

**Valoración nutricional del expeller de soja y la burlanda de maíz.  
Respuesta productiva tras su incorporación en dietas de novillos  
Hereford.**

*Tesis presentada para optar al título de Magister de la Universidad de Buenos Aires,  
Área Producción Animal.*

**Fernanda Mariángel, BERRUHET**  
Ingeniera Agrónoma - Universidad Nacional de Villa María - 2012

Lugar de trabajo: Bionutrir



Escuela para Graduados Ing. Agr. Alberto Soriano  
Facultad de Agronomía – Facultad de Ciencias Veterinarias  
Universidad de Buenos Aires

**COMITÉ CONSEJERO**

Director de Tesis

**Andrea Monserrat PASINATO**Ingeniera Agrónoma (Universidad Nacional de Rosario)  
Magister Scientiae (Universidad Nacional de Mar del Plata)

Co-director de Tesis

**Marisa WAWRZKIEWICZ**Ingeniera Agrónoma (Fac. Agronomía, Universidad de Buenos Aires)  
Doctora en Ciencias Agrarias (Escuela para Graduados Dr. Alberto Soriano, Fac. Agronomía,  
Universidad de Buenos Aires)**JURADO DE TESIS**

JURADO

**MARÍA CECILIA, CAJARVILLE SANZ**Doctor en Medicina y Tecnología Veterinaria (Universidad de la República-Facultad de  
Veterinaria, Uruguay)

Doctor (PhD) en Biología (Universidad de Lleida, España)

JURADO

**CLAUDIO A. POZO**

Ingeniero Zootecnista (Universidad Nacional de Formosa, Argentina)

Master en Nutrición Animal (Université Clermont-Auvergne, Francia)

Doctor en Zootecnia (Universidade Federal de Santa Maria, Brasil)

JURADO

**MARCELA F. MARTÍNEZ**

Bioquímica (Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca - Bs. As, Argentina)

Doctora en Agronomía (Departamento de Graduados, Universidad Nacional del Sur, Argentina)

Fecha de defensa de la tesis: 12 de NOVIEMBRE de 2021

## DEDICATORIA

A Dios por haberme dado la vida y porque esa vida es acompañada de personas maravillosas.

A mi mamá MONI y a mi papá NOLDO a quienes además de deberles la vida les debo mi ser espiritual, mis valores y todo lo que soy, sobre todo por enseñarme a perseverar y luchar ante cada objetivo. Este logro es de ustedes, por estar allí en cada paso, en cada partida, en cada distancia, en cada desánimo y en cada sonrisa. Mis logros son sus logros.

A mis hermanos YANI, GERY y FEDE que siempre estuvieron allí en las buenas y en las malas.

Y por último y no menos importante a mi razón de vida, mis hijos GIANFRANCO, VALENTINNO y RAFAELLA, quienes junto a su papá AMILCAR, hicieron y hacen mi vida más feliz día a día. También es tu logro MIKY por tanta distancia y tiempo alejados, porque nada de esto hubiera sido posible sin tu apoyo y aliento en todo momento.

Gracias a todos por confiar en mí más allá del tiempo y todo lo que la vida me regaló durante este hermoso camino de posgrado.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a mis directores de tesis, en especial a Andrea Pasinato por su predisposición durante la ejecución de los ensayos al igual que a Marisa Wawrzkievicz por ello y por su constante asesoramiento a lo largo de la redacción de este documento.

Al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) quien financió mi formación de postgrado y la ejecución de los experimentos llevados a cabo para la realización de este documento.

A todo el personal de campo del INTA EEA Concepción del Uruguay, en especial a Mariela Otín, por su constante ayuda durante el desarrollo de la etapa a campo y a Magalí Siviglia por su pasantía durante el ensayo.

A la empresa Porta SA por la provisión de la burlanda de maíz necesaria para el experimento a campo.

Al personal de Laboratorio de Análisis de Alimentos y Forrajes del INTA EEA Manfredi, especialmente a M. Alejandra Brunetti.

Al personal del Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Buenos Aires (FAUBA), en especial a Susana.

A todas las personas que directa e indirectamente se involucraron desinteresadamente en este trabajo.

**DECLARACIÓN**

*Declaro que el material incluido en esta tesis es, a mi mejor saber y entender, original producto de mi propio trabajo (salvo en la medida en que se identifique explícitamente las contribuciones de otros), y que este material no lo he presentado, en forma parcial o total, como una tesis en ésta u otra institución.*

**PUBLICACIONES DERIVADAS DE LA TESIS**

1. 39° Congreso Argentino de Producción Animal. 6-9 de noviembre de 2016, Córdoba, Córdoba. Presentación escrita y oral de la publicación “Respuesta productiva de novillos Hereford ante la inclusión de burlanda de maíz y expeller de soja en dietas base grano de maíz. Berruhet 1 \*, F.M, Pasinato 1, A.M., Wawrzkievicz, M. 2 , Siviglia M. 3. INTA EEA Concepción del Uruguay, Entre Ríos. 2 Fac. Agron. UBA, Buenos Aires. 3 Fac. Vet. UBA, Buenos Aires.
2. Berruhet F.1; Pasinato, A.1; Wawrzkievicz, M.2; Siviglia M. 2017. Respuesta productiva de novillos Hereford ante la inclusión de burlanda de maíz y expeller de soja en dietas base grano de maíz. Publicado en Producción bovinos para carne (2013-2017). Programa Nacional de Producción Animal. Alimentación de bovinos para carne. Pasinato, A; Grigioni, G y Alende, M. Ediciones INTA. Disponible en:  
[https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_produccion\\_bovinos\\_para\\_carne.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_produccion_bovinos_para_carne.pdf).

## ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1.....	1
1.1.    Introducción General.....	1
1.2.    Estado de la industria, oferta actual y futura.....	1
1.2.1.    Subproductos de la industria de la soja.....	1
1.2.2.    Subproductos de la industria de los biocombustibles.....	2
1.3.    Calidad nutricional del expeler de soja y la burlanda de maíz.....	3
1.3.1.    Calidad composicional.....	3
1.3.2.    Degradabilidad ruminal y digestibilidad intestinal.....	7
1.4.    Presentación del problema.....	9
CAPÍTULO 2.....	11
2.1.    Alimentación a corral con burlanda de maíz.....	11
2.2.    Alimentación a corral con expeller de soja.....	13
2.3.    Importancia del estudio.....	14
3.    HIPÓTESIS.....	15
4.    OBJETIVOS.....	16
4.1.    Objetivo general.....	16
4.2.    Objetivos específicos.....	16
5.    MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
5.1.    Experimento 1: Respuesta productiva de los animales.....	17
5.1.1.    Sitio experimental.....	17
5.1.2.    Animales y Diseño experimental.....	17
5.1.3.    Instalaciones y manejo sanitario.....	17
5.1.4.    Tratamientos.....	17
5.1.4.1.    Recría.....	19
5.1.4.2.    Terminación.....	19
5.1.5.    Estimación de parámetros productivos.....	20
5.1.5.1.    Determinaciones post faena.....	20
5.1.6.    Análisis estadístico.....	21
5.2.    Experimento 2: Evaluación de la calidad nutricional de los alimentos y dietas	22
5.2.1.    Sitio experimental.....	22
5.2.2.    Toma de muestras y determinaciones.....	22
5.2.3.    Degradabilidad <i>in situ</i> .....	23
5.2.4.    Incubación y desaparición de sustrato <i>in vitro</i> .....	25
5.2.5.    Digestibilidad <i>in vitro</i> .....	26
5.2.6.    Diseño experimental y análisis estadístico.....	27

6.	RESULTADOS .....	29
6.1.	Experimento 1: Respuesta productiva de los animales .....	29
6.1.1.	Recría .....	29
6.1.2.	Terminación .....	32
6.1.2.1.	Determinaciones post faena .....	32
6.2.	Experimento 2: Evaluación de la calidad nutricional de los alimentos puros y dietas .....	33
6.2.1.	Degradabilidad <i>in situ</i> .....	33
6.2.2.	Incubación y desaparición de sustrato <i>in vitro</i> para los alimentos puros y las dietas completas .....	35
6.2.2.1.	Producción de gas y desaparición <i>in vitro</i> de los alimentos puros ....	35
6.2.2.2.	Producción de gas y desaparición <i>in vitro</i> de las dietas completas ...	38
6.2.3.	Digestibilidad intestinal <i>in vitro</i> .....	43
7.	DISCUSIÓN .....	44
7.1.	Experimento 1: Respuesta productiva de los animales .....	44
7.2.	Experimento 2: Evaluación de la calidad nutricional de los alimentos puros y dietas .....	47
7.2.1.	Calidad composicional de los alimentos .....	47
7.2.2.	Degradabilidad ruminal del expeller de soja, la burlanda de maíz y sus mezclas .....	47
7.2.3.	Desaparición <i>in vitro</i> de los sustratos .....	50
7.2.4.	Digestibilidad intestinal <i>in vitro</i> del expeller de soja, la burlanda de maíz y sus mezclas .....	51
8.	CONCLUSIONES GENERALES .....	54
9.	BIBLIOGRAFÍA .....	55
10.	APÉNDICE .....	68



## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Calidad composicional de la burlanda de maíz y el expeller de soja en industrias de la Provincia de Córdoba y de la Provincia de Santa Fe, Argentina (Adaptado de Brunetti <i>et al.</i> , 2015a, Di Lorenzo, 2013 y Gaggiotti <i>et al.</i> , 2014). .....	4
Cuadro 2. Contenido de minerales de la burlanda de maíz y el expeller de soja en industrias de la Provincia de Córdoba y de la Provincia de Santa Fe, Argentina (Adaptado de Brunetti <i>et al.</i> , 2015a y Gaggiotti <i>et al.</i> , 2014). .....	5
Cuadro 3. Composición de aminoácidos (g/kg MS) de alimentos concentrados usados en la alimentación de bovinos (Adaptado de Mjoun <i>et al.</i> , 2010; Baker <i>et al.</i> , 2010; Cortamira <i>et al.</i> , 2010 y Stein <i>et al.</i> , 2011). .....	7
Cuadro 4. Composición química de los alimentos puros en g/kg de MS excepto que se indique lo contrario. ....	18
Cuadro 5. Proporción de expeller de soja y burlanda de maíz en cada uno de los tratamientos (como % del total de oferente proteico). .....	18
Cuadro 6. Participación porcentual de los alimentos de cada tratamiento durante la recría y terminación. ....	19
Cuadro 7. Calidad composicional de las muestras incubadas en rumen para cada tratamiento. ....	23
Cuadro 8. Parámetros nutricionales de las dietas de cada tratamiento durante la recría y terminación en g/kg MS excepto que se indique lo contrario. ....	29
Cuadro 9. Respuesta productiva de los animales de cada uno de los tratamientos durante la recría y terminación. ....	31
Cuadro 10. Determinaciones post-faena. ....	32
Cuadro 11. Parámetros de degradabilidad ruminal de la materia seca y de la proteína bruta de los concentrados proteicos suministrados durante el Experimento 1. ....	35
Cuadro 12. Parámetros de fermentación ruminal <i>in vitro</i> . ....	36
Cuadro 13. Desaparición <i>in vitro</i> de la materia seca materia orgánica y fibra detergente neutro, de los alimentos puros a las 24, 48 y 72 horas de incubación. ....	37
Cuadro 14. Comparación entre los valores de desaparición de la materia seca de los alimentos puros mediante las técnicas <i>in vitro</i> e <i>in situ</i> en g/kg/MS. ....	37
Cuadro 15. Parámetros a, b y c del modelo exponencial que describe la cinética de producción de gas <i>in vitro</i> (Ørskov y McDonald, 1979) y tiempo de retardo hasta el comienzo de esta (Lag, h). ....	40
Cuadro 16. Desaparición <i>in vitro</i> de la materia seca, materia orgánica y fibra detergente neutro a las 24, 48 y 72 horas de incubación durante recría y terminación. ....	42
Cuadro 17. Digestibilidad intestinal <i>in vitro</i> de la materia seca, la proteína bruta total y proteína no degradable en rumen del ES y BM y sus combinaciones en g/kg de MS, PB y PNDR, respectivamente. ....	43
Cuadro 18. Parámetros de desaparición ruminal de la materia seca (g/kg MS) y la proteína bruta (g/kg PB) de la BM en diferentes estudios <i>in situ</i> . ....	49

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1. Evolución del peso vivo animal durante la recría.....	30
Figura 2. Degradabilidad ruminal de la materia seca (g/kg MS) de los concentrados proteicos suministrados durante el Experimento 1 en cada tiempo de incubación.....	33
Figura 3. Degradabilidad ruminal de la proteína bruta (g/kg PB) de los concentrados proteicos suministrados durante el Experimento 1 en cada tiempo de incubación.....	34
Figura 4. Evolución de la producción de gas acumulada en el tiempo de los alimentos puros.....	36
Figura 5. Producción de gas (ml/g MS) a las 2, 12, 24, 48 y 72 h durante la incubación in vitro de las dietas de cada tratamiento durante la recría (Letras diferentes indican diferencias significativas $p < 0,01$ , en orden según orden de tratamiento).....	38
Figura 6. Producción de gas (ml/g MS) a las 2, 12, 24, 48 y 72 h durante la incubación in vitro de las dietas de cada tratamiento durante la terminación. ....	39

## ABREVIATURAS

A	Fracción soluble (FS)
AA	Aminoácidos
AOB	Área de ojo de bife
b	Fracción insoluble (FI), potencialmente degradable
BM	Burlanda de maíz
C	Tasa fraccional de digestión
CMO	Consumo de materia orgánica
CMS	Consumo de MS
CPB	Consumo de PB
CPB	Consumo de proteína bruta
CV	Coefficiente de variación
DA	Digestibilidad aparente
DE	Degradabilidad efectiva
DFDF	Desaparición de la fibra detergente neutro
DIVMS	Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca
DIVPB	Digestibilidad <i>in vitro</i> de la proteína bruta
DMO	Desaparición de la materia orgánica
DMS	Desaparición de la materia seca
DP	Degradabilidad potencial
DR	Degradabilidad ruminal
DRMS	Degradabilidad ruminal de la materia seca
DRPB	Degradabilidad ruminal de la proteína bruta
EE	Extracto etéreo
EEM	Error estándar de la media
EGD	Espesor de grasa dorsal
EM	Energía metabólica
ES	Expeller de soja
ESAP	Expeller de soja alto en proteína
ESBP	Expeller de soja bajo en proteína
FDA	Fibra detergente ácido
FDN	Fibra detergente neutro
FDND	Fibra detergente neutro desaparecida
GD	Granos de destilería
GDPV	Ganancia diaria de PV
GEI	Gases de efecto invernadero
GM	Grano de maíz
HS	Harina de soja
intestino delgado	Intestino delgado
K	Tasa de pasaje
L	Fase lag
LM	Longissimus dorsi
MF	Materia fresca

MH	Materia húmeda
Mo	Microorganismos
MO	Materia orgánica
MOD	Materia orgánica desaparecida
MS	Materia seca
MSD	Materia seca desaparecida
NIDA	Nitrógeno insoluble en detergente ácido
N	Nitrógeno total
PB	Proteína bruta
PBD	PB digestible
PDR	Proteína degradable en rumen
PG	Producción de gas
PGA	Producción de gas acumulada
PNDR	Proteína no degradable en rumen
PNDRD	PNDR digestible
PS	Poroto de soja
PV	Peso vivo
Rto. Gcho.	Rendimiento al gancho
Sig.	Significancia
SVM	Suplemento vitamínico mineral
T	Toneladas
TGI	Tracto gastro-intestinal
Tmax	Tasa máxima
TPBD	Total de PB digerida
TPG	Tasa de producción de gas
TTmax	Tiempo de tasa máxima

**RESUMEN**

(300 palabras + 5-10 palabras claves)

Se determinó el valor nutricional de la BM y el ES a través de un experimento in situ para determinar degradabilidad y digestibilidad de la MS y PB y PG in vitro y la respuesta productiva tras su inclusión, mediante un experimento a campo sobre 60 novillos Hereford distribuidos según diseño en bloques completos al azar en 5 tratamientos según dieta (isoproteicas e isoenergéticas) recibida. Las dietas tuvieron las siguientes proporciones de los concentrados proteicos ES (PB 415 g/kg MS) y BM (PB 301 g/kg MS): 100 % ES (ES), 75:25 (75ES:25BM), 50:50 (50ES:50BM), 25:75 (25ES:75BM) y 100% BM (BM). La DE de la MS resultó un 63 % inferior para BM respecto a ES, con un efecto lineal al aumentar la cantidad de BM en la mezcla, en tanto que la PNDR resultó 31 % superior en BM respecto a ES, no obstante resultó con menor digestibilidad intestinal (40% inferior) y TPBD (53%), por lo que el aprovechamiento de la proteína fue significativamente inferior en BM y los tratamientos que más BM incluyeron. Durante la terminación la DMS resultó un 13% inferior en BM respecto a ES pero en la recría no hubo diferencias. La PG de los concentrados proteicos no presentó diferencias.

En recría, los tratamientos ES y 50ES:50BM presentaron la mayor GDPV sin mejora en la EC por mayores CMS. En terminación, la GDPV fue mayor en los tratamientos que incluyeron BM respecto a ES. No se encontraron diferencias en el CMS, EC, AOB, EGD y RtoG.

Si bien el valor nutricional difirió, las respuestas productivas encontradas hacen viable el uso de ambos concentrados solos o combinados en dietas a base de grano de maíz en novillos Hereford, tanto en etapa de recría como en terminación logrando la misma eficiencia de producción.

Palabras Clave: Burlanda de maíz, Expeller de soja, Proteína no degradable, Novillos Hereford, Recría, Terminación.

## ABSTRACT

The nutritional value of BM and ES was determined through an in situ experiment to determine degradability and digestibility of DM and CP and PG in vitro and the productive response after their inclusion, through a field experiment on 60 Hereford steers distributed according to randomized complete block design in 5 treatments according to diet (isoprotein and isoenergetic) received. The diets had the following proportions of protein concentrates ES (PB 415 g / kg DM) and BM (PB 301 g / kg DM): 100% ES (ES), 75:25 (75ES: 25BM), 50:50 (50ES: 50BM), 25:75 (25ES: 75BM) and 100% BM (BM). The ED of the MS was 63% lower for BM compared to ES, with a linear effect by increasing the amount of BM in the mixture, while the PNDR was 31% higher in BM compared to ES, however it was with less intestinal digestibility (40% lower) and TPBD (53%), so that the use of protein was significantly lower in BM and the treatments that included more BM. During the termination, the DMS was 13% lower in BM compared to ES but in rearing there were no differences. The PG of the protein concentrates did not show differences.

In breeding, the ES and 50ES: 50BM treatments presented the highest GDPV without improvement in EC due to higher CMS. In fattening, GDPV was higher in the treatments that included BM with respect to ES. No differences were found in CMS, EC, AOB, EGD and RtoG.

Although the nutritional value differed, the productive responses found make viable the use of both concentrates alone or in combination in diets based on corn grain in Hereford steers, both in the rearing and finishing stages, achieving the same production efficiency.

Key Words: Dry distilled corn, Extruded soybean, Non-degradable protein, Hereford steers, Breeding, Fattening.



## **CAPÍTULO 1.**

### **Subproductos de la industria de la soja y el maíz como oferentes proteicos en dietas de rumiantes.**

#### **1.1. Introducción General**

La producción e industrialización de materias primas de origen agropecuario ocupa un rol central en la economía Argentina. Consiste en un entramado productivo que genera un importante volumen de residuos o subproductos derivados de su proceso de producción, con un elevado potencial para ser incorporados en la dieta de los rumiantes. Esto adquiere importancia si se considera el valor agregado que se le imprime a los subproductos al transformarlos en proteína animal de carne y/o leche, de destacada demanda a nivel nacional. La industrialización de la soja y el maíz se destacan por su volumen de procesamiento y generación de residuos alimenticios con estas características, por lo que es necesaria su evaluación al incorporarlos en las dietas de los animales.

#### **1.2. Estado de la industria, oferta actual y futura**

Argentina cuenta con un importante complejo industrial de procesamiento de materias primarias entre los que se destaca el complejo oleaginoso, en especial el de soja. Éste no solo ocupa un sector preponderante en las exportaciones agroalimentarias del país sino que además, es notoria su llegada al mercado local, sobre todo por la expansión de plantas de diversa capacidad de procesamiento en distintos puntos del país. Esto hace que los subproductos generados estén cada vez más accesibles para el productor ganadero y entre ellos, el expeller de soja (ES) representa un excelente recurso.

Por su parte, los biocombustibles han acrecentado su uso y difusión a nivel mundial y nacional dadas sus implicancias ambientales, económicas y sociales. Ambientales al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) respecto al uso de combustibles fósiles; económicas al posicionar al sector agropecuario como proveedor de energía, generando empleo, inversión y valor agregado y sociales al generar oportunidades para la agricultura familiar y regiones postergadas (SAGPyA, 2006). El avance en la producción de biocombustibles también ha generado una importante oferta de aquellos subproductos resultantes del proceso productivo que los origina tales como la burlanda de maíz (BM).

