soja o harina de girasol, con cambios cada 2 días hasta alcanzar la composición prevista el día 13 del período citado. Para el día 1 del experimento, se distribuyeron animales de a 3 por corral en función de sus pesos iniciales, en 32 corrales al aire libre con acceso permanente al agua.

2.2.2 Tratamientos y Dietas

Se evaluó el efecto del incremento de soja cruda o soja tratada térmicamente, como oferente proteico de la dieta y sus interacciones sobre parámetros de

producción y características de res, para responder al objetivo específico 2.

Se aplicaron 8 tratamientos resultantes de la combinación de los factores: a) poroto de soja desactivado térmicamente vs crudo, b) proporción de poroto de soja en la dieta (0, 8, 16 y 24%, en base seca). Se hicieron cuatro repeticiones (corrales) por tratamiento y se utilizó la misma dieta que en el experimento 1, con la inclusión de la fracción correspondiente de soja, según el tratamiento, excepto que la presentación de la soja fue el tratamiento térmico (tostada versus cruda). En todos los casos la soja se suministró entera (Tabla 4). El acostumbramiento de los animales a los tratamientos, la forma de alimentación, los ajustes de dieta, el muestreo y el registro de datos se hicieron siguiendo el mismo protocolo descrito para el Experimento 1.

Tabla 4. Proporciones y tratamientos del poroto de soja en la dieta del ensayo 2

Proporciones %	Tratamientos	
	Soja entera cruda	Soja entera desactivada
0	XXXX	XXXX
8	XXXX	XXXX
16	XXXX	XXXX
24	XXXX	XXXX

X= Numero de corrales

Como en el Experimento 1, las dietas se basaron en grano de maíz partido, harina de girasol, heno de pastura, urea y núcleo vitamínico-mineral, sumados a la inclusión de la fracción correspondiente de soja, según el tratamiento. Los supuestos para la definición de la composición de las dietas fueron los mismos descritos para el Experimento 1 (Tabla 2), por lo que también fueron similares en PB, EM y FDN, excepto que la presentación de la soja será el tratamiento para desactivado térmico (desactivada versus cruda). En todos los casos la soja se suministró entera. El experimento tuvo una duración de al menos 90 días y se finalizó cuando los animales fueron considerados terminados para faena, momento que se determinó de la manera descrita en el Experimento 1. El acostumbramiento de los animales a los

tratamientos, la forma de alimentación, los ajustes de dieta, el muestreo y el registro de datos se llevaron adelante siguiendo el mismo protocolo descripto para el Experimento 1.

El proceso de desactivado fue realizado en la firma ANSTAR S.A. de la localidad de General Pico, La Pampa. El mismo se realizó en una desactivadora marca Coltrinari, la cual tiene una capacidad de 200 kg de soja por hora. No necesita caldera y se utiliza con energía eléctrica y gas natural o envasado. Posee una carcasa desmontable, aislada térmicamente que evita que el calor se escape, dentro de la cual hay un tambor rotativo donde se desactiva la soja. Tiene dos tapas una frontal para la descarga y una lateral para la carga. Para generar calor se utiliza un quemador a gas que para su protección tiene instalada una válvula piloto. Utiliza un motor eléctrico de 1,5 HP para mover el tambor, un tablero con el cual se controla tiempo de desactivado, la descarga, la alineación de la boca de carga, la temperatura y el encendido y apagado del mechero. Trabaja 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. Una vez finalizado el tiempo se descarga la soja de la desactivadora dejándola enfriar. Para corroborar en fábrica el desactivado se utiliza el método colorimétrico visual aplicando una solución de rojo de fenol al 0,1 %.

Una vez acopiada la soja desactivada en el lugar del ensayo se monitoreo la efectividad del tratamiento térmico mediante la medición de la actividad uréasica, indicador indirecto de la desactivación de péptidos antinutritivos, en particular del factor anti-tripsínico (Herkelman *et al.*, 1992). Esta prueba se realizó en laboratorio privado por diferencias de pH utilizando soluciones buffer de urea y de fosfatos.

Tabla 5: Determinación de la actividad ureásica experimento 2

	UpH
Soja Cruda	2,49
Soja Desactivada	0,13

Ref.: Sobrecocida < a 0,08; bien cocida 0,08 y 0,3; subcocida 0,30 a 0,8; cruda > a 0,90.UpH: Unidades de PH

2.2.3 Suministro de la dieta

Los animales se alimentaron 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. La cantidad inicial de alimento ofrecido se determinó como el promedio del consumo por corral de los últimos 3 días del período de acostumbramiento. La oferta fue equivalente al 3% (base seca) del peso vivo, ajustando diariamente, descontando remanentes y agregando un 10% adicional.

2.2.4 Calidad nutricional de los componentes de la dieta

Cada 15 días se recolectaron muestras de alimento en comedero y en acopio para determinación del contenido de materia seca y calidad nutricional de la dieta. Se hizo después del suministro y antes que comiencen a consumir los animales. De esta misma manera se tomaron muestras del remanente con la misma frecuencia y con el objetivo de conocer la calidad del alimento no consumido. Se determinó también la actividad uréasica en el poroto de soja

Los ingredientes, la ración mezclada y los remanentes se analizaron por contenido de materia seca (MS) en estufa de secado a 60°C durante 96 h y hasta peso constante de acuerdo a AOAC (2000; método 912.10) , PB determinada como N Kejdahl x 6.25 de acuerdo a 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) de los insumos y la dieta a partir de las ecuaciones de NRC (1996).

Tabla 6: Calidad nutricional de los ingredientes de la ración experimento 2.

	%FDN	%FDA	%DMS	EM	%PB	%MS	%EE
Heno de Mijo	67,74	40,81	57,11	2,06	10,1	88,1	-
Grano de Maíz	26,29	4,7	85,24	3,08	11,4	90,0	3,73
Grano de soja cruda	18,01	13,45	78,42	2,83	36,8	89,9	20,2
Harina de Girasol	44,09	37,74	59,50	2,15	27,7	93,4	2,04

FDN: Fibra detergente neutro; FDA: Fibra detergente ácido; DMS: Digestibilidad Estimada de la materia seca; EM: Energía metabolizable (Mcal/kgMS); PB: Proteína bruta; MS: Materia seca, EE: extracto etéreo. Los resultados son expresados en base seca.