#### **Subproductos de la industria de la soja**

Durante la campaña 2014/2015, en Argentina, cerca del 85% de la soja producida tuvo un destino de exportación, ya sea como poroto de soja (11,5 millones –mill- de toneladas -t), harina (31,9 mill t), aceite (6,2 mill t) o biodiesel (1 mill t). Del total producido durante esta campaña (60,1 mill t), el 76% se destinó al procesamiento en la industria y se comercializaron 2,6 mill t de harina, pellets y expeller en el mercado interno, en especial, para alimentación animal (BCR, 2016). Estos valores se mantienen similares a la fecha con 74% del total de soja producido con destino a industrialización en 2020 (BCR, 2021). Argentina cuenta con grandes plantas de extracción de aceite por solventes que procesan aproximadamente el 73% del grano destinado a la industria y obtienen como principal subproducto la harina de soja (HS) cuyo destino mayormente es la exportación. No obstante, existen cerca de 400 plantas menores de extracción de aceite por extrusión que procesan el 2,5% del grano restante y generan como



subproducto el ES a razón de 696,3 mil t anuales (PRECOP, 2012). El sistema de extracción de aceite por prensado y extrusión ha sido el que más se ha difundido en las nuevas plantas instaladas en el país. Estas pequeñas plantas poseen una capacidad de procesamiento de 4,2 mill de t de soja (PRECOP, 2012). Se trata de pymes ubicadas en un 90% de los casos en las provincias de Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe. Sin embargo, su número se ha visto incrementado en diferentes regiones del país año a año. El ES se obtiene por extrusión del poroto de soja, proceso que consiste en aplicar alta presión (40 atm) al grano durante un corto tiempo (20-30 segundos), lo cual genera un aumento de la temperatura del grano (110 hasta 150°C) producto de la fricción que se produce. El proceso continúa con el prensado del material para obtener aceite por un lado y ES (77% del total procesado) por el otro (Fig. 1 ANEXO). Se genera así un subproducto con excelente valor nutricional, capaz de aportar alrededor de 39,2% de proteína bruta (PB) en base seca (Juan *et al.*, 2015). El ES, a diferencia de la HS, se destina principalmente al consumo interno y es lógico ya que en la Región Pampeana, la fuente proteica por excelencia para la mayoría de las explotaciones ganaderas la representan los subproductos de la industria aceitera (Gallardo, 2008).

### **Subproductos de la industria de los biocombustibles**

Los biocombustibles son una fuente renovable de energía y se originan de la biomasa, así denominada ya que proviene de seres vivos o sus desechos, luego de sufrir procesos biológicos característicos. La materia prima utilizada con este fin proviene principalmente de cultivos agrícolas como maíz (*Zea mays*), sorgo (*Sorghum bicolor*), remolacha azucarera (*Beta vulgaris L.*), caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y jatropha (*Jatropha Curcas L.*); de residuos de la agroindustria del girasol (*Helianthus annuus*), maní (*Arachis hypogaea*), soja (*Glycine max*), colza (*Brassica napus*), de residuos foresto-industriales como el aserrín y/o de desechos municipales (FAO, 2008a).

En 2019 la producción mundial de biocombustibles alcanzó los 163 millones de toneladas (t), siendo EEUU el principal productor (40% del total, IICA, 2020). Dentro de los subproductos que esta industria genera se encuentran los granos de destilería (GD) derivados principalmente del procesamiento de granos de cereales y caña de azúcar, para la obtención del bioetanol. Sólo en Estados Unidos, en el año 2020 se generaron 33,1 millones de t de alimento para el ganado a partir de estos subproductos, de los cuales el 91,5 % fueron GD, y para lo cual se utilizó el 3,2 % del total de granos producidos en el mundo. En dicho país, aproximadamente un tercio del maíz utilizado en la producción de bioetanol, regresa como alimento para el ganado (RFA, 2012) y en 2011 se destinó un 53,4 % a la alimentación de bovinos para carne, un 34,1% a rodeos lecheros, un 6,9 % a cerdos y un 5,6 % a aves de corral (RFA, 2012). En el caso de Argentina, a partir de la Ley 26.334 sancionada en diciembre de 2007, se incentivó la producción de etanol, estableciendo un corte obligatorio no menor al 5% en los combustibles fósiles a partir del 2010, similar a lo establecido para biodiesel en 2006. Este nivel de corte fue creciendo y pasó de 6,2 % en 2013 a 9 % en 2014. Iniciado el 2016, el gobierno nacional estableció un aumento en el corte de naftas con bioetanol que alcanzó el 12 %, valor que representa un fuerte incremento en la producción del biocombustible. Argentina es el tercer productor mundial de bioetanol casi toda su producción va destinada a cumplir con este valor de corte obligatorio para las naftas, en el año 2019 la producción de bioetanol alcanzó 1,1 millones de t (Secretaría de Energía, 2021). Cuando comenzaron a funcionar en la Argentina las plantas de bioetanol, el 100 % de la producción utilizaba caña de azúcar como materia prima, valor que fue disminuyendo al incorporarse cada vez más grano de maíz, llegando en la actualidad a

una proporción 60:40 a favor de éste último. Este contexto es altamente alentador para la oferta de los subproductos de esta industria que deben ser aprovechados por el sector ganadero para agregar aún más valor a la cadena.

Según el proceso productivo que los origine, los GD reciben diferentes denominaciones, y en Argentina se comercializa principalmente como BM. Este subproducto deriva de la industria del bioetanol y de diferentes industrias destiladoras que producen alcoholes. Existen básicamente dos procesos productivos para la molienda de los granos que puede ser seca o húmeda y según cual sea el proceso utilizado se generarán subproductos diferentes (Fig. 2 ANEXO). La BM, resulta de la molienda seca del maíz, luego de la cual se sacarifica el almidón contenido en el grano, se fermenta el producto y se lo destila. Durante este proceso se generan dos subproductos, la torta húmeda de maíz y el jarabe, que se combinan en diferentes proporciones para dar origen a la BM (Di Lorenzo, 2013). Se puede presentar con o sin la adición de dichos solubles o jarabes resultantes del proceso productivo y a su vez, comercializarse seca o húmeda.

Actualmente en Argentina, una importante planta de la provincia de Córdoba comenzó a comercializar, a partir de 2014, la BM. Se trata de la Asociación de Cooperativas Argentinas, a través de ACABIO. Esta planta cuenta con una capacidad de procesamiento de 380 a 400 mil t de maíz anuales (Di Lorenzo, 2013), mientras que la capacidad total del país es de 3.258,1 mil t (CAER, 2012), lo cual genera una importante disponibilidad de subproductos. Para el caso de la planta mencionada, a partir de 1100 t de maíz se generan 440 m<sup>3</sup> de bioetanol, 210 t de BM seca (90 % de materia seca, MS), 520 t de BM húmeda (35 % MS), 105 t de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y 9 t de aceite crudo de maíz (INTA, 2014). Teniendo en cuenta estos rendimientos y el aprovechamiento total de la capacidad instalada del país, Argentina contaría con 622.000 t de BM seca y 323.400 t de BM húmeda para su comercialización. Es decir, se presenta un panorama de alta oferta de un subproducto energético proteico con potencial para ser utilizado en alimentación animal, sobre todo en las dietas de vacunos a fin de complementar y/o reemplazar otras fuentes de proteína utilizadas comúnmente en su alimentación.

### **1.3. Calidad nutricional del expeler de soja y la burlanda de maíz**

El ES y la BM difieren en su composición química ya que proceden de especies vegetales diferentes a la vez que pertenecen a clases y familias taxonómicas distintas. Las leguminosas, en términos generales, presentan una mayor concentración proteica si se las compara con las gramíneas, no obstante, al tratarse de subproductos de dichas especies, sometidos a diferentes procesos productivos, los nutrientes y sus concentraciones pueden verse alterados, cambiando las diferencias existentes entre los granos originales.

#### **Calidad composicional**

La BM posee una mayor concentración de proteína bruta (PB), lípidos y fibra si se la compara con el grano que le da origen, resultado de todas las transformaciones que éste sufre durante el proceso productivo. Entre ellos, se concentra la PB e incluso se estima que aumenta la proteína no degradable en rumen (PNDR). No obstante, la calidad del subproducto obtenido presenta cierta variabilidad. Lo mismo ocurre con el ES ya que en Argentina se genera un producto altamente variable en calidad, debido a la falta de estandarización en el proceso productivo y de fijación de estándares de calidad para el mercado (Latimori *et al.*, 2013).

La composición nutricional de los GD también depende de diversos factores, entre los que se destacan el genotipo del grano, la eficiencia de fermentación del almidón, la cantidad y calidad de soluble adicionado, variaciones en el proceso productivo y del tiempo y temperatura empleados durante el secado (Kleinschmit *et al.*, 2007). No obstante, se ha reportado que el nivel de PB presenta muy poca variabilidad entre plantas. Buckner *et al.*, (2011) encontraron coeficientes de variación (CV) para la PB de 0,92 %, en tanto Shurson *et al.*, (2001) indicaron valores de 7,7 % para plantas productoras de etanol en Estados Unidos. No se han realizado estudios similares en Argentina que abarquen la mayoría de las plantas en funcionamiento en la actualidad. Sí se ha analizado la variabilidad en el tiempo en la calidad composicional del subproducto para una misma planta productora (Brunetti *et al.*, 2015a, Cuadro 1) por lo que es un campo donde se debería avanzar.

Los valores de PB de la BM están dados por la concentración del nitrógeno presente en el grano que los origina y por el nitrógeno presente en los solubles adicionados al subproducto para su comercialización, éste proviene principalmente de las levaduras utilizadas durante la fermentación del almidón y puede representar hasta el 50 % del nitrógeno presente en los GD (Belyea *et al.*, 2004). En el Cuadro 1 y 2 se muestran los valores de composición promedio de BM y ES obtenidos en plantas de Argentina. Para el primero, las muestras se obtuvieron de una planta de bioetanol de la provincia de Córdoba, Argentina, tras 11 meses de muestreos semanales del subproducto. En el caso del ES, se analizaron muestras de 18 plantas de extrusado localizadas en la provincia de Santa Fe, Argentina (Gaggiotti *et al.*, 2014).

Cuadro 1. Calidad composicional de la burlanda de maíz y el expeller de soja en industrias de la Provincia de Córdoba y de la Provincia de Santa Fe, Argentina (Adaptado de Brunetti *et al.*, 2015a, Di Lorenzo, 2013 y Gaggiotti *et al.*, 2014).

	MS		PB		EE		FDN		FDA		NIDA	
	g/kg MH				g/kg MS				g/kg N			
	BM	ES	BM	ES	BM	ES	BM	ES	BM	ES	BM	ES
Med	936,8	951,1	318,2	434,5	110,0	85,9	573,0	110,1	162,0	67,9	162,1	27,7
D.E	30,0	13,2	17,1	20,2	s.d	20,1	39,8	22,6	21,3	10,4	75,0	10,5
Min	876,0	913,1	283,9	314,9	s.d	44,4	468,4	54,9	117,8	34,7	47,1	07,7
Max	990,4	980,0	368,9	501,0	s.d	170,6	716,6	220,3	261,7	99,5	255,5	91,1

MH: Materia Húmeda; MS: Materia Seca; PB: Proteína Bruta; FDN: Fibra detergente neutro; FDA: Fibra detergente ácido; NIDA: Nitrógeno insoluble en detergente ácido; N: Nitrógeno total; BM: Burlanda de maíz; ES: Expeller de soja; Med: Media; D.E: Desvío estándar; Min: Mínimo; Max: Máximo; s.d: sin dato.

La BM analizada presentó niveles de PB de 320 g/kg MS (materia seca), con valores máximos de 360, en tanto que el ES llegó en algunos casos a 500 g PB/kg MS. Al respecto, Arroquy *et al.*, (2014) al analizar muestras de BM indicaron valores de PB que oscilaron entre 280 y 340 g/kg MS. Si bien es un rango inferior a los valores de PB aportados por el ES (310 a 500 g/kg MS), sigue siendo un interesante aporte de PB.

Es importante considerar la concentración de extracto etéreo (EE) tanto de la BM como del ES ya que reemplazarán parte del aporte energético original de la ración que habitualmente se cubre con granos de cereales, cuidando no sobrepasar los límites de EE recomendados en la ración. Por ejemplo, en dietas de recría base grano de maíz (GMz) en animales Hereford de 160 kg de PV y 0,850 kg/d de ganancia diaria de peso vivo (GDPV) en los que la concentración mínima de PB fuera de 145 g/kg MS, si cubrimos esa demanda con ES (0,850 g) el nivel de EE sería de 49 g/kg MS. Por su parte, para lograr mismo nivel de PB se necesita una adición mayor de BM (1,35 kg), con la consiguiente elevación del EE a 57 g/kg MS (NDS Professional, 2008), lo cual limita su nivel de inclusión.

La BM presenta valores de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y nitrógeno insoluble en detergente ácido (NIDA) mayores que aquellos informados para el ES. El NIDA es el nitrógeno del alimento asociado a componentes indigestibles para el rumiante como lo es la lignina, además de aquel ligado a carbohidratos como resultado de reacciones de Maillard y aquel ligado a taninos (Van Soest, 1994). En el caso de la BM, el mayor contenido de NIDA podría estar asociado a las reacciones de Maillard producto del calentamiento sufrido durante su procesamiento y secado. El ES presenta un valor de NIDA (27,7 g/kg N) por debajo de 150 g/kg N (nitrógeno total) que es el límite establecido para garantizar que no haya daño excesivo de la proteína del alimento, sin embargo, la BM se encuentra por encima de ese valor con 162,1 g/kg N. Esto podría condicionar la digestibilidad intestinal posterior.

El sodio y el potasio también son mayores en la BM (Cuadro 2), a la vez que aparece el azufre en su composición, que suele presentar concentraciones elevadas lo cual puede representar un problema nutricional importante. Este mineral resulta del uso de ácido sulfúrico durante el proceso productivo para obtención de bioetanol. La mayoría de los minerales presentes en la BM, provienen de los solubles adicionados al subproducto (Belyea *et. al.*, 2004).

Cuadro 2. Contenido de minerales de la burlanda de maíz y el expeller de soja en industrias de la Provincia de Córdoba y de la Provincia de Santa Fe, Argentina (Adaptado de Brunetti *et al.*, 2015a y Gaggiotti *et al.*, 2014).

	Cenizas (%)		Na (%)		K (%)		Ca (%)		Mg (%)		P (%)		S (%)	
	BM	ES	BM	ES	BM	ES	BM	ES	BM	ES	BM	ES	BM	ES
Med	2,70	6,6	0,29	0,08	0,36	0,24	0,01	0,28	0,11	0,32	0,32	0,57	0,59	s.d.
D.E	0,43	0,34	0,12	0,09	0,07	0,24	0,01	0,07	0,02	0,08	0,11	0,06	0,15	s.d.
Min	1,87	5,65	0,15	0,01	0,29	0,21	0,003	0,18	0,09	0,17	0,10	0,47	0,44	s.d.
Max	3,97	7,49	0,53	0,28	0,54	0,31	0,04	0,45	0,15	0,69	0,46	0,74	0,82	s.d.

Na: Sodio; K: Potasio; Ca: Calcio; Mg: Magnesio; P: Fósforo; S: Azufre; BM: Burlanda de maíz; ES: Expeller de soja; Med: Media; D.E: Desvío estándar; Min: Mínimo; Max: Máximo; s.d.: Sin dato.

Gaggiotti *et. al.*, (2014) indicaron que, si bien la variabilidad de la materia prima y las diferencias en el proceso de extracción del aceite imprimieron heterogeneidad al ES

obtenido, su calidad nutricional sería adecuada para la alimentación de rumiantes al igual que la calidad de la BM, aunque se sugieren análisis periódicos de las materias primas ante su inclusión (Brunetti *et. al.*, 2015a).

Di Lorenzo (2013a) reportó valores de 563 g/kg PB de PNDR en la BM, en tanto que el nivel de PNDR que aporta el ES depende principalmente de la temperatura de procesamiento del grano durante la extrusión. Brunetti *et. al.*, (2015b) encontraron que la temperatura de extrusión reduce linealmente la solubilidad y la degradabilidad ruminal (DR) de las proteínas del ES, siendo notable este efecto a partir de los 130°C. Esto favorecerá su aprovechamiento en el tracto posterior siempre y cuando no haya daño proteico por desnaturalización de las proteínas y/o reacciones de Maillard. En estas reacciones se forman uniones entre los grupos amino de los aminoácidos (aa) y los azúcares reductores, lo cual disminuye su biodisponibilidad en intestino delgado (Pham *et al.*, 2008). Si bien el tratamiento de la soja cruda con calor ha sido comúnmente utilizado para reducir la DR de la proteína del grano, se ha demostrado que no es el método óptimo para este fin (Merchen *et. al.*, 1997). La extrusión ofrece una alternativa a este procesamiento y contempla efectos sinérgicos entre temperatura y presión capaces de mejorar las características de digestión de la proteína de la soja para los rumiantes (Orias *et al.*, 2002) a la vez que desactivan los factores anti nutricionales que el grano posee originalmente. Además de la temperatura de procesamiento, una gran cantidad de factores afectan el grado y tasa de degradación de la PB en el rumen y de ellos dependerá el valor nutritivo que ésta tenga (Wallance *et al.*, 1997).

Además de variaciones en el contenido de MS, cenizas, FDN, FDA y PB, también se registraron variaciones en la cantidad y proporción de aminoácidos (AA) que aportan la BM (Cromwell *et. al.*, 1993) y el ES. Ambos subproductos presentan un perfil de AA diferente, sobre todo en el contenido de lisina, principal AA limitante en producción bovina (NRC, 1996) junto con la metionina y la histidina (Lobley, 1994). En el Cuadro 3 se puede observar que la BM presenta una menor cantidad de lisina respecto al ES (11 vs 25 g/kg MS). A nivel ruminal, a través del enfoque de eliminación aplicado en la fermentación ruminal, Atasoglu *et. al.*, (2003) sugieren que ningún AA por sí solo puede limitar la producción de proteína microbiana pero sí que hay grupos de AA claves que pueden limitar la velocidad de síntesis proteica de los microorganismos tales como la fenilalanina, leucina y serina. Ambos subproductos totalizan 62,6 (BM) y 62,2 (ES) g/kg MS (Cuadro 3) para estos tres AA, por lo que serían similares en este sentido.

En el Cuadro 3 se pueden observar los valores de AA para el GM, la BM y el ES y el poroto de soja. Dichos estudios fueron llevados a cabo con subproductos provenientes de plantas estadounidenses. Además se consignan los datos de ES alto en proteína (ESAP) y bajo en proteína (ESBP) obtenidos en Argentina por Cortamira *et. al.*, (2010). Sriperm *et. al.*, (2010) reportaron valores promedio similares para los AA esenciales tras analizar 340 muestras de GM. La concentración del total de AA de la BM respecto al GM es de 3,2 veces su valor original y si se la compara con el ES, posee el 80% de los AA que éste contiene, por lo que resulta interesante su aporte en AA esenciales y totales. Por su parte, se observa que el ES posee menor cantidad de AA tanto esenciales como no esenciales respecto al grano que le da origen (poroto de soja).

Se observa un bajo contenido de lisina en el GM y por ende en el subproducto. No obstante, si se compara el valor de lisina del GM versus el de la BM (2,67 vs. 10,7 g/Kg MS), se evidencia una concentración de éste AA tras el procesamiento del grano de cuatro veces su valor original. De los AA esenciales para el rumiante, la metionina y la leucina son superiores en la BM respecto al ES. Esto cobra importancia si se considera que la leucina, junto con la fenilalanina y la isoleucina son los AA que con mayor dificultad sintetizan los microorganismos ruminales por lo que se los considera

limitantes (Atasoglu *et al.*, 2004; Bach *et al.*, 2004), aunque ambos subproductos poseen similar concentración de éstos tres AA: 62,5 y 64,5 g/kg MS, BM y ES, respectivamente.

Cuadro 3. Composición de aminoácidos (g/kg MS) de alimentos concentrados usados en la alimentación de bovinos (Adaptado de Mjoun *et al.*, 2010; Baker *et al.*, 2010; Cortamira *et al.*, 2010 y Stein *et al.*, 2011).

	GM <sup>1</sup>	BM <sup>2</sup>	PS <sup>3</sup>	ES <sup>2</sup>	ESAP <sup>4</sup>	ESBP <sup>4</sup>
PB	8,9	30,8	36,8	37,3	44,2	42,3
<b>Aminoácidos esenciales</b>						
Arginina	4,3	14,6	28,1	26,6	30,4	32,3
Histidina	2,6	9,2	10,4	10,6	17,5	15,9
Isoleucina	3,1	12,4	19,3	17,9	20,0	20,2
Leucina	10,6	36,2	30,4	28,3	33,6	31,1
Lisina	2,7	10,7	26,0	25,0	28,5	28,1
Metionina	2,3	6,3	6,0	5,5	4,6	4,2
Fenilalanina	4,2	13,9	19,9	18,3	25,9	21,5
Treonina	2,9	11,6	14,5	13,8	15,7	13,6
Triptófano	1,0	s.d.	6,4	s.d.	5,8	5,1
Valina	4,2	16,3	20,3	18,7	19,2	18,1
Total	37,9	131,3	218,1	164,6	201,2	190,1
<b>Aminoácidos no esenciales</b>						
Alanina	6,4	21,3	17,3	15,9	s.d.	s.d.
Ácido aspártico	6,1	19,6	44,3	41,4	s.d.	s.d.
Cisteína	1,8	5,9	6,2	5,7	6,3	6,5
Ácido glutámico	16,4	40,2	68,8	60,4	s.d.	s.d.
Glicina	3,4	12,7	17,3	15,8	s.d.	s.d.
Prolina	4,2	26,6	19,3	18,9	s.d.	s.d.
Serina	4,2	12,5	16	15,6	s.d.	s.d.
Tirosina	3,0	s.d.	13,9	s.d.	17,4	14,8
Total	45,5	138,8	203,1	173,7	23,7	21,3
<b>Aminoácidos totales</b>	<b>83,4</b>	<b>270,1</b>	<b>421,2</b>	<b>338,0</b>	<b>211,4</b>	<b>224,9</b>

Referencias: PB: Proteína bruta; GM: grano de maíz; BM: Burlanda de maíz; ES: Expeler de soja; PS: Poroto de soja; ESAP: Expeler de soja alta proteína; ESBP: Expeler de soja baja proteína; s.d.: Sin dato.  
1. Stein *et al.* (2011); 2. Mjoun *et al.* (2010); 3. Baker *et al.* (2010); 4. Cortamira *et al.* (2010).

Los valores de PB y AA reportados en Argentina para el ESBP en todos los casos, excepto para metionina, treonina y valina, son mayores a los encontrados por Mjoun *et al.*, (2010) para el ES. El ESBP es el que más se acerca a dichos valores, no obstante, el total de AA esenciales es 22 y 16 % mayor para el ESAP y ESBP, respectivamente si se lo compara con el ES estadounidense.

### Degradabilidad ruminal y digestibilidad intestinal

Al igual que ocurre con la composición química, la DR y la digestibilidad intestinal de los subproductos dependen en gran medida del proceso mediante el cual se originan y en el caso de la BM, dependen además del grado de extracción del almidón, la adición de solubles al subproducto y si se presenta seca o húmeda. En el caso del ES, la extrusión mejora no solo el flujo de MS, PB y AA que llegan al intestino delgado sino que además resta factores anti nutricionales que posee el poroto de soja originalmente (Stern *et al.*, 1985) dependiendo en todos los casos del tiempo y temperatura de la

extrusión. Es importante establecer el nivel de digestibilidad de la PNDR ya que de ello dependerá la cantidad de AA disponibles para su absorción intestinal. Para bovinos destinados a producción de carne, NRC (1996) asume que la digestibilidad de la PNDR es de 80% a falta de estudios que aporten información, no obstante el NRC para leche (2001) ya incorpora un rango de entre 50 y 100% de digestibilidad dependiendo del alimento. Por otra parte, modelos como el NRC (2001) asumen que la composición de AA de la PNDR es la misma que la de la PB del alimento original y a su vez que la DE de los AA esenciales es la misma que la del alimento original. No obstante, existen estudios que han encontrado que la composición de AA de los subproductos de la soja pueden alterarse durante su paso por el rumen (González *et al.*, 2000 y Ceresnakova *et al.*, 2002). Los granos de destilería de maíz y el ES presentan, respecto al grano original, un incremento de la PNDR y por ende una menor DE (Nuez-Ortín y Yu, 2010) por lo que más nutrientes llegarían al intestino delgado y es necesario conocer cuánto de ellos podría ser aprovechado allí.

El aporte de AA y péptidos no suele ser limitante en las dietas del ganado bovino para carne (Russell *et al.*, 1992) ya que los microorganismos ruminales son capaces de aportar un perfil de AA apropiado para mantener producciones moderadas (Santos *et al.*, 1998). Sin embargo, en los sistemas intensivos de producción, la baja disponibilidad y digestibilidad de los AA dietarios puede limitar la productividad (Arroquy *et al.*, 2014) sobre todo cuándo se persiguen elevados niveles de producción. En estos casos el uso de una fuente de menor DR y por ende mayor nivel de PNDR ayudaría a cubrir los requerimientos de los animales (Paván y Santini, 2002). Además, es necesario evaluar los efectos de la fuente proteica en animales en crecimiento, de mayores exigencias en cuanto a la calidad de la proteína suministrada.

La eficiencia de uso de la proteína metabolizable depende en gran medida del perfil de AA absorbibles que aporte el subproducto ya que la deficiencia de uno de ellos puede limitar el uso de otros (Cole and Van Lunen, 1994). La lisina y la histidina son los AA más reactivos y por ende los más sensibles a sufrir daño por calor (Wessels y Titgemeyer, 2013), por lo que la temperatura de extrusión del ES y la de secado en la BM podrían afectar su biodisponibilidad a nivel intestinal y esto repercutir en la utilización de otros AA al mismo tiempo. Demjanec *et al.*, (1995) encontraron una reducción de digestibilidad intestinal de la lisina, arginina e histidina contenida en la proteína que escapó a la fermentación ruminal al analizar muestras de HS tratada con calor (165°C por tiempos entre 75 y 210 min).

La proteína del GM está constituida mayoritariamente por prolaminas y glutelinas, las cuales poseen un elevado peso molecular y se encuentran fuertemente unidas entre sí, por lo que su DR resulta más baja si se la compara con otros granos (Kleinschmit *et al.*, 2007) como el de soja. Li *et al.*, (2012) evaluaron la DR y digestibilidad intestinal de los AA de la BM seca con solubles y GD provenientes de otros granos versus el grano original. Compararon además distintos procesos de obtención de los subproductos y llegaron a la conclusión de que el proceso productivo afecta al contenido de nutrientes y perfil de AA de los GD y además que la DR de la MS (DRMS) y PB (DRPB) de los GD es menor a la del grano original (659 vs 551 g/kg MS para DRMS y 617 vs 472 g/kg PB para DRPB del GM y BM, respectivamente). Brunetti *et al.*, (2015a) establecieron una digestibilidad *in vitro* de la MS (DIVMS) de la BM de 636,1 g/kg MS en promedio, con un valor máximo de 697,3 y mínimo de 565 g/kg MS. En cuanto a calidad de la proteína que aporta, Di Lorenzo (2013) reportó una digestibilidad de la PNDR de la BM de entre 911 y 954 g/kg PB en el total del tracto digestivo, significativamente superior al valor de 800 g/kg PB establecido por NRC (2001).

Para el ES, Nowak *et al.*, (2005) establecieron valores promedio de DR de 526 g/kg MS cuando fue tratado a 145, 155 y 165 °C, sin diferenciarse significativamente. No obstante, la mayor temperatura redujo la DRPB a 440 g/kg PB, en tanto que para 145 y 155°C no hubo diferencias (505 g/kg PB en promedio). En todos los casos, la extrusión disminuyó significativamente la DRMS y DRPB respecto al poroto de soja crudo que presentó 736 g/kg MS de DRMS y 831 g/kg PB de DRPB. La digestibilidad intestinal promedio para las tres temperaturas de extrusión fue de 914 g/kg PB para la PNDR y de 958 g/kg PB total, sin diferencias con el poroto crudo. Esto implica que se mejoran las condiciones de DR tanto de la MS como de la PB del subproducto, sin desmejorar significativamente la digestibilidad intestinal. Resultados similares fueron encontrados previamente por Orias *et al.*, (2002), quienes encontraron que al extrusar la soja a 160 °C aumentó la desaparición de AA en el intestino delgado respecto a la soja cruda o extrusada a 116°C, sin daños por calor evidente en los AA. Además establecieron que temperaturas de 116 y 138 °C no fueron suficientes para proteger a la PB de la DR y maximizar su uso post ruminal, datos que además concuerdan con los publicados por Ko *et al.*, (1992).

Las variaciones en la DR y digestibilidad de la fracción proteica que alcanza el intestino delgado de cada fuente proteica utilizada definirá la cantidad de nutrientes que arriben y se aprovechen en el intestino delgado y de ello dependerán, a su vez, las respuestas productivas que se logren.

#### 1.4. Presentación del problema

La HS y el ES son los concentrados proteicos usados comúnmente en las dietas del ganado de carne en Argentina, de ellos, el de mayor uso es la HS que representa el 62% de los recursos proteicos usados para la alimentación de animales domésticos (Cortamira *et al.*, 2010). Sin embargo, factores como el elevado costo de este concentrado y la gran variabilidad en la calidad del ES, vuelven promisorio encontrar fuentes proteicas alternativas.

La respuesta productiva que logre un rumiante dependerá, entre otras cosas, del ajuste correcto de la dieta a fin de maximizar la producción de proteína microbiana a partir del adecuado suministro de proteína degradable en rumen (PDR) y del nivel de proteína pasante que arribe al intestino delgado (Bowman y Sanson, 1996). Un ajuste correcto en el aporte de PDR y en la PNDR, permitirá no solo suplir de AA al intestino delgado sino que evitará pérdidas excesivas de nitrógeno al ambiente. No obstante, en los sistemas de producción de bovinos para carne, la proteína metabolizable que aporta la dieta suele no ser suficiente para cubrir las demandas proteicas del rumiante, en especial cuando se desean alcanzar elevados niveles de producción que exigen una elevada performance animal (Arroquy *et al.*, 2014; NRC, 1996). Esta problemática cobra relevancia ante la prohibición del uso de subproductos de origen animal que eran capaces de cubrir dichas necesidades a nivel intestinal.

El suministro de PNDR es característico de cada alimento ya que su DR está condicionada por el tipo de proteína que contiene, su estructura y el proceso industrial aplicado (Bach *et al.*, 2005). Los cambios en la DR de los alimentos generan variaciones en la cantidad y calidad de PB que dichos concentrados aportan al animal. Este es un parámetro muy importante a determinar ya que no puede asumirse como constante y de ello dependerá la cantidad de AA que arriben al intestino delgado (Woods *et al.*, 2003a, b y c). Por otra parte, una menor DR de la PB permite maximizar la eficiencia de liberación de AA desde el rumen y así se favorece su incorporación por parte de los microorganismos a medida que es degradada la proteína (Atasoglu y Wallace, 2003).



Con la aplicación de calor, es de esperar que el ES vea modificada la degradabilidad de la PB respecto al grano de soja sin tratar o a la HS, lo cual aumenta su aporte de PNDR (Aldrich *et. al.*, 1995; Orias *et. al.*, 2002). Algo similar ocurriría con la BM, aunque la degradabilidad de la PB que aporta estará sujeta a la calidad que la eficiencia del proceso productivo le imprima al subproducto, por lo que es preciso determinarla.

Los GD representan una buena opción para resolver la problemática dado su aporte de PDR (gluten feed) y PNDR (BM y/o gluten meal) y su creciente oferta en el mercado. En Argentina, el uso de BM como recurso alimenticio ha tenido un crecimiento vertiginoso en los últimos años, sobre todo en un radio cercano a las plantas productoras de bioetanol. Aquellos países con mayor trayectoria en el uso de estos subproductos lo incorporan en las dietas de rumiantes como fuente de proteína y energía en reemplazo de cierta proporción del concentrado habitual (Schingoethe *et. al.*, 2007; Liu *et. al.*, 2000; Anderson *et. al.*, 2006). Además lo utilizan como suplemento de dietas a base de forraje voluminoso principalmente teniendo en cuenta que el aporte de fibra efectiva de los GD no es bueno.

Aún no se ha evaluado localmente el comportamiento nutricional de la BM al incluirla en dietas de bovinos para carne en crecimiento y terminación, en comparación con otras fuentes proteicas utilizadas comúnmente como lo es el ES, sobre el cual podría representar una alternativa nutricional y económicamente viable. Su alto nivel de PB y PNDR convierte a la BM en un interesante recurso para ser incorporado en la alimentación de rumiantes, sobre todo si se considera que podría usarse en reemplazo o combinada con otros recursos proteicos de mayor costo en la dieta y que a su vez aportaría energía. En el país, las recomendaciones de uso de BM en ganado bovino para carne se basan en estudios extranjeros que, si bien son aplicables bajo ciertas condiciones, no se ajustan a la realidad local, y no atienden a las variaciones que el proceso productivo nacional le imprime al subproducto generado.

Resulta interesante entonces evaluar distintas fuentes de proteínas como la BM, que brinden una alternativa al uso de ES y que, en reemplazo total o parcial de éste, sean capaces de mantener o incluso mejorar la respuesta animal y características de la carcasa. A su vez, asociar estas variaciones en respuesta animal, a cambios en la DR y digestibilidad intestinal de la PB que suministran.

El presente estudio busca dar respuesta al siguiente interrogante: ¿Cuál es el valor nutricional de la BM en comparación con el ES (medido en términos de respuesta animal y de calidad de la proteína que aportan), al incluirlos en la alimentación de bovinos para carne durante la etapa de recría y terminación o engorde?

## CAPÍTULO 2.

### **La burlanda de maíz y el expeller de soja como concentrados proteicos en la alimentación de bovinos para carne.**

En el país los GD se utilizan en alimentación de bovinos tanto en pastoreo como a corral, en feedlots y sistemas lecheros. Sin embargo, son escasos los estudios nacionales de rigor científico que evalúen su inclusión en dietas de bovinos para carne alimentados a corral. A su vez, el país cuenta con una importante oferta de subproductos de la industria aceitera de soja, que se incluyen comúnmente en las dietas del ganado. No obstante, son productos cuyo uso debe estar estrictamente controlado a fin de no incurrir en costos extras en alimentación (Gallardo, 2014).

Si bien existen estudios extranjeros que evalúan la calidad de los GD como oferentes proteicos, varios han sido realizados con GD derivados del grano de trigo, evaluándose performance o calidad de la carne de bovinos (Beliveau y Mackinon, 2008; Li *et al.*, 2011). Aquellos trabajos que evaluaron la inclusión de GD derivados del maíz en las dietas de bovinos para carne, contrastaron su comportamiento en dietas base granos de cebada (Eun *et al.*, 2009) o lo compararon con el uso de burlanda de sorgo (Gill *et al.*, 2008), sin encontrarse trabajos que lo comparen con el ES. A su vez, resulta promisorio su evaluación dado que la fuente de proteína incluida en la dieta de bovinos para carne puede tener un impacto diferencial según se trate de una u otra fuente de proteína y a su vez si se trata de alimentar animales durante la etapa de recría o terminación. En este sentido, Pordomingo *et al.*, (2014a y 2014b) trabajaron con terneros Aberdeen Angus en recría y terminación utilizando diferentes concentrados proteicos (urea, HS, HS + harina de girasol o harina de girasol) en dietas isoproteicas e isoenergéticas. No encontraron diferencias significativas en la respuesta productiva (GDPV, consumo de materia seca (CMS) y eficiencia de conversión alimenticia (EC)) al incluir diferentes fuentes proteicas durante la terminación de los novillos (Pordomingo *et al.*, 2014b) pero sí durante la recría de los animales en favor de la HS (Pordomingo *et al.*, 2014a). Esto indica que la fuente de PB de la dieta es determinante si se trata de animales en crecimiento.

#### **2.1. Alimentación a corral con burlanda de maíz**

Durante la etapa de recría, los animales tienen una alta capacidad de depositar grasa intramuscular y lograr una elevada EC (Pordomingo, 2013). No obstante, un exceso de energía en la dieta puede generar una excesiva deposición de grasa subcutánea lo cual afecta el peso de la carcasa a faena (Schoonmker *et al.*, 2001 y 2002) además de generar problemas reproductivos en las hembras de reposición. Durante esta etapa, las demandas de proteína en cantidad y calidad se incrementan y tanto el ES como la BM, al ser excelentes recursos energético-proteicos podrían ser incluidos en las dietas.

Vasconcelos *et al.*, (2009) encontraron una menor deposición de grasa en novillos cruce durante la etapa de recría al ser alimentados con dietas bajas en almidón (0, 30 y 60% de BM en la MS total). Schoonmaker *et al.*, (2013) no encontraron efectos adversos en el crecimiento, la respuesta productiva ni en la deposición de grasa intramuscular con hasta un 60% de inclusión, no obstante, a este nivel se disminuyó la grasa subcutánea a faena. Walter *et al.*, (2010), encontraron este punto de quiebre en un 40 % y concluyeron que hasta este nivel de inclusión de BM o de burlanda de trigo en dietas base grano de cebada, se mejora la respuesta productiva de novillos sin desmejorar la calidad de la carne y la producción de la carcasa.

Las respuestas productivas positivas tras la inclusión de BM tanto en la etapa de recría como en la de terminación de los animales fueron atribuidas a mejoras en el pH ruminal y digestión de la FDN en un estudio extranjero (Eun *et al.*, 2009). Sin embargo, niveles de 25 % de BM en dietas de vaquillonas, disminuyeron la digestibilidad aparente (DA, kg/d) de la materia orgánica y el almidón, respecto a no incorporarla. No obstante, no se afectó la digestibilidad de los nutrientes, la respuesta productiva ni la calidad de la carne (Uwituze *et al.*, 2010). Si bien el CMS no se vio afectado en el estudio de performance productiva, en el estudio metabólico sí se encontraron diferencias en esta variable, siendo el CMS (kg/d), el consumo de MO y de almidón mayores al incorporar BM, por lo que explicaría la menor DA en esos tratamientos.

Segers *et al.*, (2013) probaron la inclusión de diferentes fuentes proteicas en bovinos Angus en crecimiento (ambos sexos) en el que evaluaron la respuesta productiva ante la inclusión de BM, gluten feed o harina de soja + espiga de maíz picada en dietas base silaje de maíz (75 % de la MS de la dieta). Encontraron un GDPV y una EC significativamente superior para el tratamiento con BM a la vez que resultó más conveniente desde el punto de vista económico, en términos de costo por kilogramo de PV ganado. En cuanto a parámetros de la carcasa, no encontraron diferencias y concluyeron que sobre dietas base silajes sería factible una inclusión de BM de hasta un 25 % de la MS de la dieta. No obstante, en un meta-análisis que incluyó 21 experimentos, Reinhardt *et al.*, (2007) encontraron que la grasa intramuscular decrece cuándo el nivel de inclusión de BM en la dieta de recría supera el 23 %.

En un estudio similar, Felix *et al.*, (2011) utilizaron 144 novillos cruza Angus para determinar el efecto de la fuente y nivel de energía de la dieta durante la etapa de recría, sobre la performance en terminación y marmoleo de la carne. Encontraron que los animales alimentados con BM para ganar 0,9 kg/d durante la recría tuvieron menor grasa de marmoleo que aquellos alimentados con maíz para lograr la misma ganancia diaria. El resultado fue inverso cuando las ganancias se ajustaron a 1,4 kg/d. Los autores concluyeron que la BM es un excelente recurso para ser incorporado en las dietas de recría.

Durante la etapa de terminación o engorde de los animales para faena el objetivo principal es maximizar la captura de energía retenida en los tejidos y lograr el engrasamiento adecuado a las demandas de comercialización. Diversos autores han señalado que la inclusión de GD por encima de un 50 % de la MS de la dieta de terminación de bovinos, afecta la respuesta productiva de los animales e inhibe la deposición de grasa de marmoleo posiblemente debido al incremento excesivo de la PB, el EE y S de la dieta (Deppenbusch *et al.*, 2008; Leupp *et al.*, 2009; Uwituze *et al.*, 2011). A pesar de ello, Reinhardt *et al.*, (2007) establecieron un nivel de 33 % como límite de inclusión en terminación, sobre el cual se afectaría la calidad de la carcasa. En concordancia, May *et al.*, (2010) al incluir un 25 % de BM en dietas base maíz rolado al vapor para la terminación de vaquillonas, no encontraron efectos sobre el CMS, GDPV y EC, como así tampoco sobre el rendimiento y calidad de la carcasa. Similares resultados encontraron Wood *et al.*, (2011) al analizar el efecto de la inclusión de BM en dietas de recría base silaje de maíz y en dietas de terminación base GM sobre bovinos cruza Angus x Charolais.

Eun *et al.*, (2009) establecieron que a partir de 17,5 % y 18,3 % de inclusión de BM en dietas de recría y terminación respectivamente, se comenzaba a afectar la EC. Estos datos concuerdan con un meta-análisis realizado por Klopfenstein *et al.*, (2008) en el que el rango de inclusión óptimo para EC iba de 10 - 20% con una respuesta cúbica a medida que aumentaba la inclusión de BM, en tanto que para el GDPV fue de 20 - 30 %, el cual presentó un comportamiento cuadrático al respecto. Por su parte, Arroquy *et*

*al.*, (2014) al analizar 54 publicaciones científicas que probaron el uso de GD, encontraron una respuesta cuadrática del GDPV y la EC ante la inclusión de GD, con límites de 30 y 40 % respectivamente.

Respecto a parámetros de calidad de la carne, Gill *et al.*, (2008), no encontraron diferencias y establecieron que ni los GD del maíz ni los de trigo afectaron a los parámetros sensoriales y calidad de la carne resultante respecto del control sin inclusión de GD en la dieta.

En Argentina, Hernández *et al.*, (2014) suplementaron novillos ( $383 \pm 100$  kg PV) con BM en dietas cuyo único componente fue heno de Gatton Panic y encontraron que a un nivel de 0,6 y 1,2 % del PV de suplementación se incrementó el consumo de MO y la digestibilidad de ésta respecto al control sin suplementación.

Las respuestas encontradas al incluir BM en las dietas de los animales en terminación son variables, sobre todo en lo que respecta a engrasamiento y rendimiento de la res, mientras algunos autores no encontraron cambios al incluir BM (Vander Pol *et al.*, 2004; Meyer *et al.*, 2010) otros encontraron efectos positivos y negativos al hacerlo. Gibb *et al.*, (2008), observaron un menor espesor de grasa dorsal (EGD) al aumentar el nivel de BM a 60 % sin que se vea afectado el rendimiento al gancho, en tanto Koger *et al.*, (2010) hallaron un aumento en el EGD de novillos alimentados con 20 y 40% de BM seca o húmeda en dietas base maíz partido y HS, sin que ello afecte la grasa de marmoreo. Benson *et al.*, (2005) y Walter *et al.*, (2010) encontraron un aumento del 26 y 35% respectivamente, en el rendimiento al gancho de novillos al incluir BM en una dieta de terminación base cebada, en tanto que Eun *et al.*, (2009) encontraron cierta tendencia a aumentar la grasa de marmoreo y disminuir el área de ojo de bife (AOB) en novillos británicos cruza al incluir BM.