2.2.5 Consumo, aumento de peso vivo y conversión alimenticia

Se evaluaron estas tres determinaciones siguiendo la metodología realizada en el experimento 1.

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

Se evaluaron estas tres determinaciones siguiendo la metodología realizada en el experimento 1.

2.2.7 Diseño Experimental y análisis estadístico

El diseño experimental y el análisis estadístico se llevaron a cabo de la misma forma que en el experimento 1. Para los factores presentación física de la soja, (entera o desactivada) por significancia de F ($P \leq 0.05$).

El modelo lineal fue el siguiente: $Y_{ijk} = \mu + T_{ti} + N_{sj} + T_{t*nsij} + E_{ijk}$: 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 tratamiento; N_{sj} : Efecto niveles de soja; T_{t*nsij} : Interacción tratamientos y niveles de soja; E_{ijk} : error experimental

Fuente de variacion	Grados de Libertad	
Ue	31	(Ue- 1)
Tt	1	(Tt - 1)
NS	3	(NS - 1)
Tt*NS	3	(Tt - 1) x (NS - 1)
E Res	24	(Rp -1) x (Tt*NS)
	31	

Ue: Unidad experimental, Tt: tratamientos, NS: nivel de soja, Tt*NS: interacción entre tratamiento y nivel de soja, E.Res :Error experimental

RESULTADOS

3.1 Experimento 1

3.1.1 Interacción entre tratamientos y niveles de inclusión de soja cruda entera y molida y sus efectos individuales sobre variables de producción y características de res

Tabla 7. Significancia estadística de la interacción entre factores de interés y sus efectos individuales sobre las variables de producción y características de res.

	Trt*nivel	Trt	Nivel
Peso inicial, kg	0,919	0,971	0,999
Peso final, kg	0,798	0,909	0,068
APV, g/día	0,645	0,833	0,002
CMS, kg/día	0,555	0,766	0,025
CMSPV, %	0,438	0,566	0,031
IC	0,623	0,712	0,144
Rto. res, %	0,374	0,731	0,003
AOB, cm ²	0,607	0,932	0,971
EGD, mm	0,639	0,638	0,028

Trt : Tratamiento físico (entero o molido).

Nivel: Contenido de soja en la dieta (0, 8, 16 y 24%).

Trt*Nivel: Interacción entre tratamiento y nivel de participación en la dieta.

APV= aumento de peso vivo, CMS= Consumo de materia seca, CMSPV= consumo de materia seca en relación al peso vivo, IC= CMS/APV, Rto de Res= Rendimiento de res, AOB= Área de ojo de Bife, EGD=Espesor de grasa dorsal

La Tabla 7 resume los valores de significancia estadística para las variables estudiadas en este experimento. No se detectaron interacciones ($P = 0,374$) entre el tratamiento físico (Trt) y el nivel de inclusión (Nivel) de poroto de soja para las variables en estudio. No se detectaron efectos significativos ($P = 0,566$) del tratamiento físico de la soja (entero vs molido) para ninguna de la variables, pero se evidenciaron efectos del nivel de inclusión, en aumento de peso vivo ($P = 0,002$), consumo de materia seca ($P = 0,025$), consumo de materia seca en relación al peso vivo ($P = 0,031$) y en Rendimiento de res ($P = 0,003$).

3.1.2 Diferentes niveles de inclusión de soja cruda entera y molida sobre variables de producción

Tabla 8. Efecto del procesado mecánico del poroto de soja y su nivel de inclusión en dieta de bovinos de engorde a corral, sobre variables de producción.

	0*	8	16	24	EE	F > Fo	24 vs. otros**
Soja cruda entera							
Peso inicial, kg	214	214	212	215	4,6	0,966	
Peso final, kg	325	324	326	316	5,9	0,591	-
APV, g/día	1198	1184	1231	1085	38,7	0,016	0,001
CMS, kg/día	7,7	7,5	7,8	7,1	0,2	0,034	0,026
CMSPV, %	2,8	2,7	2,8	2,6	1	0,025	0,018
IC	6,4	6,3	6,1	6,5	0,2	0,209	-
Soja cruda molida							
Peso inicial, kg	214	213	215	212	4,3	0,967	-
Peso final, kg	326	330	327	310	6,5	0,125	-
APV, g/día	1203	1257	1212	1054	40,4	0,006	0,001
CMS, kg/día	7,8	7,6	7,5	7	0,1	0,034	0,026
CMSPV, %	2,8	2,8	2,7	2,7	0,5	0,025	0,018
IC	6,4	6,1	6,2	6,7	0,2	0,111	-
Error estándar para comparaciones en columnas de factor procesamiento							
Peso inicial	4,48	4,21	5,12	3,97	-	-	-
Peso final	5,33	5,81	8,07	5,39	-	-	-
APV	26,3	45,6	60,2	35,6	-	-	-
CMS	0,34	0,42	0,37	0,45	-	-	-
CMSPV	0,98	1,05	1,02	0,76	-	-	-
IC	0,23	0,18	0,25	0,26	-	-	-
Valores de P para comparaciones en columnas de factor procesamiento							
Peso inicial	0,984	0,961	0,67	0,579	-	-	-
Peso final	0,971	0,442	0,905	0,434	-	-	-
APV	0,909	0,274	0,828	0,541	-	-	-
CMS	0,788	0,567	0,455	0,742	-	-	-
IC	0,324	0,291	0,561	0,677	-	-	-
CMSPV	0,223	0,332	0,653	0,769	-	-	-

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

** Significancia del contraste de nivel 24% vs los otros (0, 8 y 16%) APV= aumento de peso vivo, CMS= Consumo de materia seca, CMSPV= consumo de materia seca en relación al peso vivo, IC= CMS/APV

A pesar de la ausencia de interacciones, se reportan los resultados por tratamiento físico (soja entera o molida) y nivel de inclusión en la dieta (0, 8, 16 y 24%) (Tabla 8). La inclusión de soja cruda hasta el nivel del 16% no afectó la respuesta animal en ninguna de las variables (Tabla 8), entera y molida. Sin embargo, la inclusión al 24% de la dieta resultó en un menor aumento de peso vivo ($P = 0,001$), comparado con niveles de inclusión menores. Esta menor performance se debió a un consumo de materia seca ligeramente menor en términos absolutos ($P = 0,026$), y también al consumo de materia seca en relación al peso vivo ($P = 0,018$), para el nivel de 24%, comparado con los otros, para ambos tipos de suministro del poroto (entero o molido). No se detectaron efectos sobre el índice de conversión ($P = 0,144$). Estos resultados ponen en evidencia un efecto depresor de la dieta sobre la respuesta animal al ofrecer soja cruda al nivel del 24% independientemente si es entera o molida. Dentro de cada nivel no se evidenciaron efectos entre soja entera o molida ($P = 0,223$).

La depresión de la respuesta animal al incluir soja cruda al 24% pone en evidencia la expresión de factores en la soja que afectan el consumo, el aumento de peso y la conversión del alimento. Sin embargo, dicha depresión debe analizarse en su significancia práctica para la producción comercial, dado que el aumento de peso con esta alta proporción de soja fue a lo largo de todo el ensayo superior a 1 kg/día. La ausencia de diferencias en la respuesta animal en los niveles 0, 8 y 16% de inclusión de soja (de mayor concentración energética que los otros ingredientes) sería explicable en la naturaleza iso-energética de las dietas (Tabla 2).

3.1.3 Diferentes niveles de inclusión de soja cruda entera y molida sobre características de res

Tabla 9. Efecto del procesado mecánico del poroto de soja y su nivel de inclusión en la dieta de bovinos de engorde a corral, sobre características de res.

	0*	8	16	24	EE	F > Fo	24 vs otros**
Soja cruda entera							
Rto.res %	58,3	58,4	59,0	57,3	0,34	0,013	0,003
AOB, cm2	62,7	62,7	63,6	63,1	0,66	0,699	-
EGD, mm	7,4	7,3	7,8	6,6	0,34	0,113	-
Soja cruda molida							
Rto. res, %	58,2	58,7	58,2	57,6	0,34	0,132	-
AOB, cm2	63,1	63,5	62,7	62,9	0,65	0,887	-
EGD, mm	7,2	7,5	7,8	7	0,29	0,259	-
Error estándar para comparaciones en columnas de factor procesamiento							
Rto. res	0,371	0,283	0,377	0,334	-	-	-
AOB	0,712	0,263	0,767	0,621	-	-	-
EGD	0,341	0,309	0,278	0,322	-	-	-
Valores de P para comparaciones en columnas de factor procesamiento							
Rto. res	0,754	0,414	0,166	0,602	-	-	-
AOB	0,671	0,478	0,429	0,844	-	-	-
EGD	0,609	0,573	0,999	0,366	-	-	-

*Nivel de inclusión del poroto de soja (0, 8,16 y 24%)

**Significancia del contraste de nivel 24% vs los otros (0,8y16%).

Rto. Res=rendimiento de res en caliente, AOB=Área de ojo de bife, EGD= Espesor de grasa dorsal

Se detectó un efecto significativo del nivel de soja en Rto res para los animales que consumieron soja entera (Tabla 9). El nivel de inclusión del 24% resultó en un rendimiento de res inferior al de los otros 3 niveles, (P = 0,003), los que no se diferenciaron entre sí (P = 0,334). Este efecto significativo en el nivel del 24%, de oferta de energía digestible reduciendo la proporción de maíz a medida que aumentaba la proporción de poroto de soja cruda entera, fue similar en soja molida y podría sugerirse la misma tendencia pero no alcanzando significancia estadística (P = 0,132), por lo cual no afecto el rendimiento el tratamiento físico de la soja.

No se detectaron efectos significativos debido al procesamiento de la soja o su nivel de inclusión ($P = 0,113$) sobre el área de ojo de bife y espesor de grasa dorsal. Los datos sugieren una tendencia hacia un menor EGD cuando se ofrece poroto entero o molido al 24% de la dieta (Tabla 7). A pesar de los efectos detectados al nivel del 24% de inclusión de soja, los pesos finales y los parámetros de rendimiento y terminación de res indican que los animales alcanzaron eficientemente el peso y el rendimiento propios de animales gordos para el mercado interno argentino.

Finalmente, en el tratamiento del poroto de soja comparando los niveles de 0 % de inclusión en reemplazo de la harina de girasol versus los de 8 y 16%, no se detectaron mejoras en APV, CMS, CMSPV o IC, tampoco diferencias en Rto de res, AOB y EGD. La inclusión de una fuente proteica de mayor calidad (soja) no se habría expresado en mayor performance animal en este experimento de novillitos alimentados a corral.

3.2 Experimento 2

3.2.1 Interacción entre tratamientos y niveles de inclusión de soja entera cruda y soja entera desactivada y sus efectos individuales sobre variables de producción y características de res

Tabla 10. Significancia estadística de la interacción entre factores de interés y sus efectos individuales sobre las variables de producción y características de res.

	Trt*nivel	Trt	Nivel
Peso inicial, kg	0,998	0,952	0,999
Peso final, kg	0,137	0,128	0,433
APV, g/día	0,001	-	-
CMS, kg/día	0,002	-	-
CMSPV, %	0,019	-	-
IC	0,047	-	-
Rto. res, %	0,762	0,925	0,547
AOB, cm ²	0,931	0,749	0,703
EGD, mm	0,675	0,492	0,825

Trt : Tratamiento térmico (sin y con).