Estas variaciones en la respuesta durante la terminación de los animales se deben a que en cada caso cambia la dieta base y la composición del GD utilizado, además de su nivel de inclusión en la dieta. En ninguno de los casos la dieta utilizada fue similar a la propuesta en este trabajo.

## **2.2. Alimentación a corral con expeller de soja**

Beierbach *et al.*, (2014) evaluaron la respuesta animal y el rendimiento de la carcasa de novillos Angus de  $300 \pm 20$  kg de PV inicial al incorporar ES o HS, con y sin corrección del nivel de aceite en dietas con alto contenido de GM. Se probaron tres niveles proteicos en la dieta (9, 12 y 15 %) con cada uno de los concentrados. No se detectó interacción entre los dos factores analizados (tipo de oferente y nivel de PB) y no hubo diferencias significativas entre los distintos niveles de PB en la dieta en cuanto a respuesta animal, grado de terminación, rendimiento de la res y EGD. No obstante, al analizar los promedios de las medias para cada tipo de procesamiento, se encontraron diferencias significativas en el GDPV (1224 vs 1288 g/d) y la EC (8,7 y 8,3) en favor de la HS, aunque en la práctica no serían de relevancia. Los autores destacaron la importancia económica y ambiental que reviste el logro de respuestas productivas estadísticamente iguales al utilizar 9 % de PB en la dieta vs 12 ó 15 %. No obstante, señalan el tipo de animal utilizado de bajos requerimientos proteicos en su terminación, siendo importante su prueba en animales en crecimiento, de mayores exigencias de proteína en cantidad y de calidad.

Latimori *et al.*, (2013) en un estudio similar, compararon la respuesta productiva en novillos ( $213 \pm 22,9$  kg) durante su engorde a corral tras la incorporación de HS, ES o HS más aceite de soja a una ración a base de GM entero. Encontraron que, si bien el ES generó un GDPV significativamente superior al de la HS (1,56 vs 1,40 kg/d), esto no repercutió en la EC que no presentó diferencias estadísticas y fue de 5,7 kg/kg promedio

para los tres tratamientos. En novillos para carne ( $450 \pm 5,1$  kg PV) durante su engorde en dietas base silaje de maíz y de gramíneas, McNiven *et al.*, (2004) evaluaron el efecto de la inclusión en la dieta de poroto de soja con diferentes procesamientos (soja cruda, ES, soja tostada o HS) sobre la calidad de la carne obtenida. No encontraron diferencias en la respuesta productiva entre tratamientos y la carne procedente de los animales alimentados con ES presentó una mayor cantidad de ácido linoleico conjugado. En ninguno de los casos se contrastó el comportamiento productivo de animales alimentados con BM y/o ES en dietas base GM.

### **2.3. Importancia del estudio.**

La BM y el ES son concentrados nutricionales de disponibilidad creciente para el productor argentino. Se trata de recursos energético-proteicos (BM) y proteicos (ES) con marcada versatilidad para ser incorporados en diferentes planteos ganaderos. Poseen alto potencial para ser incorporados en dietas de bovinos para carne en todas las etapas de su vida, ya sea solos o combinados. La bibliografía internacional consignada utilizando uno u otro de estos subproductos da cuenta de ello, aunque no existen estudios que permitan establecer cuál es la mejor opción en dietas base GM entero. Por ello, resulta promisorio avanzar con estudios que evalúen el efecto sobre la respuesta productiva de la incorporación de la BM en dietas de bovinos para carne combinada o no con ES, que se complementen a su vez con análisis exhaustivos del valor nutritivo (Calidad composicional, digestibilidad y CMS) de los subproductos ofrecidos por las plantas nacionales de producción de biocombustibles y aceite de soja.

### **3. HIPÓTESIS**

La BM y el ES diferirán en su DR y digestibilidad intestinal por lo que aportarían diferentes cantidades de proteína a nivel intestinal y metabólico. Esto se traducirá en una respuesta animal diferente, a favor del ES en animales en recría. No ocurrirá lo mismo en animales en terminación, en los cuales no se esperan diferencias en los parámetros productivos ante la incorporación de uno u otro concentrado ya que poseen una menor exigencia en cuanto a cantidad y calidad proteica del alimento suministrado.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. Objetivo general**

Determinar el valor nutritivo y aprovechamiento digestivo del ES y la BM puros o combinados y su impacto en la respuesta productiva y consumo de materia seca de bovinos para carne Hereford alimentados a base de GM entero durante las etapas de recría y terminación.

### **4.2. Objetivos específicos**

- a.** Determinar el aumento medio diario (GDPV), consumo de materia seca (CMS), eficiencia de conversión (EC), área de ojo de bife (AOB), espesor de grasa dorsal (EGD) y rendimiento al gancho (RtoG) de machos Hereford alimentados con diferentes proporciones de BM y ES como oferente proteico en dietas base GM.
- b.** Determinar la degradabilidad ruminal y digestibilidad intestinal de la MS y PB de la BM y el ES puros y de cada una de las combinaciones que determinaron los tratamientos de respuesta productiva.

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo a través de dos experimentos independientes en el tiempo, uno de respuesta productiva ante la incorporación de BM y ES solos o combinados en dietas base GM de novillos para carne y otro en el cual se analizó la calidad nutricional de dichos concentrados en estado puro y en combinaciones según los tratamientos/dietas del Experimento 1.

### 5.1. Experimento 1: Respuesta productiva de los animales

Se evaluó la respuesta productiva en bovinos Hereford alimentados a corral, ante la inclusión en la dieta de BM y/o ES como fuente proteica, solos o combinados en dietas base grano de maíz entero.

#### - Sitio experimental

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) de la ciudad de Concepción del Uruguay, Entre Ríos, Argentina (32°29'40.8"S 58°20'55.1"O).

#### - Animales y Diseño experimental

Se utilizaron 60 terneros Hereford, castrados, que se destetaron a los tres meses de edad ( $86 \pm 3,1$  días) con  $84 \pm 2,1$  kg PV para evaluar la respuesta productiva durante la recría y terminación. Luego del destete y hasta el inicio del experimento los animales recibieron una alimentación a base de iniciador comercial, heno de alfalfa y GM, según manejo habitual de la EEA. Se utilizó un diseño en bloques completamente aleatorizado, usando como factor de bloqueo el PV inicial de los terneros. De esta manera quedaron definidos cinco grupos de 12 animales cada uno, agrupados de a cuatro en un corral a fin de lograr tres repeticiones en cada tratamiento. La unidad experimental quedó definida por el corral.

Previo a suministrar las dietas de cada tratamiento, los animales recibieron una dieta de acostumbramiento conteniendo los mismos ingredientes que se les suministrarían posteriormente, más 500 g MF/animal de heno de pastura en la base del comedero.

Los protocolos y procedimientos fueron validados por el Comité Institucional de Cuidado y Uso de Animales de Experimentación (CICUAL), Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad de Buenos Aires.

#### - Instalaciones y manejo sanitario

Se utilizaron quince corrales de  $60 \text{ m}^2$  cada uno, con techo de zinc en la zona de comederos y bebederos, otorgando una sombra de  $10 \text{ m}^2$  aproximadamente. Cada corral albergo a cuatro animales para lograr las tres repeticiones por tratamiento. El frente de comedero y bebedero fue de  $0,5 \text{ m}$ /animal para evitar la excesiva competencia entre los individuos. El agua de bebida cumplió con los estándares mínimos de calidad microbiológica y físico química establecidos para la categoría bovina utilizada. La sanidad estuvo bajo supervisión de profesionales veterinarios y se aplicó un plan sanitario a fin de cumplir con la legislación vigente que a su vez se adecuó a las exigencias zonales. Previo al inicio del ensayo todos los animales fueron desparasitados.

#### - Tratamientos

Para establecer la dieta de cada uno de los tratamientos, en primera instancia se realizó un análisis composicional de los alimentos puros (Cuadro 4), a fin de balancearlas



correctamente según el objetivo nutricional. Se realizaron dos análisis de PB en la BM y en el ES a fin de evitar errores de balance ante una nueva partida de alimento. No se encontraron variaciones importantes en la composición de una partida y otra para los insumos (CV de 1,8 y 2,4 % para ES y BM, respectivamente). La EM de los insumos fue calculada como el producto entre la DIVMS y el factor 3,6. Durante la etapa de recría se restringió el CMS a fin de evitar el engrasamiento anticipado de los animales.

Cuadro 4. Composición química de los alimentos puros en g/kg de MS excepto que se indique lo contrario.

Nutriente	Alimentos		
	GM	ES	BM
MS (g/kg MH)	890	900	880
PB	77	415	301
DIVMS	916	878	732
FDN	133	225	613
NIDA (g/kg NT)	30	22	155
EM (Mcal/KgMS)	3,3	3,2	2,6

GM: Grano de maíz, ES: Expeller de soja, BM: Burlanda de maíz, MS: Materia seca, PB: Proteína bruta, DIVMS: Digestibilidad *in vitro* de la MS, FDN: Fibra detergente neutro, NIDA/NT: Nitrógeno insoluble en detergente ácido/ Nitrógeno total.

Los animales fueron alimentados con una dieta base GM entero más un suplemento proteico compuesto por BM y/o ES. Las proporciones de ES y BM que definieron los tratamientos se detallan en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Proporción de expeller de soja y burlanda de maíz en cada uno de los tratamientos (como % del total de oferente proteico).

Tratamiento	ES	BM
ES	100	0
75ES:25BM	75	25
50ES:50BM	50	50
25ES:75BM	25	75
BM	0	100

ES: Expeller de soja, BM: Burlanda de maíz.

Por su parte en el Cuadro 6 se describen las dietas completas recibidas por los animales.

Cuadro 6. Participación porcentual de los alimentos de cada tratamiento durante la recría y terminación.

Tratamiento	Alimentos			
	GM	ES	BM	SVM
	<b>Recría</b>			
<b>ES</b>	73	24	0	3
<b>75ES:25BM</b>	70	20	7	3
<b>50ES:50BM</b>	69	14	14	3
<b>25ES:75BM</b>	66	8	23	3
<b>BM</b>	65	0	32	3
	<b>Terminación</b>			
<b>ES</b>	87	12	0	2
<b>75ES:25BM</b>	86	9	3	2
<b>50ES:50BM</b>	85	7	7	2
<b>25ES:75BM</b>	82	4	12	2
<b>BM</b>	82	0	16	2

GM: Grano de maíz entero, ES: Expeller de soja, BM: Burlanda de maíz, SVM: Suplemento vitamínico mineral con monensina.

La evaluación de la respuesta productiva involucró dos etapas de acuerdo a la fisiología y el natural ritmo de deposición de tejidos en los animales, lo cual determinó una etapa de recría y otra de terminación. En ambas etapas los ingredientes de la dieta se mantuvieron cualitativamente pero cambiaron proporcionalmente a fin de lograr la concentración proteica en la dieta establecida para cada caso según requerimientos establecidos por NRC (2001). Tanto en la etapa de recría como de terminación, las dietas fueron iso-proteicas e iso-energéticas balanceadas mediante software ReqNov V.5 (ReqNov, 2003) y en cada caso variaron las proporciones de cada suplemento proteico según el tratamiento (Cuadro 5).

#### 5.1.4.1. Recría

Los animales ingresaron al ensayo con un PV inicial de  $161 \pm 2,7$  kg y ganaron peso hasta alcanzar los  $262 \pm 10,6$  kg PV en lo que fue la etapa de recría, la cual duró 97 días. Durante este período, el CMS de los animales se fue regulando a fin de lograr un GDPV de 0,9 – 1,0 kg/d para evitar el engrasamiento prematuro, para ello se ajustaron las cantidades suministradas en función de la GDPV arrojado tras pesaje semanal y rechazos de alimento.

#### 5.1.4.2. Terminación

A partir de los  $262 \pm 4,1$  kg PV ( $P = 0,1431$ ) se dio inicio a la etapa de terminación o engorde que se extendió hasta la venta de los animales a faena, momento definido según criterios objetivos de peso vivo ( $>320$  kg), AOB (entre 50 y 70  $\text{cm}^2$ ) y EGD (entre 5 y 10 mm), los cuales se combinaron con valoración subjetiva de conformación general de los animales. El estado óptimo a faena se dio a los 55 días para los bloques más pesados en tanto que fue a los 77 días para el bloque de menor peso. Durante esta etapa, los animales recibieron alimentación *ad libitum*, procurando un rechazo o remanente en el comedero de entre el 5 y 10% del total de la ración suministrada. La participación porcentual de cada uno de los alimentos en las dietas durante esta etapa se indicó en el Cuadro 5, donde se evidencia la menor participación de los concentrados proteicos.

### **Estimación de parámetros productivos**

Se midió el CMS (kg MS/an/d, %PV y g/kg PV<sup>0,75</sup> o PV ajustado) registrando diariamente la cantidad suministrada por corral y el rechazo del día anterior. La MS se calculó de forma semanal tanto para el suministro como para el rechazo corrigiendo por el contenido de materia seca de cada uno. Para ello, se tomaron muestras diarias de cada uno de los comederos, utilizando bolsas de polietileno para la colecta de muestras y se realizó un pool semanal por tratamiento. Se colocaron aproximadamente 100 g de muestra en bandejas de aluminio previamente identificadas y se llevaron a estufa con termorregulación a 65 °C por 48 h hasta peso constante (PROMEFA, 2003). Con estos valores se calculó el CMS diario por corral. Los datos del análisis composicional del suministro y del rechazo se utilizaron para establecer el consumo de PB (CPB, kg/d) de los animales.

Por otro lado, se registró cada 15 días el PV de los animales mediante uso de balanza electrónica comercial adaptada a la manga de las instalaciones. Con ello se calculó el GDPV (kg/d) como la pendiente de la función de PV (kg) a través del tiempo. El CMS y GDPV se utilizaron para ajustar el suministro diario de los animales para cumplir con los objetivos de GDPV planteados y además evitar el desperdicio excesivo de alimento. La EC (kg de alimento/kg de PV ganado) y la eficiencia de conversión de la PB (kg PB/kg PV) fueron calculadas mediante el cociente entre CMS y GDPV y entre CPB y GDPV, respectivamente. Los datos se expresaron como valores medios de cada corral. A su vez, se determinó AOB en cm<sup>2</sup> y EGD en mm de cada uno de los animales a los 77 y 131 días de iniciado el ensayo, por ultrasonido. Para ello se utilizó un ecógrafo marca Falco, modelo 410477, con transductor lineal de 3,5 Mhz (Rev. B Estaote PieMedical) y la medición se realizó a nivel de la 12° y 13° costilla. Estos datos se utilizaron para el seguimiento de los animales y para la toma de decisión al momento de venderlos.

#### **5.1.5.1. Determinaciones post faena**

La faena de los animales se realizó en dos etapas, a los 153 y 175 días de iniciado el ensayo, según cumplieron con los criterios establecidos para ésta, dado que en todos los tratamientos el bloque que inició el ensayo con menor PV requirió más días para llegar al estado de faena.

En frigorífico se midió el EGD y se tomaron datos para posterior cálculo de AOB. Dichos parámetros se tomaron en la costilla expuesta luego de separación de los cuartos a nivel de la 9° y 10° costilla sobre el músculo *Longissimus dorsi* (LD). Desde la faena hasta la toma de muestra transcurrieron tres días durante los cuales las medias reses se conservaron refrigeradas a 4 °C para su maduración. El EGD se midió con un calibre milimetrado a la altura de  $\frac{3}{4}$  partes de la longitud total del músculo medido desde la vértebra hacia distal (Grigioni *et al.*, 2012). Por su parte, para el cálculo del AOB se procedió al calcado del área del músculo LD en hoja de acetato y posteriormente en hoja milimetrada se determinó el área calcada para cada individuo.

Se recolectaron además datos de romaneos, tipificación y rendimiento al gancho de los animales faenados. Este rendimiento se calculó respecto al PV de salida de los animales medido en la EEA Concepción del Uruguay previo al traslado de los animales a la planta de faena.

### Análisis estadístico

El modelo estadístico utilizado, correspondiente a un diseño en bloque completamente aleatorizado se detalla a continuación:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ijk} \quad (15)$$

dónde:  $y_{ij}$  = variable en estudio,  $\mu$  es la media general de los tratamientos,  $\tau_i$  es el efecto de cada tratamiento/dietas probadas,  $\beta_j$  es el efecto de cada bloque según PV de los individuos y  $\varepsilon_{ijk}$  es el error experimental ( $k=3$ ).

Las variables se analizaron ajustando dos modelos, uno homocedástico y otro heterocedástico para la estructura de la varianza de los errores. En ambos casos se utilizó el tratamiento como efectos fijos y como efectos aleatorios se declararon los bloques y los individuos dentro de ellos. El método de estimación fue de máxima verosimilitud restringida (REML), con estructura independiente de correlación de errores. Se utilizaron criterios de verosimilitud penalizada (AIC y BIC) y se eligió el modelo que mejor describió el comportamiento de los datos (Infostat, 2015). Para el caso particular de la variable GDPV (kg/d) se ajustó un modelo incluyendo como efectos fijo el tiempo y su interacción con los tratamientos según se describe a continuación:

$$y_{ijkl} = \mu + \tau_i + t_j + (\tau * t)_{ij} + \beta_k + \varepsilon_{ijkl} \quad (16)$$

dónde  $y_{ijkl}$  es la variable respuesta PV (kg),  $\mu$  es la media general de las observaciones,  $\tau_i$  es el efecto del  $i$ -ésimo tratamiento ( $i= 1, 2, 3, 4$  y  $5$ ),  $t_j$  es el efecto del  $j$ -ésimo período ( $j=1, 2, \dots, 13$ , para la recría y  $1, 2, \dots, 6$  para la terminación),  $(\tau * t)_{ij}$  es el efecto de la interacción del  $j$ -ésimo período por el  $i$ -ésimo tratamiento,  $\beta_k$  es el efecto aleatorio del bloque  $k$ -ésimo ( $k=1, 2, 3$ ) y  $\varepsilon_{ijkl}$  es el efecto de los factores no controlables sobre las unidades experimentales.

En todos los casos se ajustó un modelo lineal (17) y uno cuadrático (18) para seleccionar el que mejor se ajustara al comportamiento de la variable:

$$PV(t) = \alpha + \beta t + \varepsilon \quad (17)$$

$$PV(t) = \alpha + \beta t + \beta t^2 + \varepsilon \quad (18)$$

dónde PV es el peso vivo en kg,  $\alpha$  es la ordenada al origen de la función que representa el PV inicial,  $\beta$  es la pendiente de la ecuación que representa el GDPV (kg/d) y  $t$  es el tiempo. Para analizar la evolución del PV de los animales en el tiempo el modelo lineal fue el que mejor ajustó los valores de la variable, ya que la componente cuadrática del modelo no fue significativa ( $P = 0,0823$ ) y sus valores carecían de interpretación práctica. Se utilizó un modelo heterocedástico a fin de ajustar varianzas diferentes para cada tratamiento y tiempo y una correlación constante entre los errores de cada individuo. Al analizar mediante un gráfico de puntos el comportamiento de la variable PV (kg) a través del tiempo, se evidenció que no hay problemas de no linealidad por lo que se incorporó el tiempo como covariable en el modelo de análisis estadístico. De esta manera se ajustaron las curvas de evolución de PV (kg) en el tiempo y a través del cálculo de sus pendientes se obtuvo el GDPV (kg/d). Para analizar las diferencias entre pendientes y ordenadas al origen para cada tratamiento se utilizaron combinaciones lineales.

Para seleccionar el mejor modelo se utilizaron criterios estadísticos tales como error estándar de los estimadores de los parámetros, el cuadrado medio del error, el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), el nivel de significación de ajuste del modelo y el análisis de los residuos (Guerra *et al.*, 2005).

Los datos se analizaron mediante el uso de software estadístico (FCA-UNC, 2015). Se utilizó la plataforma R para la estimación de modelos lineales generales y mixtos. Se confeccionaron tablas de doble entrada y se obtuvo la estadística descriptiva de la población analizada, además se obtuvieron tablas de medias y errores estándares y cuando las diferencias entre los tratamientos resultaron significativas ( $p$ -valor $<0.05$ ) se realizó una comparación múltiple entre medias del tipo LSD de Fisher.

## **5.2. Experimento 2: Evaluación de la calidad nutricional de los alimentos y dietas**

### **- Sitio experimental**

La instancia de evaluación de la calidad de los alimentos y dietas mediante técnica *in situ* se llevó a cabo en el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) de la ciudad de Concepción del Uruguay, Entre Ríos, Argentina (32°29'40.8"S 58°20'55.1"O). Por su parte, la evaluación de la PG *in vitro* se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Buenos Aires (FAUBA), Ciudad de Buenos Aires, Argentina (34°35'31.41"S; 58°29'6.18"O). Las determinaciones de calidad composicional y el estudio de digestibilidad de los alimentos se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Alimentos del INTA EEA Manfredi, provincia de Córdoba, Argentina (31°50'18.6"S 63°44'55.6"W).