Nivel: Contenido de soja en la dieta (0, 8, 16 y 24%).

Trt*Nivel: Interacción entre tratamiento térmico y nivel de participación en la dieta.

APV= aumento de peso vivo, CMS= Consumo de materia seca, CMSPV= consumo de materia seca en relación al peso vivo, IC= CMS/APV, Rto de Res= Rendimiento de res, AOB= Área de ojo de Bife, EGD=Espesor de grasa dorsal

La tabla 10 resume los valores de significancia estadística del modelo aplicado en el análisis de las variables estudiadas en el experimento. Se detectaron interacciones entre el tratamiento térmico de la soja cruda y el nivel de inclusión (0, 8, 16 y 24 %) de poroto de soja para las variables aumento de peso vivo ($P = 0,001$), consumo de materia seca ($P=0,002$), consumo de materia seca en relación al peso vivo ($P = 0,019$) e índice de conversión ($P= 0,047$).

3.2.2 Diferentes niveles de inclusión de soja cruda y desactivada sobre variables de producción.

Tabla 11. Efecto del tratamiento de desactivación del poroto de soja y su nivel de inclusión en la dieta de bovinos en engorde a corral, sobre variables de producción.

	0*	8	16	24	EE	F > Fo	24 vs otros**
<u>Soja cruda entera</u>							
Peso inicial, kg	285	285	286	285	5,7	0,999	-
Peso final, kg	388	389	393	372	5,9	0,044	0,0134
APV, g/día	1142	1150	1188	966	28,4	0,002	0,0001
CMS, kg/día	9,8	9,6	10	8,8	0,22	0,013	0,0010
CMSPV, %	2,9	2,8	2,9	2,6	0,65	0,044	0,0170
IC	8,6	8,3	8,4	9,1	0,24	0,035	0,0340
<u>Soja cruda desactivada</u>							
Peso inicial, kg	285	285	285	285	5,2	0,999	-
Peso final, kg	389	389	393	395	5,6	0,864	-
APV, g/día	1149	1155	1201	1223	24,6	0,115	-
CMS, kg/día	9,7	9,5	10,2	9,8	0,25	0,665	-
CMSPV, %	2,8	2,8	3	2,8	0,82	0,703	-
IC	8,4	8,2	8,5	8	0,33	0,555	-
Error estandar para comparaciones en columnas de factor tratamiento térmico							
Peso inicial	10,4	10,4	10,5	10,6	-	-	-
Peso final	10,5	10,6	10,3	11,3	-	-	-
APV	23,9	24,3	26,8	26,8	-	-	-
CMS	0,18	0,24	0,22	0,27	-	-	-
CMSPV	0,52	0,66	0,47	0,58	-	-	-
IC	0,23	0,20	0,19	0,31	-	-	-
Valores de P para comparaciones en columnas de factor tratamiento térmico							
Peso inicial	0,973	0,982	0,934	0,974	-	-	-
Peso final	0,938	0,956	0,995	0,173	-	-	-
APV	0,829	0,956	0,736	0,001	-	-	-
CMS	0,833	0,762	0,561	0,039	-	-	-
CMSPV	0,541	0,487	0,205	0,044	-	-	-
IC	0,665	0,455	0,382	0,032	-	-	-

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

** Significancia del contraste de nivel 24% vs los otros (0, 8 y 16%)

APV= aumento de peso vivo, CMS= Consumo de materia seca,

CMSPV= consumo de materia seca en relación al peso vivo, IC= CMS/APV

No se detectaron efectos significativos ($P = 0,115$) del nivel de inclusión de soja tostada sobre ninguna de las variables de eficiencia individual o características de res (Tabla 11). Con la inclusión de soja cruda los resultados fueron similares a los de tostada hasta el nivel del 16%. Sin embargo con la inclusión del 24% se detectaron menor aumento de peso, debido a efectos significativos en aumento de peso vivo ($P = 0,001$), consumo de materia seca ($P = 0,039$), consumo de materia seca en relación al peso vivo ($P = 0,044$) y un mayor índice de conversión ($P = 0,032$) en dietas con la soja cruda respecto de la tostada. En similar respuesta a la del experimento anterior, el nivel de 24% de soja cruda tuvo también menor respuesta que los otros niveles ($P = 0,034$), incluyendo a la dieta de 0 % de soja, o sea basada en harina de girasol.

3.2.3 Diferentes niveles de inclusión de soja cruda entera y desactivada sobre características de res

Tabla 12. Efecto del tratamiento térmico del poroto de soja y su nivel de inclusión en la dieta de bovinos en engorde a corral, sobre características de res.

	0*	8	16	24	EE	F > Fo
	Soja cruda entera					
Rto. res,%	58,6	58,7	58,8	58,2	0,29	0,558
AOB, cm ²	66,2	65,8	66,6	65,5	1,33	0,942
EGD, mm	7,7	7,9	7,8	7,9	0,26	0,897
	Soja cruda desactivada					
Rto res, %	58,9	58,5	58,6	58,4	0,32	0,708
AOB, cm ²	66,7	67	66,7	64,9	1,3	0,639
EGD, mm	7,7	7,8	7,8	7,4	0,25	0,613
	Error estandar para comparaciones en columnas de factor tratamiento térmico					
Rto. res	0,336	0,346	0,317	0,395	-	-
AOB	1,695	1,811	1,962	2,394	-	-
EGD	0,281	0,346	0,256	0,301	-	-
	Valores de P para comparaciones en columnas de factor tratamiento térmico					
Rto. Res	0,491	0,737	0,583	0,768	-	-
AOB,	0,834	0,642	0,96	0,861	-	-
EGD	0,836	0,835	0,999	0,252	-	-

*Nivel de inclusión del poroto de soja (0, 8,16 y 24%)

**Significancia del contraste de nivel 24% vs los otros (0,8y16%).

Rto. Res=rendimiento de res en caliente, AOB=Área de ojo de bife, EGD= Espesor de grasa dorsal