### **- Toma de muestras y determinaciones**

Se recolectaron muestras de los alimentos utilizados a intervalos regulares de tiempo (15-20 días) y muestras independientes ante nuevas partidas de éstos una vez llegados al sitio experimental, esto resultó en un total de cinco muestras durante la recría y cuatro durante la terminación. Cada alimento tuvo un único proveedor. Las muestras se colocaron en bolsas de plástico, debidamente rotuladas y se conservaron a -18°C hasta su análisis. Con ellas se realizó un pool por cada alimento a fin de homogeneizar las partidas. A su vez, semanalmente se recolectaron muestras de suministros y rechazos, tomadas desde los comederos de los animales para su análisis composicional.

La concentración de PB (PB = Nitrógeno total x 6.25) se determinó por método Kjeldahl (AOAC, 1990; Nro. 984.13) en un equipo Pro-Nitro® (J.P. Selecta, Barcelona, España). Las fracciones de fibra insoluble en detergente neutro (FDN) y ácido (FDA) se determinaron de acuerdo a la técnica propuesta por Van Soest y otros (1991) con un equipo ANKOM® (modelo 220).

Para analizar la calidad nutricional de los alimentos y dietas bajo estudio, se trabajó en laboratorio con mediciones *in situ* e *in vitro*. La medición de DR *in situ* y la digestibilidad *in vitro* de la MS y PB (DIVMS y DIVPB, respectivamente) se llevó a cabo con el ES y BM puros o combinados según se detalla en el Cuadro 5.

También se evaluó la cinética de producción de gas (PG) *in vitro* de las dietas resultantes de la combinación de ES, BM y GM según se utilizó en recría y en terminación (Cuadro 6).

### Degradabilidad *in situ*

Se utilizaron dos bovinos machos, raza Hereford con fístula ruminal y  $400,5 \pm 37,5$  kg de PV promedio, en un diseño completamente aleatorizado, con dos repeticiones dadas por los dos individuos utilizados. El ensayo duró 25 días, de los cuales 15 días fueron de acostumbramiento de los animales a la dieta compuesta por un 50 % de heno de alfalfa y un 50 % de GM, a un nivel de consumo de 1,2 veces el mantenimiento. Los diez días restantes se utilizaron para la toma de muestras y determinaciones correspondientes.

Las muestras molidas a 1 mm se incubaron en rumen por duplicado en cada uno de los animales en bolsas de dacron de 9 x 18 cm y tamaño de poro de 53  $\mu$ m, las cuales se lavaron, secaron, identificaron y pesaron antes de colocarse en rumen. Se empleó una cantidad de muestra adecuada a fin de lograr una relación de 0,05 g de muestra/cm<sup>2</sup> de bolsa (Hellen y Ellis, 1977). Se incubaron aproximadamente 17,1 g de BM y ES puros, correspondientes a los tratamientos BM y ES, respectivamente o combinados en las proporciones según dietas que definieron los tratamientos durante el Experimento 1 (Cuadro 5) en cada uno de los bovinos fistulados. Dichas combinaciones se obtuvieron en laboratorio a partir de las muestras de alimentos puros recolectadas. En el Cuadro 7 se presenta la composición química de las muestras incubadas, calculadas en función de la calidad de los ingredientes expuestos en el Cuadro 4.

Cuadro 7. Calidad composicional de las muestras incubadas en rumen para cada tratamiento.

Analito	Tratamiento				
	ES	75ES:25BM	50ES:50BM	25ES:75BM	BM
MS (g/kg MH)	900	895	890	885	880
PB (g/kg MS)	415	387	358	330	301
EM (Mcal EM/kg MS)	3,2	3,1	2,9	2,8	2,6
DIVMS (g /kg MS)	878	842	805	769	732
FDN (g/kg MS)	225	322	419	516	613
NIDA (g/kg N)	22	55	89	122	155

ES: Expeller de soja, BM: Burlanda de maíz, PB: Proteína bruta, EM: Energía metabólica, DIVMS: Digestibilidad *in vitro* de la materia seca, FDN: Fibra detergente neutro, NIDA: Nitrógeno insoluble en detergente ácido; N: Nitrógeno total.

Las muestras se colocaron por duplicado para cada tiempo de evaluación, el cual se estableció en 0, 3, 6, 9, 12, 24 y 48 h. Esto arrojó un total de 70 muestras/bolsas incubadas por animal. El proceso de incubación se desarrolló de acuerdo con el método de inserción y remoción completa de las bolsas (Paine *et al.*, 1982), las cuales se colocaron dentro de una bolsa tipo red, en grupos de diez muestras según horario de remoción en el saco ventral del rumen.

Luego de la incubación a los tiempos correspondientes, las muestras se retiraron del rumen y se realizaron cinco lavados sucesivos de ocho minutos cada uno, con agua corriente a temperatura ambiente hasta que ésta resultase limpia. Las bolsitas se colocaron en bandejas de aluminio donde se escurrieron por aproximadamente dos horas y posteriormente se secaron en estufa a 65 °C por 48 h.

Se calcularon las pérdidas netas ocurridas en las bolsas de cada muestra recuperando las partículas insolubles que pasan a través de sus poros. Para ello, se colocaron muestras adicionales de cada porción de alimentos en bolsas con las mismas características

que las incubadas que solamente se lavaron con agua a 37-40°C durante 5 minutos aproximadamente y posteriormente se filtraron y secaron en estufa para determinar el peso de MS perdida. Con este valor se corrigió la degradabilidad en cada tiempo de incubación.

Con los datos de MS y PB inicial y final, se calculó el porcentaje de desaparición a cada hora para cada una de las muestras. Los parámetros de degradabilidad potencial se determinaron según modelo propuesto por Orskov y McDolnald (1979) y Denham *et. al.*, (1989), según se presenta a continuación:

$$DP (\%) = a + b (1 - e^{-c \cdot t}) \quad \text{sí } L=0 \quad (1)$$

dónde: DP: Degradabilidad potencial de la MS o PB; a: Fracción soluble (FS, %), intersección con el eje de las ordenadas a tiempo cero; b: Fracción insoluble, potencialmente degradable (FI, %); a+b: es el potencial de degradabilidad del material; e: Base del logaritmo natural; c: Tasa fraccional de digestión (%/h); t: Tiempo de incubación en horas (h) y L: Fase lag. Dicho tiempo de retardo o fase Lag fue calculada asumiendo t=0, según se presenta a continuación:

$$L = \frac{\ln(1 - (-\frac{a}{b}))}{-c} \quad (2)$$

Dado que la fase lag (L) calculada fue despreciable, la ecuación (1) fue la que se utilizó para la determinación de la DP (%) de la MS y la PB de las muestras.

Además se calculó tanto para la MS como para la PB, la Fracción no degradable (FrND%) como: FrND= 1-(a+b) y la degradabilidad efectiva (DE), según lo propuesto por Denham *et. al.*, (1989) a través de la siguiente ecuación:

$$DE (\%) = a + \frac{b \cdot c}{c + k} * e^{-k \cdot L} \quad (3)$$

Los parámetros son los mismos que en la ecuación anterior (1), asumiendo una tasa de pasaje (k) que se calculó según ecuación propuesta por NRC (2001) para alimentos concentrados:

$$k (\%/h) = 2,904 + 1,375 * x_1 - 0,020 * x_2 \quad (4)$$

Dónde  $x_1$  es el CMS promedio de ambos animales expresado como porcentaje del PV animal (%PV) y  $x_2$  es el nivel de concentrado en la dieta (% MS).

La PNDR fue calculada como:

$$PNDR (\%PB) = 100 - \%DE \quad (5)$$

Cuyos parámetros ya fueron descriptos.

Para el caso de la PB, se omitió el análisis estadístico debido a que no se pudo ajustar el modelo propuesto para una de las repeticiones/animales, no obstante, se presentan los resultados para uno de ellos (Cuadro 11). Para el cálculo de la PNDR, se utilizaron los datos de la medición *in vitro*, no se usaron los valores obtenidos mediante fórmula 5 indicada debido a la pérdida de algunas repeticiones. No obstante, se consignan los datos sin el análisis estadístico correspondiente.

### **Incubación y desaparición de sustrato *in vitro***

Se utilizó la técnica *in vitro* propuesta por Brooks y Theodorou (1997), modificada por Wawrzekiewicz y Danelon (2004). El contenido ruminal utilizado como inóculo provino de dos ovinos hembras, provistos de fístula ruminal que permanecieron estabulados y recibieron una alimentación base pellet de alfalfa y GM (70:30) a nivel de mantenimiento, la cual se ofreció en dos raciones diarias (i.e. mañana y tarde) (NRC, 1985). La recolección del inóculo se realizó por la mañana, antes de suministrar el alimento, en una proporción de 50% fracción líquida y 50 % fracción sólida. El licor ruminal se mantuvo en recipientes térmicos para preservar las condiciones de temperatura en 39 °C hasta su arribo al laboratorio (< 15 minutos), allí se amasó durante 3-5 min para favorecer el desprendimiento de los microorganismos adherentes, siempre bajo condiciones de anaerobiosis por cobertura con manto de CO<sub>2</sub> y a 39 °C por inmersión de recipientes en agua caliente.

Se incubaron en frascos de vidrio aproximadamente 0,6 g de MH de los alimentos (BM, ES y GM) y combinaciones de acuerdo a las proporciones de las cinco dietas (Cuadro 6). El total de muestras fue 13 (5 dietas en recría + 5 dietas en terminación + 3 alimentos puros). La relación sustrato / inóculo en las botellas de incubación fue 1 g MS incubada/10 ml de licor ruminal. Las muestras se incubaron por duplicado a tres tiempos finales: 24, 48 y 72 h (78 frascos en total). Se recuperó el residuo insoluble a los horarios mencionados para establecer la desaparición de la MS del sustrato. Se incubaron en total 81 frascos, ya que se sumaron tres frascos con “blancos”. Dichos “blancos”, frascos que contienen el inóculo pero no la muestra de alimento, se utilizaron para corregir los datos obtenidos. Los residuos no digeridos fueron recuperados en bolsitas filtrantes ANKOM® F57 para la determinación de la desaparición de la MS y FDN (DMS y DFDN, respectivamente). La MS residual fue determinada al secar el material filtrado a 65°C por 48 horas hasta obtener peso constante y posteriormente se determinó sobre ellas la FDN de acuerdo a la técnica propuesta por Van Soest y otros (1991) con un equipo ANKOM® (modelo 220) y se informaron libres de cenizas. La incubación se repitió durante dos tiempos independientes (i.e. repeticiones).

La presión y el volumen de gas producido se midió a intervalos regulares post incubación (i.e. 2, 4, 6, 9, 12, 16, 20, 24, 30, 36, 41, 48, 56, 64 y 72 h), extrayendo el volumen de gas con jeringas plásticas y midiendo la presión con un transductor (tipo T443A®, Bailey y Mackey Ltd., Birmingham, Gran Bretaña) conectado a un panel digital (Data Track®, Christchurch, Gran Bretaña). La PG de cada recipiente fue corregida por la PG promedio de los blancos que a su vez se utilizaron para corregir los datos de desaparición de la MS (DMS).

La cinética de producción de gas (PG) se ajustó mediante la ecuación propuesta por Ørskov y McDonald (1979):

$$PGA = a + b(1 - e^{-c*t}) \quad (10)$$

dónde PGA es la PG acumulada (ml/gMS), a es la PG de la fracción soluble; b la PG de la fracción potencialmente degradable; c la tasa de degradación de b y t es el tiempo de incubación. El tiempo de retardo (Lag) hasta el comienzo de la PG fue despejado según se estableció en ecuación 2.

Las variables analizadas fueron PG acumulada (PGA; ml/g MS) a las 12, 24, 48 y 72 h, parámetros a, b y c, Lag time, tasa horaria máxima de producción de gas (Tmax; ml/g MS.h-1) y el tiempo al que ésta se produce (TTmax) y DMS y DFDN.

Se utilizaron cuatro modelos matemáticos no lineales para ajustar la PG y se recurrió al que mejor comportamiento presentó. Para la elección del modelo se usaron criterios



como: el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), los cuadrados medios del error y la diferencia entre los valores observados y los predichos.

### **Digestibilidad *in vitro***

Para la determinación de la digestibilidad intestinal *in vitro* de la PB y MS (DIVMS y DIVPB, respectivamente) de los componentes y dietas, se completó la evaluación de la fuente proteica con un experimento *in vitro* que simula la digestibilidad intestinal de la proteína mediante incubación con enzimas purificadas según técnica propuesta por Calsamiglia y Stern (1995), modificada por Gargallo *et. al.*, (2006). Se utilizaron las muestras incubadas a 12 h en el ensayo *in situ* descrito en apartado 5.2.3., las cuales fueron remitidas al Laboratorio de Análisis de Alimentos del INTA EEA Manfredi, Córdoba. A su vez se analizaron los suministros de cada etapa cuya toma de muestras fue descrita en 5.2.2. Las bolsas incubadas en rumen se lavaron tres veces durante cinco minutos hasta que el agua escurrió clara. Para eliminar las bacterias adheridas a la muestra, éstas se suspendieron en metilcelulosa, se enjuagaron y almacenaron a  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta su posterior análisis. Se analizó el contenido de N del grupo de muestras incubadas mediante método Kjeldhal (AOAC, 1990; Nro. 984.13) y contenido de MS. El valor de PB se obtuvo al multiplicar por 6,25 el N total obtenido.

Posteriormente, entre 0,5 y 5 g de material expuesto a degradación ruminal, se colocó en bolsas de nylon (Ankom R510) de las mismas características que la anterior y se incubaron en botellas del incubador Daisy (ANKOM) al que se adicionaron dos litros, primero de una solución precalentada 0,1 Normal de HCl a pH 1,9 con 1 g/l de pepsina (Sigma P-7000) y posteriormente de pancreatina (Sigma P-7545). La primera incubación fue de una hora y la segunda de 24 h, ambas a  $39\text{ }^{\circ}\text{C}$  con rotación constante. Se realizó el lavado de las muestras entre incubación y al finalizar, con agua corriente hasta que ésta escurrió limpia. Las muestras fueron colocadas en bandejas de aluminio para luego secarlas en estufa a  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 48 h. Posteriormente se realizó la determinación de PB en cada una de ellas mediante método Kjeldhal para N total ( $\text{PB} = \text{N total} * 6,25$ ; AOAC, 1990; Nro. 984.13). La digestibilidad de la MS y PB se calcularon según las siguientes ecuaciones:

$$DMS (\%) = \frac{MS_i - MS_f}{MS_i} * 100 \quad (6)$$

$$DPNDR (\%PNDR) = \frac{PB_i - PB_f}{PB_i} * 100 \quad (7)$$

dónde: DMS y DPNDR es la digestibilidad intestinal *in vitro* de la MS y PB respectivamente expresada como porcentaje,  $MS_i$  es la materia seca inicial post incubación ruminal,  $MS_f$  es la materia seca final post incubación enzimática,  $PB_i$  es la proteína bruta inicial post incubación ruminal,  $PB_f$  es la proteína bruta final post incubación enzimática.

Los datos de DPNDR se utilizaron además para determinar el valor de proteína dietaria digestible y absorbible en intestino delgado (PBD) según lo establecido por Mjoun *et. al.*, (2010) según:

$$PBD(\%PB) = PNDR * DPNDR \quad (8)$$

donde PNDR es el valor obtenido según se describe en la ecuación 5, expresado como porcentaje de la MS. A su vez, el valor de PBD se utilizó para calcular el total de proteína digestible (TPBD) de la dieta (Kleinschmit *et. al.*, 2007):

$$TPBD (\% \text{ de PB}) = 100 - PNDR + PBD \quad (9)$$

### Diseño experimental y análisis estadístico

En cada uno de los experimentos se utilizó un diseño completamente aleatorizado, para el caso de la degradabilidad *in situ* el modelo estadístico empleado fue:

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + c_j + \varepsilon_{ijk} \quad (11)$$

dónde:  $y_{ijk}$  es la variable en estudio,  $\mu$  es la media general de los tratamientos,  $\tau_i$  es el efecto de cada tratamiento / alimento incubado ( $i=1, 2, \dots, 5$ ),  $c_j$  es el efecto aleatorio de cada animal fistulado ( $j=2$ ) y  $\varepsilon_{ijk}$  es el error experimental del modelo ( $k=2$ ).

En el caso de la PG *in vitro* y la digestibilidad *in vitro* de los alimentos, el modelo empleado fue:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad (12)$$

dónde:  $y_{ij}$  es la variable en estudio,  $\mu$  es la media general de los tratamientos,  $\tau_i$  es el efecto de cada tratamiento / alimento incubado y  $\varepsilon_{ij}$  es el error experimental del modelo ( $j=2$ ). Se usó el nivel de inclusión de la BM para efectuar contrastes lineal y cuadrático ( $\alpha=0,05$ )

La relación presión-volumen (P/V) del estudio de PG *in vitro* se analizó mediante el modelo de regresión:

$$y_i = \beta_1 x_i + \beta_2 (x_i)^2 \quad (13)$$

dónde:  $y$ = volumen de gas (ml),  $\beta_1$  = parámetros del término lineal,  $\beta_2$  = parámetros del término cuadrático y  $x_i$  = presión (Kg/cm<sup>2</sup>). Se registraron en total 84 observaciones para cada uno de los 15 horarios de medición establecidos.

En el análisis estadístico se utilizó el software Infostat, versión 2015 (Infostat FCA-UNC, 2015). Se utilizó la plataforma R para la estimación de modelos lineales generales y mixtos, donde se especificaron los componentes fijos y aleatorios del modelo y se estableció la estructura de correlación y de varianza de los errores. Éstas fueron determinadas tras probar las diferentes combinaciones de efectos aleatorios y estructuras de correlación de errores para modelos homocedásticos y heterocedásticos, se utilizaron los criterios de verosimilitud penalizada Bayesiano de Schwarz o de Información de Akaike (AIC y BIC), además se realizó un diagnóstico visual de los gráficos Q-Q plot y Fitted para residuos y predichos a fin de asegurar el cumplimiento de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas y se eligió el modelo que mejor describió el comportamiento de los datos (Infostat, 2015). Cuando las diferencias entre los efectos fijos del modelo fueron significativas ( $p<0,05$ ) se procedió a la comparación de medias de LSD Fisher.

Los parámetros  $a$ ,  $b$  y  $c$  de la cinética de desaparición de la MS y PB ( $N \times 6,25$ ) mediante técnica de PG *in vitro*, se estimaron usando el Proc nlin de SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC) siguiendo el modelo de Ørskov y McDonald (1979) descripto anteriormente (ecuación 10).



## 6. RESULTADOS

### 6.1. Experimento 1: Respuesta productiva de los animales

#### Recría

La DIVMS de la dieta fue significativamente mayor ( $P = 0,0386$ ) para ES y 75ES25BM con valores de  $831 \pm 1,1$  g/kg MS promedio durante la recría (Cuadro 8). El contraste lineal resultó significativo para la DIVMS ( $P = 0,0149$ ), lo cual indica una reducción de 129 g/kg MS en la DIVMS a medida que aumenta el contenido de BM en las dietas.

Cuadro 8. Parámetros nutricionales de las dietas de cada tratamiento durante la recría y terminación en g/kg MS excepto que se indique lo contrario.

Componente	Tratamiento					EEM	Sig.
	ES	75ES:25 BM	50ES:50 BM	25ES:75 BM	BM		
<b>Recría</b>							
MS (g/kg MH)	893	891	899	889	887	Nc	Nc
PB	161	160	162	156	155		
EM (McalEM/kgMS)	3,3	3,1	3,2	3,1	3,1	Nc	Nc
FDN	156	185	220	251	292	Nc	Nc
NIDA (g/kg N)	28	37	48	58	71	Nc	Nc
DIVMS	829 a	832 a	776 b	778 b	792 b	1,1	0,039
<b>Terminación</b>							
MS (g/kg MH)	891	891	890	889	888	Nc	nc
PB	119	119	117	115	114	Nc	nc
EM (McalEM/kgMS)	3,2	3,2	3,1	3,1	3,1	Nc	nc
FDN	133	147	165	183	211	Nc	nc
NIDA (g/kg N)	34	38	43	48	56	Nc	nc
DIVMS	908	862	884	868	851	15,2	0,215

ES: Expeller de soja, BM: Burlanda de maíz, EEM: Error estándar de la media, Sig.: Significancia, NC: No corresponde, MH: Materia húmeda, MS: Materia seca, PB: Proteína bruta, EM: Energía metabólica, FDN: Fibra detergente neutro, DIVMS: Digestibilidad *in vitro* de la materia seca, NIDA/N: Nitrógeno insoluble en detergente ácido/Nitrógeno total.

No se encontraron diferencias significativas entre las ordenadas al origen de las rectas ( $P > 0,05$ ), por lo que el PV inicial no se diferenció entre tratamientos. Según se evidencia en el Cuadro 9 se encontraron diferencias significativas en el CMS medido en kilogramos totales ( $P = 0,0014$ ) en favor de 50ES50BM y además en el CMS expresado en función del peso metabólico ( $P = 0,0384$ ). Sin embargo, la falta de diferencias significativas en la GP total de los animales durante la recría contribuyó a que tampoco se encuentren diferencias en la EC de los animales. Las tasas de aumento de peso sí presentaron diferencias.

La interacción entre tratamientos y tiempo fue significativa ( $P < 0,001$ , Figura 1), lo cual indica que las curvas de crecimiento tienden a no ser paralelas en función del tiempo, es decir, los tratamientos tienen un efecto acumulado sobre las unidades experimentales en función del tiempo. Esto indica que las pendientes de las rectas de cada tratamiento que representan la evolución del PV de los animales en el tiempo, son diferentes entre sí ( $P < 0,001$ ), lo que es equivalente a decir que sus GDPV (kg/d) son diferentes. Las dietas 50ES50BM y ES fueron las de mayor GDPV sin diferencias significativas entre ambas,  $1,22 \pm 0,053$  kg/d, en promedio. Sí se diferenciaron del resto

de los tratamientos ( $P = 0,001$ ) que promedió  $1,07 \pm 0,053$  kg/d de GDPV. Los contrastes lineales y cuadráticos para la variable en estudio resultaron no significativos ( $P = 0,1013$ ).

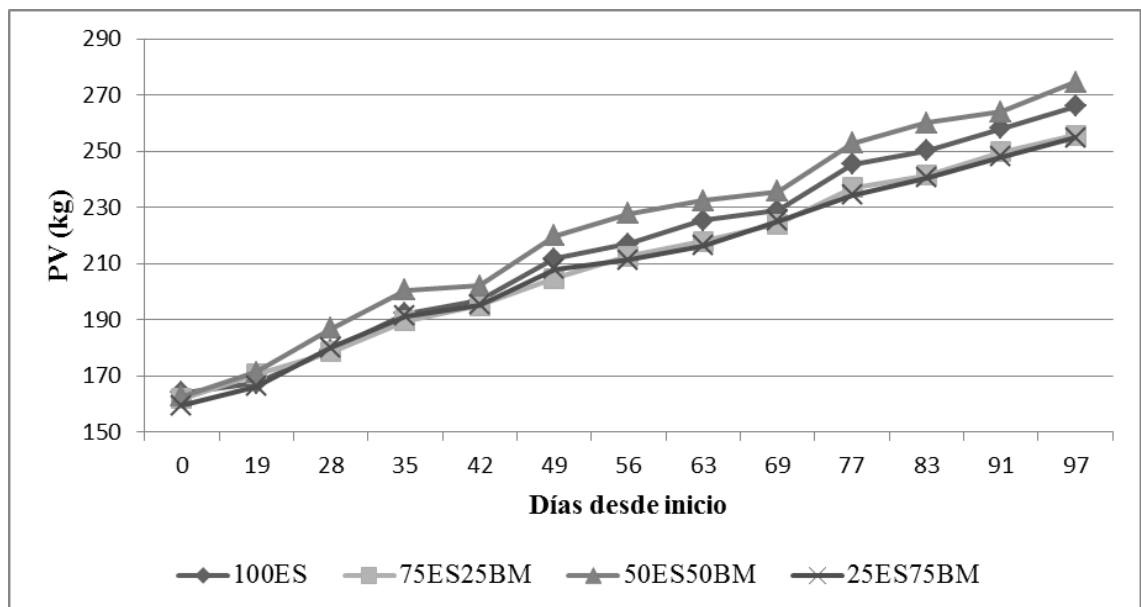


Figura 1. Evolución del peso vivo animal durante la recría.

Cuadro 9. Respuesta productiva de los animales de cada uno de los tratamientos durante la recría y terminación.

Variable	Tratamiento						Sig.
	ES	75ES:25BM	50ES:50BM	25ES:75BM	BM	EEM	
<b>Recría</b>							
<b>PVi (kg)</b>	164	162	163	159	156	7,4	0,0941
<b>PVf (kg)</b>	266	256	275	255	257	10,6	0,1431
<b>GP (kg)</b>	93	88	101	89	85	5,9	0,2038
<b>GDPV (kg/d)</b>	1,2 a	1,1 b	1,2 a	1,1 b	1,1 b	0,05	0,0010
<b>CMS (kg totales)</b>	414 b	391 b	446 a	408 b	397 b	11,9	0,0014
<b>CMS (g/kg PV<sup>0,75</sup>)</b>	76 ab	73 b	80 a	77 ab	76 ab	1,8	0,0384
<b>EC (kg MS/kg GDPV)</b>	4,6	4,5	4,5	4,8	4,7	0,33	0,8039
<b>ECPB (kg PB/kg GDPV)</b>	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,05	0,7602
<b>Terminación</b>							
<b>PVi (kg)</b>	266	256	275	255	257	10,6	0,1431
<b>PVf (kg)</b>	340	336	355	330	337	10,6	0,2647
<b>GP (kg)</b>	74	78	81	75	80	6,4	0,8245
<b>GDPV (kg/d)</b>	1,1 b	1,2 a	1,2 ab	1,3 a	1,2 a	0,07	< 0,0001
<b>CMS (kg)</b>	394	372	398	389	387	21,6	0,2188
<b>CMS (g/kg PV<sup>0,75</sup>)</b>	83	79	81	83	84	6,2	0,7623
<b>EC (kg MS/kg GDPV)</b>	5,5	4,9	5,2	5,5	5,1	0,60	0,6195
<b>ECPB (kg PB/kg GDPV)</b>	0,7	0,7	0,7	0,6	0,5	0,09	0,1130

ES: Expeller de soja, BM: Burlanda de maíz, PVi: Peso vivo inicial, PVf: Peso vivo final, GP: Ganancia de peso total, CMS: Consumo de materia seca expresado en kilogramos totales por período y en gramos por kilogramo de peso vivo metabólico; EC: Eficiencia de conversión alimenticia, ECPB: Eficiencia de conversión de la proteína bruta, Sig.: Nivel de significación, EEM: Error estándar de la media. Letras diferentes en sentido horizontal representan diferencias significativas entre las medias de tratamientos

### Terminación

El porcentaje de PB de las dietas fue de 11,7% en promedio y la concentración energética fue de 3,1 Mcal EM/kg MS, según se observa en el Cuadro 8. La digestibilidad de las dietas no presentó diferencias significativas entre tratamientos y promedió 875 g/kg MS, a pesar del elevado valor de FDN y NIDA de la BM (624 vs 182 g/kg MS de FDN y 155 vs 22 g/kg N de NIDA para la BM y ES, respectivamente; Cuadro 8).

En el Cuadro 9 se observan los resultados de respuesta productiva obtenidos durante la terminación. El PV inicial durante la terminación no presentó diferencias significativas entre tratamientos. El PV final, correspondiente al peso de faena de los animales, fue de  $340 \pm 3,9$  kg con un valor máximo de 438 kg. No hubo diferencias en el CMS medido tanto en kilogramos totales como en función del peso metabólico de los individuos y los animales ganaron un promedio de  $78 \pm 2,4$  kg durante los 66 días que duró la etapa de terminación en promedio (55 y 77 días según dos momentos de faena). La EC fue de  $5,2 \pm 0,18$  kg/kg en promedio.

Respecto a GDPV, se detectó un efecto de la interacción entre tratamientos y el tiempo ( $P = 0,0449$ ; Figura 7), lo que indica que las curvas de crecimiento tienden a no ser paralelas en función del tiempo, es decir las GDPV difieren entre tratamientos. El reemplazo total de ES por BM generó una mayor GDPV, sin que se vean afectadas las demás variables. Los tratamientos que incluyeron BM no se diferenciaron entre sí y promediaron  $1,22 \pm 0,07$  kg/d.

#### 6.1.2.1. Determinaciones post faena

En el Cuadro 10 se presentan los valores de las variables analizadas durante y después de la faena de los animales. No se encontraron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) entre tratamientos para ninguna de las variables y se alcanzó un peso de la media res promedio de  $92 \pm 2,5$  kg, lo cual arrojó un rendimiento al gancho de  $55 \pm 0,9\%$  en promedio. El EGD fue de  $10,1 \pm 1,54$  mm en tanto que el AOB promedió los  $45,8 \pm 1,65$  cm<sup>2</sup>.

Cuadro 10. Determinaciones post-faena.

Variable	Tratamiento				BM	EEM	Sig.
	100 ES	75ES:25 BM	50ES:50 BM	25ES:75 BM			
<b>P ½ res (kg)</b>	93	90	97	91	91	2,5	0,2804
<b>RtoG (%)</b>	56	55	56	55	55	0,9	0,2331
<b>AOB (cm<sup>2</sup>)</b>	45	46	46	47	44	1,7	0,6644
<b>EGD (mm)</b>	12	9	11	10	9	1,5	0,1460

P ½ res: Peso de la media res; RtoG: Rendimiento al gancho; AOB: Área de ojo de bife; EGD: Espesor de grasa dorsal; ES: Expeller de soja; BM: Burlanda de maíz; EEM: Error estándar de la media; Sig.: Significancia.

A modo de cierre, durante la recría, los tratamientos ES y 50ES:50BM presentaron la mayor GDPV aunque ello no se tradujo en una mejora en la EC, explicado por un mayor CMS en 50ES:50BM, no así en ES. Durante la terminación ocurrió lo contrario, con ES con la menor GDPV sin diferencias entre los tratamientos que incorporaron BM, aunque la EC fue la misma. Por su parte, las fuentes proteicas no imprimieron diferencias en el CMS, AOB, EGD y RtoG de los animales faenados.

## 6.2. Experimento 2: Evaluación de la calidad nutricional de los alimentos puros y dietas

Las mezclas con mayor nivel de ES, presentaron más energía y nivel proteico debido al mayor contenido de extracto etéreo (EE) y PB del ES puro, respectivamente.

A medida que aumentó la participación de BM en la mezcla se observó un claro aumento de la FDN y el NIDA, también asociado a una alta concentración de estos componentes en el alimento puro.

### Degradabilidad *in situ*

Los resultados de degradabilidad *in situ* se presentan en la Figura 2 para MS y Figura 3 para PB. No hubo interacción Tratamiento\*Tiempo significativa en la MS ni en la PB por lo que se presenta sólo el efecto del tratamiento.

El contraste lineal resultó significativo ( $P < 0,0001$ ) para la MS. Al aumentar el contenido BM en la mezcla, la degradabilidad real de la MS disminuye 70 g/kg MS.

Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en todos los horarios y el tratamiento ES presentó en cada tiempo la mayor degradabilidad, la cual fue decayendo a medida que aumentó el nivel de BM en la dieta.

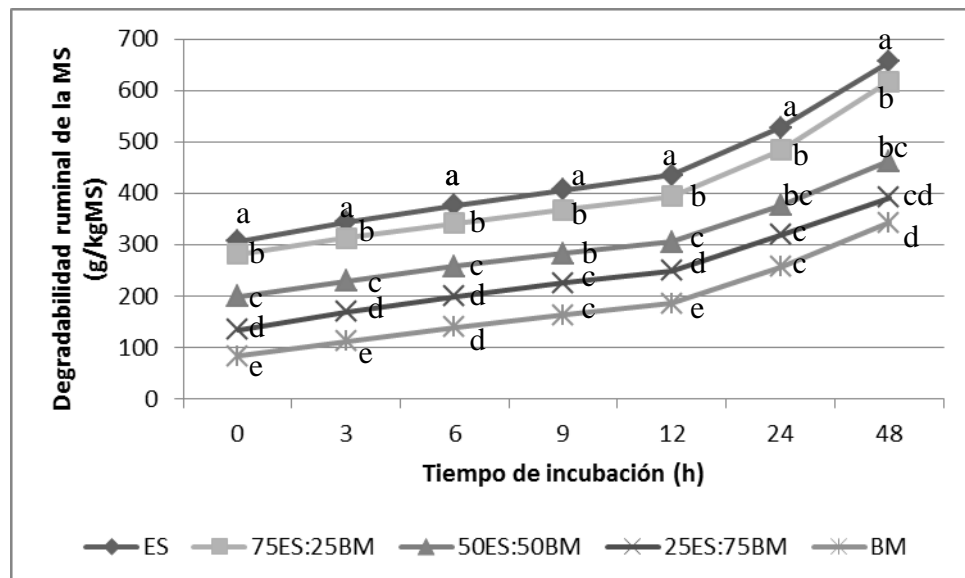


Figura 2. Degradabilidad ruminal de la materia seca (g/kg MS) de los concentrados proteicos suministrados durante el Experimento 1 en cada tiempo de incubación

La inclusión de niveles crecientes de BM redujo numéricamente la degradabilidad ruminal de la PB. En todos los horarios los tratamientos se diferenciaron entre sí con valores en descenso a medida que aumentó el nivel de BM (Figura 2).



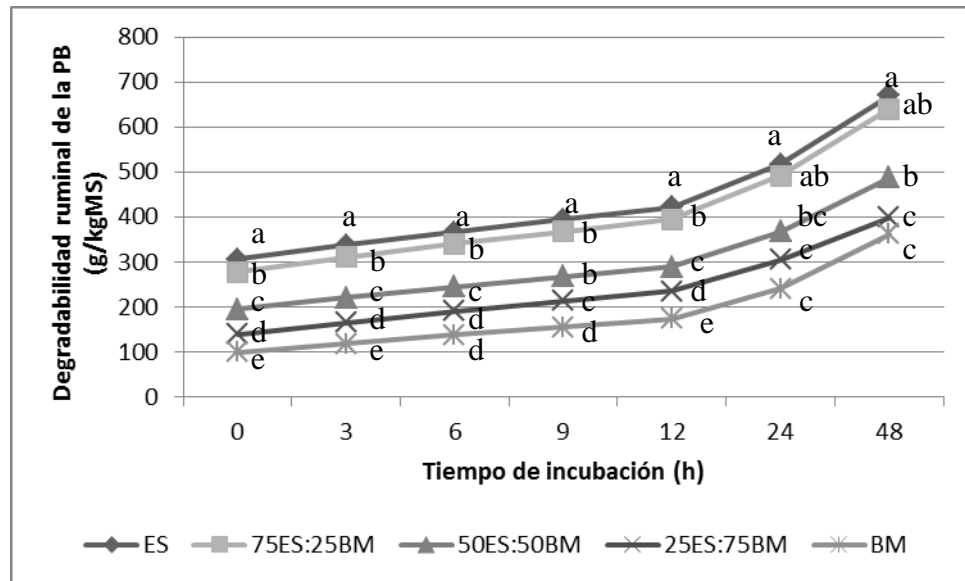


Figura 3. Degradabilidad ruminal de la proteína bruta (g/kg PB) de los concentrados proteicos suministrados durante el Experimento 1 en cada tiempo de incubación.

Para el caso de la DE, la inclusión de niveles crecientes de BM en el concentrado proteico, redujo de manera lineal ( $P = 0,0004$ ) la DE de la MS (68,15 g/kg MS por cada aumento en la participación de BM) mientras que aumentó linealmente la FNDR (102,3 g/kg MS,  $P < 0,0001$ ). La tasa fraccional de degradación “c” de la MS no fue afectada por los tratamientos. El ES presentó una mayor cantidad de fracción a y b respecto a la BM pura (Cuadro 11).

Para el caso de la PB, se omitió el análisis estadístico debido a que no se pudo ajustar el modelo propuesto para una de las repeticiones/animales, por pérdida de duplicados, no obstante, se presentan los resultados para uno de ellos (Cuadro 11). Para el cálculo de la PNDR, se utilizaron los datos de la medición *in vitro*, no se usaron los valores obtenidos mediante fórmula 5 indicadas en la sección materiales y métodos. Se observa una clara tendencia al aumento de la PNDR a medida que se incorpora más BM en la mezcla, llegando a ser casi el doble el nivel de PNDR en la BM pura versus el ES puro (BM vs ES). El tratamiento ES además presentó el menor nivel de PNDR, por su parte, 25ES75BM y BM presentaron los mayores valores, sin diferenciarse entre ellos. Los tratamientos intermedios 75ES25BM y 50ES50BM tampoco se diferenciaron entre sí. El contraste lineal resultó significativo para PNDR ( $P < 0,0001$ ) con un aumento de 63,4 g/kg PB en la PNDR a medida que aumenta la participación de la BM en la mezcla.

En síntesis, el tratamiento ES presentó una mayor DR de la MS y la PB respecto a la BM en cada horario de incubación *in situ*. Por lo tanto la DR del concentrado proteico en las dietas fue decayendo a medida que aumentó la proporción de BM en las mezclas con una respuesta lineal en cada caso. Esto dio como resultado el mismo comportamiento para la DE de dichos nutrientes y un aumento en la FrNDR y PNDR a medida que aumentó la BM en las dietas.

Cuadro 11. Parámetros de degradabilidad ruminal de la materia seca y de la proteína bruta de los concentrados proteicos suministrados durante el Experimento 1.

Parámetro	Tratamiento					EEM	Sig.
	ES	75ES:25 BM	50ES:50 BM	25ES:75 BM	BM		
<i>Degradabilidad ruminal de la MS (g/kg MS)</i>							
<b>DE</b>	450,0 a	344,0 b	287,0 bc	226,5 cd	168,0 d	2,64	0,0004
<b>A</b>	307,6 a	250,2 b	199,0 c	134,2 d	83,3 e	6,11	<0,0001
<b>B</b>	480,3 a	498,9 a	400,4 b	314,5 c	344,1 c	6,61	<0,0001
<b>FNDR</b>	212,5 c	249,0 c	400,5 b	551,5 a	572,5 a	1,2	<0,0001
<b>c (%/h)</b>	3,8	2,0	2,7	3,9	2,9	1,18	0,6172
<i>Degradabilidad ruminal de la PB (g/kg PB)</i>							
<b>DE</b>	432,3	379,1	310,5	241,9	120,6	-	-
<b>a</b>	309,6	253,7	195,2	143,4	8,85	-	-
<b>B</b>	645,8	598,6	549,4	372,5	439,8	-	-
<b>c (%/h)</b>	2,1	2,4	2,4	3,2	0,7	-	-
<b>PNDR (g/kg PB)</b>	579,3 e	636,8 d	699,7 c	761,8 b	836,4 a	38,54	<0,0001

MS: Materia seca, PB: proteína bruta, ES: Expeller de soja, BM: Burlanda de maíz, DE: Degradabilidad efectiva, *a*: Fracción soluble, *b*: Fracción insoluble potencialmente degradable, *c*: tasa fraccional de degradabilidad, FNDR: Fracción no degradable en rumen, EEM: Error estándar de la media, Sig.: Significancia. Letras diferentes en sentido horizontal indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos.

### Incubación y desaparición de sustrato *in vitro* para los alimentos puros y las dietas completas

#### 6.2.2.1. Producción de gas y desaparición *in vitro* de los alimentos puros

Los datos de PGA se presentan en la Figura 4. A la hora 2, la PGA de los sustratos no presentó diferencias significativas entre ellos ( $P = 0,5643$ ). A su vez, no se encontraron diferencias significativas en la PGA del ES y la BM puros desde las 12h, pero estos sí se diferenciaron estadísticamente del GM ( $P < 0,001$ ). La PG se desaceleró a partir de las 12 h (Figura 4) y los resultados encontrados fueron estadísticamente similares para ES y BM para los parámetros de fermentación *in vitro* con mayor PG en el GM. Para ambos concentrados la cinética de PG fue similar, aunque esto no coincidió con la desaparición *in vitro* de la MS y MO, que fue menor en BM (Cuadro 13).

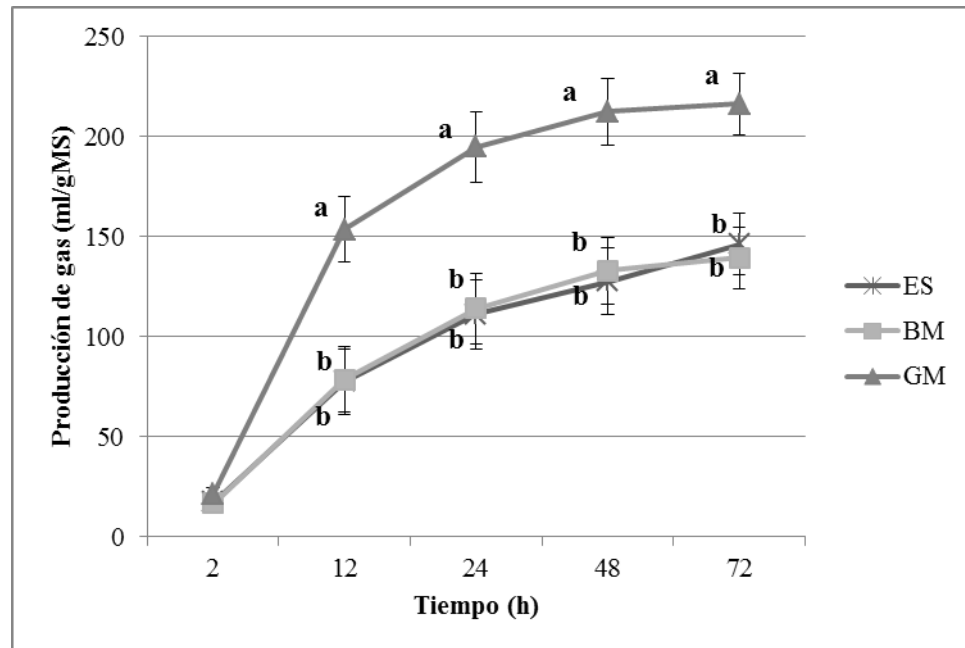


Figura 4. Evolución de la producción de gas acumulada en el tiempo de los alimentos puros.

La Tmax de PG no se diferenció estadísticamente entre los concentrados proteicos pero éstos sí lo hicieron respecto al GM. Para el ES y la BM la Tmax fue de  $8,68 \pm 0,907$  ml/g MS.h-1 en promedio, en tanto que el TTmax fue de  $1,75 \pm 0,366$  h para dichos sustratos que también se diferenciaron del GM ( $P = 0,0249$ ) como puede verse en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Parámetros de fermentación ruminal in vitro.