Las interacciones y efectos de factores principales (Trt y Nivel) arriba descriptos no fueron significativos ($P = 0,252$) para las variables de Rendimiento de res, área de ojo de bife y espesor de grasa dorsal (Tabla 12). Tampoco se detectaron efectos ($P = 0,491$) debido al tratamiento térmico de la soja o su nivel de inclusión en Rto res, AOB o EGD. Aunque el tratamiento de 24% de soja cruda en la dieta generó APV inferiores significativamente diferentes al resto, 966 g/día (Tabla 11) fueron suficientes para alcanzar valores similares en Rto res, AOB y EGD. En promedio, los animales tuvieron un rendimiento de $58,6 \pm 0,31$ %, $66,2 \pm 1,20$ cm² de AOB y $7,77 \pm 0,25$ mm de EGD, valores que indican un buen grado de terminación acorde al mercado interno argentino. A diferencia del ensayo 1, en este experimento el Rto. res

no resultó estadísticamente inferior para el nivel de 24% de inclusión de soja cruda comparada con el resto de las dietas.

DISCUSIÓN

De la información emergente de ambas experiencias surge que la inclusión de soja cruda tanto entera como molida, hasta el 16% (base materia seca) en la dieta de bovinos en engorde no tendría efectos depresivos del aumento de peso, del consumo, de la conversión del alimento y de las características de la res. Se comprobó que la sustitución de harina de girasol por poroto de soja no mejoró la respuesta animal y las características de la res (dentro de los parámetros de referencia del ensayo en cuanto a tipo de animal y naturaleza del alimento). Con animales más jóvenes o de recría pos destete podría haberse generado otro tipo de respuesta a la fuente proteica, hipótesis que está afuera del alcance de este ensayo.

La ausencia de efectos significativos del molido versus el entero, bajo la hipótesis de una mayor exposición del poroto de soja a la fermentación ruminal y consecuente desactivación en rumen, sugiere que el molido del poroto previo al suministro no tendría un efecto relevante por sobre el ofrecido entero. Al momento de la conclusión de estos ensayos no se han encontrado antecedentes bibliográficos sobre la comparación de molido vs. entero en poroto de soja cruda ofrecidos a bovinos. Aunque no medido en el presente estudio, es probable que la masticación del animal haya logrado el suficiente quebrado y exposición ruminal para desactivar totalmente los factores anti nutricionales en el rumen en los niveles de 8 y 16% y posiblemente de manera parcial en el nivel de 24%. Por su parte, la inclusión de 24% de poroto de soja cruda resultó en una menor respuesta animal, comparada con inclusiones menores. Este efecto se debería a la acción de factores antinutricionales con efectos negativos en el proceso digestivo y no al incremento del aporte de aceite con el agregado de poroto ya que el desactivado térmico removió el efecto negativo.

La evidencia aquí generada indica que la participación creciente de aceite (8,04 % de EE) en dietas con alto contenido de grano de soja hasta el 24%, no sería

factor de depresión de la digestión del alimento, al menos con efectos significativos sobre el aumento de peso, el consumo o la conversión. Se desconoce de la existencia de información publicada que permita ratificar o desafiar este hallazgo en ensayos similares.

La ausencia de niveles intermedios entre 16 y 24% de inclusión de poroto de soja en los experimentos, no permite generar conclusiones dentro de ese rango. Sin embargo, en términos prácticos es poco probable que se planteen escenarios de necesidad de aporte de poroto de soja por encima del 16% de la dieta. Asimismo, los efectos depresores de la respuesta animal al ofrecer poroto de soja al 24% no fueron de gran magnitud como para impedir un adecuado índice de conversión y un aumento compatible con engordes adecuados.

La diferencia de respuesta animal al incluir soja cruda versus tostada al 24% de la dieta pondría en evidencia la expresión de factores anti nutricionales en la soja cruda que afectan el consumo, el aumento de peso y la conversión del alimento. Sin embargo, dicha depresión debe analizarse en su significancia práctica para la producción comercial y considerar que el aumento de peso no bajó de 1 kg/día. La ausencia de diferencias en la respuesta animal en los niveles 0, 8 y 16% de inclusión de soja (de mayor concentración energética que los otros ingredientes) sería explicable en la naturaleza iso-energética de las dietas (Tabla 2).

Los resultados del presente estudio son similares a los reportados por Felton y Kerley (2004). Esos autores detectaron efectos depresivos moderados sobre los parámetros de producción y eficiencia individual sobre animales en engorde con una dieta base similar a la utilizada en las experiencias realizadas.

Los autores los atribuyeron los efectos al incremento de la oferta de lípidos, que al nivel del 24% de poroto de soja (9,85 % de EE) excederían los niveles recomendados para engorde de animales a corral. Sin embargo, esa experimentación no exploró los efectos de factores anti-tripsínicos. Los autores recomendaron el nivel del 16% de poroto de soja crudo (8,14 % de EE) como el límite seguro.

El excedente de lípidos del poroto de soja respecto del deseable no sólo se vincularía al efecto depresor sobre la digestión de la fibra. En el caso de suplementos proteicos con alta oferta de ácidos grasos poli-insaturados (PUFA) se menciona como depresor del consumo la acción directa de los PUFA sobre mecanismos de saciedad pos-absorción (Engle et al., 2000), y a la saturación del mecanismo de absorción de lípidos que puede inhibir desarrollo microbiano (Harfoot y Hazlewood, 1988b).

La ausencia de diferencias significativas respecto del tratamiento sin soja (nivel 0%) comparado con los niveles 8 y 16% en ambos ensayos de este estudio, en particular al incorporar el tratamiento térmico, sugiere que el efecto depresor sobre el aumento de peso, el consumo y la eficiencia que puede tener la oferta de poroto de soja en niveles elevados, en dietas de baja fibra, no sería explicable por el incremento de PUFA o lípidos totales de la dieta.