Parámetro	Tratamiento			EEM	Sig.
	ES	BM	GM		
<b>Tmax (ml/g MS.h-1)</b>	8,8 b	8,6 b	21,1 a	1,97	0,0021
<b>TTmax (h)</b>	2,0 b	1,5 b	4,0 a	0,55	0,0249
<b>a (ml/g MS)</b>	1,8 a	2,4 a	-21,0 b	2,97	<0,0001
<b>b (ml/g MS)</b>	142,6 b	139,3 b	231,9 a	12,75	<0,0001
<b>c (ml/h)</b>	0,06 b	0,06 b	0,11 a	0,011	0,003
<b>Lag (h)</b>	0,01 b	0,13 b	0,95 a	0,124	0,0008

Referencias: ES: Expeller de soja, BM: Burlanda de maíz, GM: Grano de maíz, Tmax: Tasa horaria máxima de producción de gas *in vitro*, h: Horas, TTmax: Tiempo de ocurrencia de Tmax, a: Producción de gas de la fracción soluble, MS: Materia seca, b: Producción de gas de la fracción insoluble potencialmente degradable, c: tasa fraccional de degradación de b, Lag: Fase de retardo, EEM: Error estándar de la media, Sig.: Significancia. Letras diferentes en sentido horizontal indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos.

En la modelación de la cinética de PG de los sustratos que se muestran en el Cuadro 12, se encontraron diferencias significativas en todos los parámetros. Los valores de fracción soluble *a*, fueron mayores para ES y BM respecto al GM, en tanto que los valores de la fracción potencialmente degradable *b* fueron de  $140,9 \pm 8,04$  ml/g MS en promedio para ES y BM, que resultaron significativamente menores que el GM. La tasa

de degradación de b y la fase lag fueron menores para ES y BM que no se diferenciaron entre sí.

En el Cuadro 13 se muestran los valores de desaparición de la MS (DMS), MO (DMO) y FDN (DFDN) de los sustratos puros.

Cuadro 13. Desaparición *in vitro* de la materia seca materia orgánica y fibra detergente neutro, de los alimentos puros a las 24, 48 y 72 horas de incubación.

Tiempo (h)	Concentrado			EEM	Sig.
	ES	BM	GM		
<i>Desaparición de la MS (g/kgMS)</i>					
24	575 b	244 c	737 a	25,4	<0,0001
48	753 b	414 c	842 a	40,2	<0,0001
72	788 b	474 c	861 a	22,8	<0,0001
<i>Desaparición de la MO (g/kgMO)</i>					
24	567b	231c	732 a	24,8	<0,0001
48	750b	402c	840 a	7,7	<0,0001
72	785b	466c	856 a	21,8	<0,0001
<i>Desaparición de la FDN (g/kgFDN)</i>					
24	531 a	341 b	272 b	49,0	0,0019
48	787 a	498 b	502 b	30,3	<0,0001
72	839 a	583 b	637 b	54,1	<0,0001

ES: Expeller de soja, BM: Burlanda de maíz, GM: Grano de maíz, EEM: Error estándar de la media, Sig.: Significancia. MS: Materia seca. MO: Materia orgánica. FDN: Fibra detergente neutro. DMS: Desaparición de Materia seca. Letras diferentes en sentido horizontal indican diferencias significativas ( $p<0,05$ ) entre tratamientos.

En todos los horarios se encontraron diferencias significativas entre los sustratos ( $P<0,0001$ ) tanto para DMS como para DMO que fueron mayores para el GM, seguido del ES y por último la BM. A las 48 h la DMS fue del 84% para el GM, 75 % para el ES y 41% para la BM (Cuadro 13).

Durante las primeras 24 h se observó la mayor tasa de desaparición tanto de la MS como de la MO. La DFDN no se diferenció entre el GM y la BM pero ambos sí se diferenciaron del ES. A las 72 h la DFDN fue de 610 g/kg FDN en promedio para la BM y GM y de 839 g/kg FDN para el ES.

Los resultados obtenidos *in vitro* para los alimentos puros resultaron similares a los obtenidos *in situ*. En el Cuadro 14 se presentan los datos de desaparición *in vitro* y degradabilidad *in situ* de la MS a las 24 y 48 h.

Cuadro 14. Comparación entre los valores de desaparición de la materia seca de los alimentos puros mediante las técnicas *in vitro* e *in situ* en g/kg/MS.

Parámetro	<i>In vitro</i>		<i>In situ</i>	
	ES	BM	ES	BM
DR 24 h	575	244	528	257
DR 48 h	753	414	657	342

DR: Degradabilidad real, h: Hora, ES: Expeller de soja, BM: Burlanda de maíz.

Las desapariciones *in situ* a 24 y 48 horas para el ES (ES) fueron de 528 y 657 g/kg MS respectivamente, un 9 y 15 % inferiores a los valores obtenidos mediante técnica *in*

*vitro* para los alimentos puros. Para el caso de la BM, a las 24 h las diferencias fueron mínimas (5 %), en tanto que a las 48 h la técnica *in vitro* arrojó un valor 21% superior al encontrado *in situ*.

Las pérdidas en cada caso fueron de 57 g/kg MS para ES y de 28 g/kg MS para BM.

### 6.2.2.2. Producción de gas y desaparición *in vitro* de las dietas completas

La PG de las muestras que representaron las dietas de los animales durante la recría y la terminación se detalla en las Figuras 5 y 6. Se hallaron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en la PG de las muestras que representaron las dietas de recría, no así en las de terminación, de menor concentración proteica. Para la recría, a las 2 y 12 h de incubación no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en la PG, que aumentó en tal período de  $20,0 \pm 3,23$  a  $142,2 \pm 10,31$  ml/g MS en promedio.

A las 24, 48 y 64 h, ES presentó una PG mayor ( $P < 0,05$ ) respecto a BM lo cual sugiere una mayor DR. Las combinaciones intermedias (75ES25BM, 50ES50BM y 25ES75BM) no difirieron entre sí. En todos los casos se observa una merma en la PG a medida que aumenta la inclusión de BM en la mezcla. A partir de la hora 24 se encontró un efecto lineal significativo ( $P < 0,0001$ ), lo cual sugiere una menor PG que se traduciría en una menor DR al aumentar la inclusión de BM. Esto concuerda con los valores de DMS y DMO a las 48 y 72 h, expresados en el Cuadro 12. El valor de la reducción en la PG por cada incremento de BM en la mezcla fue de 41,5, 40,3 y 35,5 ml/g MS para la hora 24, 48 y 72, respectivamente.

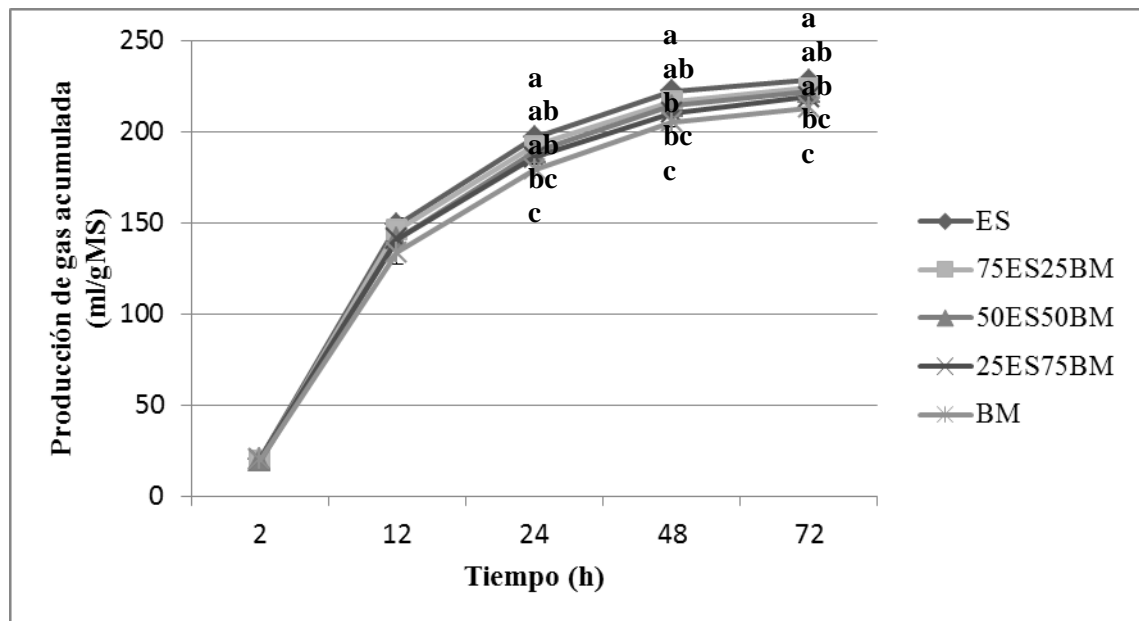


Figura 5. Producción de gas (ml/g MS) a las 2, 12, 24, 48 y 72 h durante la incubación *in vitro* de las dietas de cada tratamiento durante la recría (Letras diferentes indican diferencias significativas  $p < 0,01$ , en orden según orden de tratamiento).

En terminación, la PG no se diferenció entre tratamientos hasta la hora 72. En promedio la PG fue de  $22,9 \pm 2,21$ ,  $154,3 \pm 5,11$ ,  $193,6 \pm 2,83$ ,  $216,1 \pm 2,59$  y  $222,3 \pm 2,88$  ml/g MS para 2, 12, 24, 48 y 72 h, respectivamente. Las dietas de terminación no presentaron efectos lineales ni cuadráticos para la variable en estudio (Figura 6).

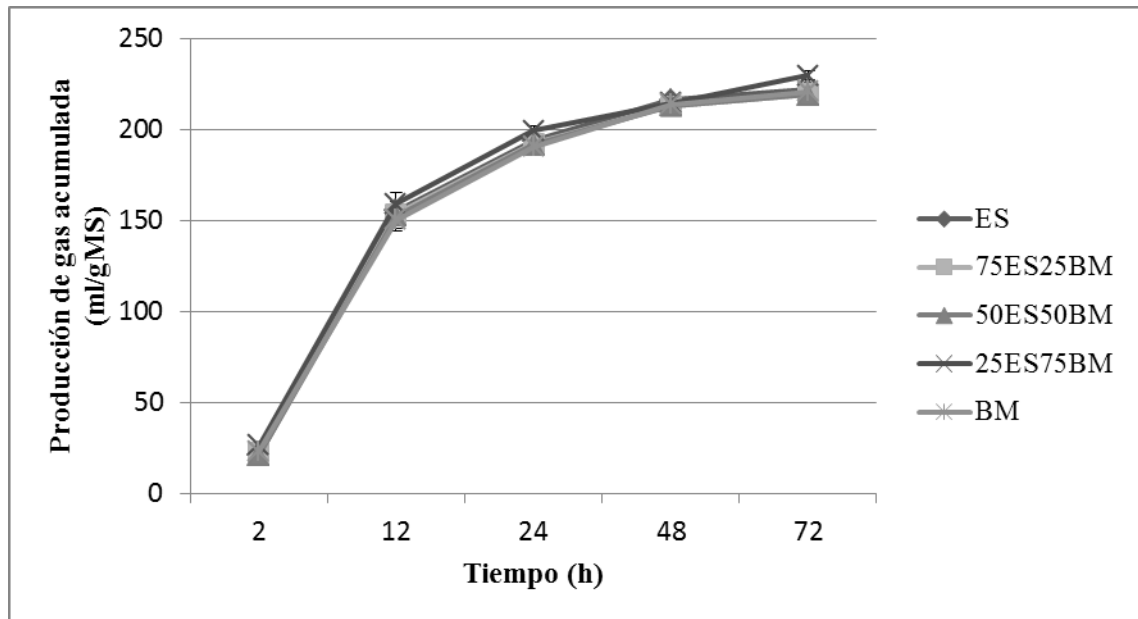


Figura 6. Producción de gas (ml/g MS) a las 2, 12, 24, 48 y 72 h durante la incubación in vitro de las dietas de cada tratamiento durante la terminación.

Tanto en recría como en terminación, la TPG (ml/g MS) no difirió significativamente entre tratamientos en ninguno de los horarios analizados. Se observó una marcada desaceleración en la PG a medida que avanza el tiempo a partir de la hora 3, con valores promedio de  $14,5 \pm 4,55$ ,  $11,7 \pm 0,71$ ,  $1,1 \pm 0,16$  y  $0,3 \pm 0,02$  ml/g MS para las 3, 7, 33 y 68 horas, respectivamente en el caso de la recría y de  $19,4 \pm 6,03$ ,  $11,1 \pm 2,11$ ,  $1,0 \pm 0,20$  y  $0,3 \pm 0,05$  ml/g MS, para las dietas de terminación.

Se estudiaron contrastes lineales y cuadráticos para cada una de las variables en estudio y no resultaron significativos en ninguno de los casos. En el Cuadro 15 se presentan los resultados de la Tmax y TTmax de PG y parámetros de cinética de PG. No se encontraron diferencias significativas en ninguna de las etapas en la Tmax y el TTmax entre los tratamientos. Los valores para Tmax tuvieron un promedio de  $16,8 \pm 1,15$  ml/gMS.h<sup>-1</sup> en recría y de  $21,6 \pm 1,68$  ml/gMS.h<sup>-1</sup> en terminación. El TTmax fue de  $4,2 \pm 1,06$  en recría y de  $4,0 \pm 1,10$  h en terminación.

Para las dietas de recría, la PG de la fracción soluble *a* no difirió entre tratamientos y la *fase lag* o de retardo en el comienzo de degradación del sustrato fue mayor para ES respecto a BM ( $p < 0,0001$ ). La PG de la fracción potencialmente degradable *b* presentó el mismo comportamiento y fue significativamente menor en BM ( $P = 0,0082$ ) respecto a ES. Por su parte, la tasa de degradación “c” presentó un valor promedio de  $0,1 \pm 0,007$ , sin diferencias significativas (Cuadro 15).

Cuadro 15. Parámetros a, b y c del modelo exponencial que describe la cinética de producción de gas *in vitro* (Ørskov y McDonald, 1979) y tiempo de retardo hasta el comienzo de esta (Lag, h).

Parámetro	Tratamiento					EEM	Sig.
	ES	75ES:2 5BM	50ES:5 0BM	25ES:7 5BM	BM		
<b>Recría</b>							
<b>Tmax</b> (ml/g MS.h-1)	17,4	16,7	16,3	17,2	16,2	1,15	0,9279
<b>TTmax</b> (h)	4,3	4,3	4,3	4,0	4,0	1,06	0,9473
<b>a</b> (ml/g MS)	-26,0	-24,5	-22,6	-24,5	-16,4	2,75	0,1513
<b>b</b> (ml/g MS)	251 a	244 ab	240 ab	233 bc	225 c	4,4	0,0082
<b>c</b> (ml/h)	0,10	0,10	0,09	0,10	0,09	0,007	0,9156
<b>Lag</b> (h)	1,3 a	0,8 bc	0,8 bc	1,0 ab	0,5c	0,08	<0,0001
<b>Terminación</b>							
<b>Tmax</b> (ml/g MS.h-1)	22,0	22,5	21,4	21,6	20,4	1,68	0,9251
<b>TTmax</b> (h)	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	0,45	1,000
<b>a</b> (ml/g MS)	-25,4	-22,3	-24,4	-14,9	-17,1	2,83	0,0753
<b>b</b> (ml/g MS)	241,9	236,0	237,9	239,6	232,3	4,44	0,6198
<b>c</b> (ml/h)	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,009	0,9534
<b>Lag</b> (h)	1,4 a	0,7 b	1,3 a	0,5 b	1,2 a	0,07	0,0001

ES: Expeller de soja, BM: Burlanda de maíz, Tmax: Tasa horaria máxima de producción de gas *in vitro*, h: Horas, TTmax: Tiempo de ocurrencia de Tmax, a: Producción de gas de la fracción soluble, MS: Materia seca, b: Producción de gas de la fracción insoluble potencialmente degradable, c: tasa fraccional de degradación de b, Lag: Fase de retardo, EEM: Error estándar de la media, Sig.: Significancia. Letras diferentes en sentido horizontal indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos.

Los contrastes lineales resultaron significativos en recría para la fracción *a* ( $P = 0,0142$ ) y *b* ( $P = 0,0004$ ), con pendientes de 24,13 y -62,73 ml/g MS, lo cual indica mayores valores de *a* y menores valores de *b* a medida que aumenta la proporción de BM en la muestra.

Para el caso de la terminación, no se encontraron efectos lineales ni cuadráticos para ninguna de las variables ( $P > 0,05$ ). No se encontraron diferencias significativas en ninguno de los parámetros de la modelación. Los valores de PG de la fracción *a*, *b* y tasa *c* promediaron  $20,8 \pm 2,83$ ,  $237,5 \pm 4,44$  ml/g MS y  $0,11 \pm 0,009$  ml/h respectivamente. La *fase lag* fue significativamente mayor ( $P = 0,0001$ ) para ES (Cuadro 15).

En el Cuadro 16 se muestran los resultados obtenidos de desaparición de la MS, MO y FDN en cada etapa. Tanto para la recría como para la terminación, la DMS y DMO presentaron diferencias significativas entre tratamientos en todos los horarios. En recría a las 48 y 72 h la DMS de ES fue un 10% mayor que BM, en ambos casos. En el caso de la terminación, las diferencias en DMS también fueron significativas en todos los horarios ( $P < 0,0001$ ). A las 24 h ES presentó la mayor DMS, un 6% mayor que el promedio de los tratamientos intermedios (75ES25BM, 50ES50BM y 25ES75BM) y un 13% mayor que BM. No se observaron diferencias a las 72 h en terminación para los tratamientos intermedios pero si entre ES y BM.

La tasa de pasaje (*kp*) más representativa del Experimento 1 de acuerdo a la ecuación (4) presentada en 5.2.3. (NRC, 2001), fue de 3,8 %/h para la recría y de 3,7 %/h para la

terminación, teniendo en cuenta un nivel de consumo (CMS) promedio en ambas etapas de 2,1 % PV y teniendo en cuenta que se trata de dietas 100% concentradas. Ello resultó en un tiempo de retención media en el rumen (TRMR= 100%/kp, h) de 26,7 h promedio en ambas etapas. La DMO a las 48 y 72 h, para la recría (Cuadro 16), siguió el mismo patrón de diferencias entre tratamientos que la MS, con mayor desaparición para los tratamientos que poseían mayor proporción de ES en la mezcla. No obstante, ES y BM no se diferenciaron entre ellos a 24 h aunque si en los otros horarios. Para la terminación el comportamiento también fue similar al de DMS, con los valores mayores de DMO para ES versus BM. La DFDN se diferenció entre tratamientos durante la recría para las 48 y 72 h, con mayores valores para ES respecto a BM, sin diferencias durante la hora 24 ( $P = 0,2493$ ) (Cuadro 16). Entre las 48 y 72 h la DFDN fue decayendo a medida que aumentó la concentración de BM.

Durante la terminación hubo diferencias ( $P < 0,05$ ) aunque de menor significancia que durante la recría para las 24 y 72 h. ES y BM solo se diferenciaron a las 24 h.

Se probaron efectos lineales y cuadráticos para las variables DMS, DMO y DFDN en cada una de las etapas. Para las dietas de recría se observaron efectos lineales significativos ( $P < 0,0001$ ) a las 48 y 72 h, no así para las 24 h ( $P = 0,8142$ ) tanto para DMS como para DMO y DFDN. En dichos horarios se observó una reducción lineal de la desaparición de los sustratos de 219 y 228 g/kg MS, 221 y 229 g/kg MO y de 169 y 129 g/kg FDN para 48 y 72 h, respectivamente a medida que aumentó la proporción de BM en las mezclas.

Durante la terminación resultaron significativos los contrastes lineales en todos los horarios para DMS y DMO ( $P < 0,0001$ ). Por cada incremento proporcional de BM en la mezcla, la DMS se redujo en 216, 131 y 106 g/kg MS para 24, 48 y 72 h, respectivamente. Para la DMO, estos valores fueron de -221, -134 y -11 g/kg MO para dichos horarios. Los contrastes para la DFDN solo resultaron levemente significativos para las 72 h ( $P = 0,0124$ ), con una pendiente de -112 g/kg FDN, también indicando una reducción en la desaparición de la FDN a medida que aumentó la proporción de BM en la ración.



Cuadro 16. Desaparición *in vitro* de la materia seca, materia orgánica y fibra detergente neutro a las 24, 48 y 72 horas de incubación durante recría y terminación.

Tiempo (h)	Tratamiento					EEM	Sig.
	ES	75ES:25 BM	50ES:50 BM	25ES:75 BM	BM		
<i>Desaparición in vitro de la MS (g/kgMS)</i>							
<b>Recría</b>							
24	675 ab	731 a	703 a	690 ab	664 b	30,3	0,0203
48	840 a	831 a	806 b	782 c	755 d	8,5	<0,0001
72	877 a	861 b	830 c	812 c	788 d	9,4	<0,0001
<b>Terminación</b>							
24	772 a	736 b	729 b	719 b	672 c	11,1	<0,0001
48	846 a	835 a	825 a	804 b	796 b	9,6	<0,0001
72	861 a	842 b	839 b	830 bc	814 c	7,2	<0,0001
<i>Desaparición in vitro de la MO (g/kgMO)</i>							
<b>Recría</b>							
24	668 ab	725 a	696 a	684 a	659 b	29,8	0,0233
48	835 a	826 a	801 b	777 c	749 d	8,4	<0,0001
72	873 a	857 b	824 c	809 c	783 d	12,5	<0,0001
<b>Terminación</b>							
24	767 a	731 b	724 b	714 b	665 c	12,0	<0,0001
48	842 a	831 a	821 a	799 b	791, b	10,5	<0,0001
72	857 a	840 b	835 b	825 bc	809 c	7,5	<0,0001
<i>Desaparición in vitro de la FDN (g/kgFDN)</i>							
<b>Recría</b>							
24	321	473	422	459	463	71,3	0,2493
48	714 a	712 ab	689 b	668 c	650 d	17,6	<0,0001
72	792 a	776 ab	771 ab	752 bc	740 c	16,6	0,0131
<b>Terminación</b>							
24	382 a	378 ab	353 b	375 ab	341 b	27,2	0,0347
48	629	611	607	578	606	19,9	0,1978
72	737 ab	738 a	703 bc	692 c	704 abc	16,2	0,0485

MS: Materia seca, MO: Materia orgánica, FDN: Fibra detergente neutro, ES: Expeller de soja, BM: Burlanda de maíz, EEM: Error estándar de la media, Sig.: Significancia. DMS: Desaparición de la materia seca. Letras diferentes en sentido horizontal indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos.