La expectativa de una mejora en la respuesta y eventual desactivación del poroto de soja por la presentación en la forma molida al rumen no fue justificada en este estudio, descartándose la hipótesis correspondiente que al molerse se mejoraría la eficiencia de desactivado ruminal. También los resultados habrían refutado la hipótesis de una mejor respuesta animal con el reemplazo de harina de girasol por poroto de soja, presumiendo que el poroto de soja ofrecería proteína de mejor calidad que el girasol, para animales en engorde.

Por su parte, aunque no medido en los experimentos del presente estudio, el tratamiento térmico del poroto de soja no habría afectado de manera significativa la digestibilidad de la oferta de energía, ni los sitios de digestión o la degradabilidad de la fracción proteica. 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 poroto de soja cruda o tostada a distintas temperaturas. El tratamiento térmico podría afectar la degradabilidad de la fracción proteica, pero estas observaciones no fueron verificadas los ensayos realizados. El

tratamiento térmico es esperable que influya sobre los factores antinutricionales y la digestibilidad de los nutrientes y la palatabilidad del poroto de soja (Qin *et al.*, Serrano y Villabí, 1999). También podría producir una menor exposición de los lípidos a nivel ruminal, mejorar el aporte de aminoácidos al animal y aumentar la digestibilidad intestinal (Stern *et al.*, 1985; Tice *et al.*, 1993 y Aldrich *et al.*, 1995).

CONCLUSIONES

El poroto de soja crudo, ofrecido entero o molido, podría ser incorporado como oferente proteico a las dietas de alto contenido de grano para engorde de bovinos hasta un nivel del 16% (en base materia seca), sin esperar efectos depresores sobre la respuesta animal y las características de la res debido al incremento del contenido de aceite o la presencia de factores anti-nutrientes termolábiles, en novillitos en terminación.

La inclusión de 24% de poroto de soja cruda en la dieta podría afectar negativamente la respuesta animal, comparado con inclusiones del 16% o menores, aunque dicho efecto es moderado y no comprometería el engorde o las características de la res.

La sustitución de harina de girasol por poroto de soja (en niveles equivalentes de proteína bruta) no resultaría en mejoras de la respuesta animal en dietas iso-energéticas, en esta categoría de animales.

El tostado removi6 cualquier efecto negativo sobre la respuesta animal de los factores antinutritivos demostrando que son lábiles a la temperatura del tostado del poroto y permitiría ofrecer niveles altos de soja (24%) en la dieta de novillitos en terminación.

IMPLICANCIAS

La utilización del poroto de soja crudo en proporciones de hasta un 16 % de la dieta sin necesidad de molerlo o tostarlo puede viabilizar la alimentación a corral de bovinos en planteos productivos con poca estructura, donde es importante la reducción de las complejidades de la alimentación, la intermediación en la comercialización de los insumos y el ahorro de energía, disminuyendo sustancialmente los costos. La oportunidad del uso de la soja cruda permitiría a las explotaciones contar con una fuente de proteína de alta calidad, usualmente de producción propia. Así mismo genera un destino para aquel poroto de soja que ha sufrido un deterioro que reduce su valor comercial (ej. partido, cosechado con alta humedad, moteado, o contaminado con otros granos o semillas).

BIBLIOGRAFÍA

- Adrian, J., 1974. Nutritional and physiologic consequences of the maillard reaction. *World Review Nutrition Dietetics* 19: 71-88.
- Albro, J. D., Weber D. W., y 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., y Berger L. L. 1997. 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. y Barmore, J.A. 1995 .The effects of roasting temperature applied to whole soybeans on site of digestion by steers: II. Protein and amino acid digestion. *Journal Animal Science* 73: 2131-2140.
- Anderson, S.J.; Merrill, J.K.; Mcdonnell, M.L. y Klopfenstein, T.J. 1988. Digestibility and Utilization of Mechanically Processed Soybean Hulls by Lambs and Steers. *J. Anim. Sci.* 66, 2965-2976.
- AOAC. 2000. Official methods of analysis of the association of analytical chemists. 17th Edition. Association of Official Analytical Chemists, Inc. Arlington, Virginia, USA, 70 pp.
- Baker, D. H. 2000. Nutritional constrains to use soy products by animals. Páginas 1-12 en *Soy in Animal Nutrition*. Drackley, J. K, ed. Fed. Anim. Sci. Soc., Savoy, Illinois, USA.
- Brandt, R.T., Jr., Anderson, S.J., y Elliott, J.K. 1988. Mixtures of high moisture corn or steam flaked wheat finishing cattle. “Cattle Feeders” Day, Rep. Prog. 555, Kans. Agr. Exp. Stn. Garden City, KS. Pg. 32-34.
- Clark, J. H., Klusmeyer, T. H. y Cameron, M. R. 1992. Microbial protein synthesis and flows of nitrogen fractions to the duodenum of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 75:2304-2323.

- Duckett, S. K Neel, J. P. S., Sonon, R. N, Jr., Fontenot, J. P., Clapham, W. M., y 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., y 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.
- Escalona, B., Rocha, R. García, J., Carabaño, R y De Blas, C. 1999. Characterization of in situ fibre digestion of several fibrous foods. *Animal Science* 68: 217-221.
- Erickson, G., Milton, T. y Klopfenstein, T. 1998. Evaluation of 1996 NRC for protein and phosphorus requirements of finishing cattle. *Nebraska Beef Cattle Report MP 69-A*. p 84.
- Eweedah, N., Rozsa L., Gundel, J. y 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.
- FEDNA. 1999. Normas FEDNA para la formulación de piensos compuestos. De Blas, J.C., Mateos, G.G., García-Rebollar, P. (Eds). FEDNA, Madrid.
- Felton E. D. y Kerley, M. S. 2004. Performance and carcass quality of steers fed whole raw soybeans at increasing inclusion levels. *J. Anim. Sci.* 82:725-732.
- García Rebollar, P., De Blas, C. y Mateos, G.G. 1997 Utilización de la cascarilla de soja en alimentación animal. American Soybean Association. Bruselas, Bélgica.
- García Rebollar P. y De Blas, C. 2002. The digestion of whole soybeans in ruminants. American Soybean Association, Brussels, Belgium. American Soybean Association, FE 139. <http://www.asaim-europe.org/pdf/sbrumin.pdf>
- Garrigus, R. R., Little C.O. y Bradley N.W. 1967. Soybean hulls fed in different physical forms as wintering rations for steers. *J. Anim. Sci.* 26:836–838.

- Gerson, T., John, A. y King, A.S.D. 1985. The effects of dietary starch and fibre on the in vitro rates of lipolysis and hydrogenation by sheep rumen digestion. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)* 105: 27-30.
- Goering, H. K. y Van Soest P.J. 1970. Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications). In *Agriculture Handbook* nro. 379:1-20.
- Grant, R.J. 1997. Interactions among forages and nonforage fiber sources. *Journal Dairy Science* 80: 1438-1446.
- Grenet, E. y Barry, P. 1987. Etude microscopique de la digestion des parois végétales des téguments de soja et de colza dans le rumen. *Reproduction, Nutrition and Development* 27 (1 B): 246-248.
- Harfoot, C.G. y Hazlewood, G.P. 1988a. Lipid metabolism in the rumen. In: Hobson, P.N., Ed. *The Rumen Microbial Ecosystem*. Elsevier Applied Science. London, New York. pp: 285-322.
- Harfoot, C. G. y Hazlewood, G.P. 1988b. Lipid metabolism in the rumen. In Hobson, P.N., ed. Elsevier, New York. Page 258 in the *Rumen Microbial Ecosystem*.
- Harris, B. 1991. Value of high-fiber alternatives feedstuffs as extenders of roughage sources. In: *Proc. Natl. Symp. Alternative Feeds for Dairy and Beef Cattle*. pp 138. E.R.Jordan, ed., Univ. Missouri, Columbia, MO.
- Herkelman, K.L., Cromwell, G.L., Stahly, T.S., Pfeiffer T.W. y 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.
- Hibberd, C. A., McCollum F.T., y Scott R.R. 1987. Soybean hulls for growing beef cattle. *Anim. Sci. Res. Rep., Oklahoma Agric. Exp. Sta.* pp 248-251.
- Himowitz, T. 1985. Anti- Nutritional factors in soybeans: genetics and breeding. *Proceedings of world soybean Research conference III*. Shibles, R., ed. Ames. Iowa. EE.UU. Pag. 368-373
- Hintz, H. F., Mathias M.M., Ley Jr. H.F. y Loosli J.K. 1964. Effects of processing and of feeding hay on the digestibility of soybean hulls. *J. Anim. Sci.* 23:43-46.
- Howie, S. A., Calsamiglia, S. y Stern, M. D. 1996. Variation in ruminal degradation and intestinal digestion of animal byproduct proteins. *Anim. Feed Sci. Technol.* 63:1-7.

- Hsu, J. T., Faulkner D.B., Garleb K.A., Barclay R.A., Fahey, Jr. G.C. y Berger L.L. 1987. Evaluation of corn fiber, cottonseed hulls, oat hulls and soybean hulls as roughage sources for ruminants. *J. Anim. Sci.* 65:244–255.
- Huerta-Leidenz, N. O., Cross H.R., Lunt D.K., Pelton L.S., Savell J.W. y Smith S. B. 1991. Growth, carcass traits, and fatty acid profiles of adipose tissues from steers fed whole cottonseed. *J. Anim. Sci.* 69:3665–3672.
- Immig, I., Van Nevel, C. y Demeyer, D.I. 1993. Lipolysis and hydrogenation of soybean oil in the rumen of sheep. *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology (Germany)*. DLG.
- Ipharraguerre, I.R. y Clark J.H. 2003. Soy hulls as an alternative feed for lactating dairy cows: A review. *J. Dairy Sci.* 86: 1052-1073.
- Iraozqui, H.A. e Isla, M.A. 1996. ¿Porque una oleo química de base agrícola? *Aceites y Grasas* 23:156-166
- Johnson, R. R., Klosterman, E.W. y Scott H.W. 1962. Study on the feeding value of soybran flakes for ruminants. *J. Anim. Sci.* 21:406–411.
- Kakade, M.L.; Hoffa, D. y Liener I.E. 1973. Contribution of trypsin inhibitors to the deleterious effects of unheated soybeans feed to rats. *J. Nutr.* 103:1772-1778.
- Kawamura, S. 1967. Review of PL 480 work on soybean carbohydrates. Pag. 249-254. (Document ARS 71-35) in: *Proceedings of International Conference on soybean protein foods*. ARS. US. Dept. Agr. Peoria. Illinois. EE.UU.
- Liener, I. E. 1988. Antinutritional factors in legume seeds: state of the art. In *Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds*. Huisman, J., Van der Poel, A.F.B. y Liener, I. E. (Eds). Pudoc Wageningen, Netherlands: 6-11.
- Lin, Ch. y Kung, L. 1999. Heat treated soybeans and soybean meal in ruminant nutrition. *Technical Bulletin of American Soybean Association & United Soybean Board*
- Ludden, P. A. y Cecava, M. J. 1995. Supplemental protein sources for steers fed corn-based diets: I. Ruminal characteristics and intestinal amino acid. *J. Anim. Sci.* 73:1466-1475.
- Lyman, R. L. Lepkovsky S. 1957. The effect of raw soybean and trypsin inhibitor diets on pancreatic enzyme secretion in the rat. *J. Nutr.*, 62: 269-284.

- Maggio, A.G.; Berra, G. y Finster, L. 1996. La Proteína de la soja en la alimentación del ternero lactante. *Revista oleaginosos* 5 (15): 11-16.
- Mansfield, H.R. y Stern, M.D. 1994. Effects of soybean hulls and lignosulfonate-treated soybean meal, on ruminal fermentation in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 77 (4), 1070-1083.
- McCullough, R. L. y Brent, B. E. 1972. Digestibility of eight hybrid sorghum grains and three hybrid corns. *Kansas Agric. Exp. Sta. Prog. Rep. Bull.* 557: 27.
- Monari, S., Mateos, G. G., García, P. y Medel, P., 1996. Utilización de la soja integral en alimentación animal. 3rd ed. American Soybean Association. Brussels, Belgium. 44 pp.
- Murphy, P.A. 1985. Structural characteristics of soybean glycinin and β -conglycinin. In *World Soybean Research Conference III: Proceedings*, R. Shibles (Ed.), pp. 143-151. Westview Press, Boulder, CO.
- Nakamura, T. y Owen F.G. 1989. High amount of soyhulls for pelleted concentrate diets. *J. Dairy Sci.* 72:988-994.
- National Research Council. 1989 *Ruminant Nitrogen Usage*. Washington, DC.
- National Research Council. 1996. *Nutrient requirements of beef cattle*. 8th Ed. National Academic Press. Washington, USA.
- National Research Council. 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC, USA.
- Orf, J.H. Hymowitz, T. 1979. Inheritance of the absence of the Kunitz trypsin inhibitor in seed protein of soybeans. *Crop Sci.* 19:107-109.
- Osborne, T.B. y Mendel, L.B. 1917. The use of soybean as food. *J. Biol. Chem.* 32:369-387.
- Parsi J., Godio L., Miazzi R., Maffioli R., Echevarría A. y Provencal P. 2001. Valoración nutritiva de los alimentos y formulación de dietas. Publicado en Internet, disponible en:
http://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/16-valoracion_nutritiva_de_los_alimentos.pdf. Activo Dic. 2011.
- Perez Delgado, A. 1994. Beneficios del aceite de soja en la salud. *Soya noticias* 236: 10-12

- Perry, T.W. 1976. The feeding value of high-moisture grains for beef cattle. High Moisture Grains Symp. Oklahoma State Univ., Stillwater.
- Pordomingo, A.J. 2013. Feedlot Alimentación, diseño y manejo. Publicación técnica N° 95. Editorial INTA Anguil
- Pordomingo, A. J., Volpi Lagreca, G., Stefanazzi, I.N. y 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. y 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
- Quicke, G. V., Bentley O.G., Scott, H.W., Johnson, R.R. y Moxon, A.L. 1959. Digestibility of soybean hulls and flakes and the in vitro digestibility of the cellulose in various milling by-products. *J. Dairy Sci.* 42:185–186
- Qin, G., Ter Elst, E.R., Bosch, M.W. y 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. *Animal Feed Science Technology* 57: 313-324.
- Reddy, P.V., Morrill, J.L. y Nagaraja, T.G. 1994. Release of free fatty acids from raw or processed soybeans and subsequent effects on fiber digestibilities. *Journal of Dairy Science* 77: 3410-3416.
- Rooney, L. W. y Pflugfelder, R. L. 1986. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn, *J. Anim. Sci.* 63:1607-1609.
- Sarwar, M., Firkins, J.L. y Eastridge, M.L. 1991. Effect of replacing neutral detergent fiber of forage with soyhulls and corn gluten feed for dairy heifers. 1, 2 *Journal Dairy Science* 74 (3): 1006-1017.
- SAS Institute, 1999. SAS User's Guide: Statistics (Versión 6.06). SAS Inst., Inc., Cary, Nc.

- Santos, F.A.P., Santos J.E.P., Theurer C. B. y Huber J.T. 1998. Effects of rumen-undegradable protein on dairy cow performance: A 12-year literature review. *Dairy Sci.* 81:3182-3213.
- Serrano, X. y Villalbí, E. 1999. The extrusion-cooking process in piglet feeding. Nutritional implications. In Homatge al professor F. Puchal. Universidad Autónoma de Barcelona. Bellaterra, Barcelona: 188-197.
- Smith, S. B., y Crouse J.D. 1984. Relative contributions of acetate, lactate and glucose to lipogenesis in bovine intramuscular and subcutaneous adipose tissue. *J. Nutr.* 114:792-800.
- Stern, M.D., Varga, G.A., Clarck, J.H., Firkins, J.L., Huber, J.T. y Palmquist, D.L. 1994. Evaluation of chemical and physical properties of feeds that affect protein metabolism in the rumen. *Journal Dairy Science* 77: 2762-2786.
- Stock R. A., Brink, D. R., Britton R. A., Goedeken, F. K., Sindt, M.H. Kkreikemeier, K. K., Bauer, M. L. y Smith, K. K. 1987a. Feeding combinations of high moisture corn and dry-rolled grain sorghum to finishing steers. *J. Anim. Sci.* 65:290-302.
- Stock, R.A., Brink, D. R., Brandt, R.T., Merrill, J.K. y Smith, K.K. 1987b. Feeding combinations of high moisture corn and dry corn to finishing cattle. *J. Anim. Sci.* 65:282-289.
- Storebakken, T., Refstie S., y Ruyter B. 2000. Soy products as fat and protein sources in fish feeds. Páginas 127-170. *Soy in Animal Nutrition*. Drackley, J. K., ed. Fed. Anim. Sci. Soc., Savoy, Illinois, USA.
- Tice, E.M., Eastridge, M.L. y Firkins, J.L. 1993. Raw soybeans and roasted soybeans at different particle sizes. 1. Digestibility and utilization by lactating cows. *Journal Dairy Science* 76: 224-235
- Villalobos, G. C. 2000. Interrelación de suplementos proteicos y energéticos con la calidad del forraje de animales en pastoreo. En: Memoria de VIII Congreso Internacional de Nutrición Animal. Chihuahua, México.
- Waldroup, P.W., Ramsey, B.E., Hellwig, H.M. y Smith, N. K. 1985. Optimum processing for soybeans meal used in broiler diets. *Poultry Sci.* 64:2314-2320.

Weidner, S. J., y Grant R.J. 1994. Soy hulls as a replacement for forage fiber in diets for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 77:513–521.