En síntesis, los resultados *in vitro* concordaron con los arrojados por la técnica *in situ*. La PG de los concentrados proteicos no presentó diferencias significativas. En tanto que la desaparición de la MS, la MO y la FDN fue mayor en el GM, seguida por el ES y menor para la BM. Las dietas de recría y de terminación que mayor proporción de BM incorporaron presentaron menor desaparición de la MS, MO y FDN y por ende mayor FNDR y PNDR.

### Digestibilidad intestinal *in vitro*

Los datos de digestibilidad intestinal de las combinaciones de BM y ES se detallan en el Cuadro 17.

Cuadro 17. Digestibilidad intestinal *in vitro* de la materia seca, la proteína bruta total y proteína no degradable en rumen del ES y BM y sus combinaciones en g/kg de MS, PB y PNDR, respectivamente.

Parámetro	Tratamiento					EEM	Sig.
	ES	75ES:25 BM	50ES:50 BM	25ES:75 BM	BM		
<b>DIVMS</b>	615 a	578 a	517 b	452 c	342 d	15,3	0,0003
<b>PNDR</b>	579 e	637 d	700 c	762 b	836 a	38,5	<0,0001
<b>DPNDR</b>	904 a	805 a	719 b	631 c	546 d	13,5	<0,0001
<b>PBD</b>	523 a	513 ab	503 ab	481 bc	455 c	37,0	0,0271
<b>TPBD</b>	944 a	873 b	803 c	719 d	619 d	12,1	<0,0001

ES: Expeller de soja, BM: Burlanda de maíz, EEM: Error estándar de la media, Sig.: Significancia. DIVMS: Digestibilidad *in vitro* de la materia seca, DPNDR: Digestibilidad *in vitro* de la proteína no degradable en rumen; PBD: Proteína bruta digestible en intestino delgado, calculada como PBD=PNDR x DPNDR; TPBD: Total de proteína digestible de la dieta, calculada como TPBD=100-PNDR+PBD. Letras diferentes en sentido horizontal indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos.

Se encontraron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre tratamientos para DIVMS. Los valores de DIVMS se incrementan con un efecto lineal ( $P < 0,0001$ ) a medida que aumenta la participación de ES en la mezcla, llegando a una diferencia de  $519 \pm 10,9$  g/kg MS entre ES y BM. A medida que aumentó la inclusión de BM, la DIVMS cayó 130 g/kg MS.

De la misma manera, la DPNDR cayó a medida que aumentó el nivel de BM en la mezcla siendo estadísticamente diferentes los tratamientos entre sí con valores que van de 546 g/kg PB para BM hasta 904 g/kg PB para ES. Nuevamente el contraste lineal resultó significativo ( $P < 0,0001$ ), con reducciones de 89 g/kg PB a medida que se incrementa la BM en la mezcla. El aprovechamiento intestinal de la PNDR de las mezclas se vio marcadamente reducido a medida que se incrementó el nivel de BM. Tanto la PBD y el TPBD difirieron entre tratamientos, siendo mayores los valores para ES y decayendo a medida que se incrementó la BM. Los valores de aprovechamiento en el total del tracto digestivo (rumen e intestino delgado) fueron de 944 g/kg PB para ES, superiores a los encontrados para BM (619 g/kg PB). En ambos casos el contraste lineal fue significativo, con pendientes de -61 y -125 g/kg PB, para PBD y TPBD, respectivamente a medida que aumentó la cantidad de BM en la dieta. Estos datos concuerdan con los menores valores de DE hallados para los tratamientos con mayor inclusión de BM.

En resumen, la digestibilidad de los nutrientes (MS y PB) fue aumentando a medida que aumentó el nivel de ES en la mezcla de concentrados proteicos.

## 7. DISCUSIÓN

### 7.1. Experimento 1: Respuesta productiva de los animales

Fisiológicamente la recría abarca la etapa en la vida del animal durante la cual es deseable que predomine la deposición de tejido muscular esquelético tanto en longitud como en circunferencia por sobre los demás tejidos. Por esto debe ser el tejido muscular la principal componente del GDPV de los terneros (Pas *et al.*, 2004). Una gran cantidad de factores determinan el desarrollo posnatal de las fibras musculares durante esta etapa, entre los que se destaca la nutrición. Atendiendo a ello, durante la recría el nivel de PB promedio de las dietas fue de 15,9 % base seca a fin de garantizar un adecuado suministro proteico para lograr el desarrollo muscular esperado (Cuadro 7). Si bien las dietas fueron isoenergéticas, el aporte energético provino de diferentes tipos de fuentes ya que mientras que en el tratamiento ES predominan los carbohidratos (CHOs) no estructurales y lípidos, en el tratamiento BM encontramos 10 puntos porcentuales más de FDN, es decir, carbohidratos estructurales provenientes de la pared celular vegetal. A medida que aumenta la participación de la BM, también lo hacen los CHOs estructurales como fuente energética lo cual podría haber determinado, entre otros factores, los resultados productivos. A pesar de que hubo diferencias en la DIVMS (829 vs 792 g/kg MS para ES y BM respectivamente) de las dietas utilizadas durante la recría en favor de los tratamientos que utilizaron mayor cantidad de ES (ES y 75ES:25BM), esto no se tradujo en una mejora en la EC durante la respuesta productiva. En esta etapa, los tratamientos con mayor cantidad de BM presentaron digestibilidades menores a 800 g/kg debido posiblemente al mayor contenido de FDN y NIDA de la BM respecto al ES utilizado. En la terminación por su parte, no hubo diferencias significativas en la DIVMS, dado posiblemente por la menor participación de los concentrados proteicos en las dietas en favor de la participación del GM. A pesar de ello las mejores GDPV las alcanzaron los animales de los tratamientos que incluyeron BM que se diferenciaron de ES. La EC en esta etapa no presentó diferencias significativas. Es decir, que a pesar de ser dietas isoproteicas, la fuente de proteína usada no fue determinante para la EC. Los animales de recría en este trabajo ingresaron con un PV de  $160,8 \pm 2,70$ , sin diferencias significativas, no obstante, numéricamente fue menor el PVi de los tratamientos que tuvieron mayor cantidad de BM a pesar de haber sido aleatoria su separación. Durante esta etapa la GDPV fue superior para el tratamiento que más ES incorporó, lo cual es razonable debido al mejor perfil de aminoácidos que presenta el ES vs BM y los mayores requerimientos en este sentido de los animales más jóvenes.

No se encontraron trabajos que prueben cantidades crecientes de BM en las dietas en reemplazo de ES. Los tratamientos aplicados que incorporaron 8 y 14% de ES en las dietas (25ES:75BM y 50ES:50BM, respectivamente) lograron GDPV mayores (1,1 y 1,2 kg/d) y una mejor EC (4,70 kg/kg) que la encontrada por Coenen y Trenkle (1989) al probar la inclusión de ES sobre novillos de 168 y 220 kg al 4 y 10 % de inclusión en dietas base GM partido (0,680 a 0,690 kg/d y una EC de 7,56 a 8,12 kg/kg para el 4 %, en tanto que los valores fueron de 0,890 a 0,830 kg/d y de 5,82 a 7,14 kg/kg para el 10% de ES). Estas diferencias pueden atribuirse a diversos factores como la dieta basal utilizada, el nivel de inclusión de ES en cada caso y al nivel proteico de la dieta que fue mucho menor (10,1 vs 15,8 % PB). A su vez, los valores encontrados para GDPV coinciden con la respuesta esperada establecida por NRC (2000) para esa categoría y PV, a ese nivel diario de PB (0,51 kg de consumo de PB), con niveles mayores de PB y cubiertos los demás requerimientos es de esperar una mayor GDPV y sobre todo en la componente muscular de la carcasa.

Buttrey *et al.*, (2012) trabajaron con BM ( $31,3 \pm 1,8$  % PB y  $32,8 \pm 1,5$  % FDN) en un estudio que la incluyó en dietas de recría en un 0,5% del PV de novillos para carne, similar al nivel de los tratamientos 25ES75BM (0,48% PV) y BM (0,68 % PV). Durante la recría los animales fueron llevados de 197 a 374 kg de PV y alcanzaron un GDPV algo mayor al de este trabajo (1,4 kg/d) y no encontraron diferencias en la ganancia diaria entre los tratamientos ya sea que incorporen o no BM. La mejora en la respuesta productiva tras incorporar BM en los estudios mencionados puede atribuirse a mejoras en el CMS y la digestibilidad *in vivo* de la dieta sobre todo si se emplean niveles que van desde 0,6 a 1,2% PV (Hernández *et al.*, 2014). En un estudio nacional Frossasco *et al.*, (2016a) evaluaron en recría de terneros Holando (PV de  $91,5 \pm 14,2$  y  $93,4 \pm 14,9$  kg) la inclusión de BM seca o húmeda en un 15,4 % de la MS (similar a 50ES:50BM) de dietas base heno de alfalfa (39,3 %), GM (33,9 %) y ES (11,4 %) respecto de un control sin la adición de burlanda. Las dietas fueron isoproteicas (19,5 % PB) e isoenergéticas (2,7 Mcal EM/kg MS) y en este caso la respuesta productiva fue en favor del tratamiento que incluyó BM tanto húmeda como seca, contrario a lo encontrado en este trabajo donde fue mayor la GDPV para el tratamiento ES. Las diferencias pueden atribuirse a que el nivel de proteína de las dietas fue superior. No obstante, ellos tampoco encontraron diferencias significativas en los parámetros productivos siguiendo los mismos tratamientos (15% PB y 2,9 Mcal EM/kg MS) durante el engorde. Coincidiendo además en que tampoco observaron diferencias en las características de la carcasa al reemplazar ES por BM (Frossasco *et al.*, 2016b).

En dietas de terminación los niveles crecientes de BM no afectaron la GDPV de los animales, aunque si hubo diferencias al reemplazar totalmente un concentrado por el otro en favor de la BM. Los tratamientos que incluyeron ES alcanzaron una GDPV máxima de 1,3 kg, con un mínimo de 1,1 para el tratamiento que mayor cantidad de ES incorporó que fue ES (ca. 1,5 kg/a/d), por su parte la EC fue de 5,3 kg/kg en promedio. En este sentido, McNiven *et al.*, (2004) encontraron una GDPV de 1 kg/d con una EC de 9,1 kg/kg, en novillos pesados cruza (420 kg) al suplementar ES a razón de 2kg/animal/día una dieta base silajes. La EC fue mejor en este trabajo debido al menor CMS lo cual también se debe a la pérdida de EC al aumentar el PV animal. Por su parte, en un trabajo similar Latimori *et al.*, (2016) evaluaron el efecto de la adición de ES o HS en dietas a base de GM entero en novillos británicos de  $213 \pm 22,9$  kg de PV y encontraron una EC similar (5,5 kg/kg) al alcanzar una mejor GDPV (1,56 kg/d) pero mayor CMS (8,4 kg/animal/d) en el tratamiento que incluyó 6,1% de ES. No se podrían atribuir las diferencias al contenido proteico de las dietas ya que sobre dietas isoenergéticas a base de GM entero y heno de mijo Beierbach *et al.*, (2014) evaluaron el ES versus la HS en novillos Angus ( $300 \pm 20$  kg) en dietas base GM entero y heno picado, contrastando a su vez un nivel proteico de la dieta de 9, 12 y 15% PB sobre base seca, sin encontrar diferencias significativas entre niveles de PB. Los autores tampoco encontraron diferencias significativas en los parámetros productivos tras incluir 3, 8, 11 ó 20% de ES en el total de la dieta (1,2 kg/a/d de GDPV y 8,7 kg/kg de EC), al igual que lo encontrado en este trabajo para niveles de inclusión de 7 (50ES50BM), 9 (75ES25BM) y 12% (ES) de ES. En coincidencia con dicho trabajo, la GDPV promedio de los tres tratamientos indicados fue de 1,2 kg/d, aunque la EC fue de 5,2 kg/kg por el menor CMS. Razón para ello también es el PVf obtenido que fue de 339,6 vs 453 para el trabajo de Beierbach *et al.* (2014) ya que al ir aumentando el PV de terminación cae la EC. Para los parámetros a faena, dichos autores encontraron que los tratamientos tampoco afectaron el rendimiento de la res (58,9%) ni el EGD (9,3 mm). En este trabajo y para los tratamientos mencionados el rendimiento al gancho promedio fue de 56 %, en tanto que el EGD promedio de 10,66 mm atribuibles también al menor peso de faena.

Estudios que evaluaron la inclusión de BM en etapa de terminación, encontraron que, a medida que aumentan los niveles de inclusión de BM en las dietas, se mejora el GDPV y EC tanto en novillos (Klopfenstein *et al.*, 2008, Van der Pol *et al.*, 2006 y Buttrey *et al.*, 2012 y 2013) como en vaquillonas (Buttrey *et al.*, 2012). Benson *et al.*, (2005) evaluaron la inclusión de BM sobre novillos de  $375 \pm 8,2$  kg de PV en niveles de 15, 25 y 35% de la MS, en dieta isoenergéticas base maíz partido (82%) y encontraron una respuesta cuadrática al CMS al aumentar el nivel de BM de 15 a 35% sin diferencias en GDPV (2,02 kg/d) y EC (5,5 kg/kg). Por ello concluyen que hasta un 35% de inclusión no afectaría la performance animal, aunque la respuesta se maximiza con 25%. Este valor fue del 20% en el trabajo realizado por Buckner *et al.*, (2007) quienes utilizaron novillos británicos cruza ( $307 \pm 24,5$  kgPV) y evaluaron el efecto de la incorporación de niveles crecientes de BM (10, 20, 30 y 40% de la MS de la dieta) en dietas base grano de maíz rolado. Los autores encontraron la mejor EC al 20% de inclusión (5,6 kg/kg) y la más desfavorable al 10% (6,15 kg/kg). Aunque Walter *et al.*, (2010) concluyeron que con hasta un 40% de inclusión de BM o de burlanda de trigo en dietas base grano de cebada, se mejora la respuesta productiva de novillos sin desmejorar la calidad de la carne y la producción de la carcasa. La mejor performance en este trabajo, medida en términos de GDPV se encontró para los tratamientos que incluyeron BM y que lo hicieron a un nivel de 3, 7, 12 y 16% del total de la dieta, sin diferencias en EC.

Los resultados de un meta análisis basado en trabajos que incluyeron BM en las dietas de bovinos para carne, mostraron una respuesta cuadrática en el GDPV y cúbica en la EC a medida que se incrementa el nivel de inclusión de granos de destilería secos en la dieta de 0 a 40 % (Klopfenstein *et al.*, 2008). Los valores de estas variables fueron desde 1,65 a 1,7 kg/d para GDPV, desde 6,3 a 6,6 kg/kg para EC y desde 10,4 a 10,6 kg/a/d de CMS (Benson *et al.*, 2005; Bremer *et al.*, 2006; Buckner *et al.*, 2007; Ham *et al.*, 1994; May *et al.*, 2010). El CMS y el GDPV fueron menores y la EC mejoró en este trabajo respecto a los rangos descriptos. La mejora en la respuesta productiva ante la inclusión de BM en algunos trabajos puede deberse a una mejora en la digestibilidad de la fibra de la dieta lo cual implica un aporte energético capaz de mantener el pH ruminal a diferencia de lo que ocurre al suplementar granos almidonosos (Felix *et al.*, 2012). Otros estudios incorporaron BM en dietas base maíz rolado al vapor o grano de cebada durante la terminación, arrojaron GDPV de entre 1,4 y 1,7 kg/d, con una EC entre 5,1 y 6,4 kg/kg en terminación (Carrasco *et al.*, 2013 y Eun *et al.*, 2009), esta EC es mejor a la encontrada. Beliveau *et al.*, (2007) con 23,3% base seca de inclusión de BM y Wood *et al.*, (2011) con 20% de inclusión de BM tanto en recría como en terminación tampoco encontraron diferencias significativas. Estos últimos autores solo encontraron diferencias en el GDPV durante la recría a favor del grupo sin BM (1,42 vs 1,34 kg/d) sin diferencia en el CMS y EC. En terminación los grupos tampoco se diferenciaron ni en GDPV, CMS, EC, AOB ni EGD. Para mayores niveles de inclusión de BM, Schoonmaker *et al.*, (2013) no encontraron efectos adversos en el crecimiento ni en la respuesta productiva de los terneros (PV de  $199,7 \pm 12,2$  kg), con hasta un 60% de inclusión. A este nivel solo se redujo la grasa intramuscular, los autores asocian esta reducción a una partición diferencial de la proteína proveniente de PNDR (mayor a mayores niveles de inclusión de BM) hacia la formación de músculo en vez de grasa.

En este estudio no hubo diferencias entre tratamientos al aumentar la proporción de BM en la dieta, no obstante las dietas basales en la mayoría de los casos fueron diferentes y utilizaron maíz extrusado, flaqueado al vapor, rolado, húmedo y en ciertos casos incorporaron forrajes a las dietas, lo cual puede haber impreso variaciones positivas ante la inclusión de granos de destilería.

## 7.2. Experimento 2: Evaluación de la calidad nutricional de los alimentos puros y dietas

### Calidad composicional de los alimentos

Los valores de calidad composicional de los concentrados proteicos se encuadran dentro de los rangos establecidos por Brunetti *et al.*, (2015a) para la BM proveniente de industrias de la Provincia de Córdoba y para el ES proveniente de Santa Fe (Gaggiotti *et al.*, 2014). Para el ES, estudios anteriores mostraron valores similares de PB (373 vs 415 g/kg MS en este estudio) y NIDA (21 vs 22 g/kg NT) pero el subproducto presentó diferentes valores de FDN (107 vs 225 g/kg MS) (Mjoun, Kalscheur, Hippen, & Schingoethe, 2010). Kleinschmit *et al.*, (2007) evaluaron cinco tipos de granos de destilería de maíz para los cuales informaron valores de MS entre 875 y 907 g/kg MS, PB entre 306 y 335 g/kg MS y NIDA entre 116,9 y 164,9 g/kg NT similares a los hallados para la BM, aunque los valores de NIDA se ubicaron cercanos al límite superior establecido por los autores. Los valores de MS y PB de la BM de este ensayo, son además coincidentes con los establecidos por NRC (2001) y Janicek *et al.*, (2008) que establecen valores de entre 885 y 903 g/kg MS para la MS y de 293 a 333 g/kg MS para la PB. No obstante, los valores de FDN de la BM son superiores (613 g/kg MS) a los establecidos por NRC (2001) que propone 460 g/kg MS para este componente y a valores propuesto por estudios anteriores: 295 a 372 g/kg MS (Kleinschmit *et al.*, 2007, Mjoun *et al.*, 2010 y Li *et al.*, 2012).

Una mayor cantidad de PNDR se podría asociar a valores elevados de NIDA (Mustafa *et al.*, 2000). Sin embargo, un incremento excesivo en el NIDA permitiría explicar daños en la PB lo cual reduce su digestibilidad (Can and Yilmaz, 2002). Para el ES se informaron 22 g/kg Nt de NIDA, esta cantidad es inferior al valor de 107 g/kg Nt encontrado por Hussein *et al.*, (1995) y Schroeder (2012) por debajo del cual no se afectó la degradabilidad ruminal de la PB ni su digestibilidad en harina de soja. No ocurrió lo mismo con la BM que presentó valores de 155 g/kg NT de NIDA y en la cual se observó una DIVPB inferior al ES. No obstante, dicho valor se sitúa por debajo de lo establecido por Li *et al.*, (2012) quién reportó un valor de NIDA de 239 g/kg NT para diferentes muestras de BM. Estas diferencias pueden atribuirse a las variaciones que presenta la calidad composicional de la BM respecto al método de obtención y si en éste se fermenta el grano entero o solo el endosperma, y si se le adicionan o no solubles, entre otros factores.

### Degradabilidad ruminal del expeller de soja, la burlanda de maíz y sus mezclas

Tanto el ES como la BM, presentaron una DE de la MS menor al grano original, lo cual es lo esperado dado el efecto de la temperatura de procesamiento sobre los nutrientes. El GM presenta una DE entre 615 a 694 g/kg MS (Ingentron *et al.*, 2010) en tanto la BM presentó 168,0 g/kg MS en este trabajo. Por su parte, el grano de soja posee una DE de 735 g/kg PB (NRC, 2001) en tanto que el ES arrojó un valor de 432,3 g/kg PB.

Los valores de DE de la MS de los concentrados proteicos estudiados fueron descendiendo desde 450 para ES hasta 168 g/kg MS para BM con un marcado efecto lineal explicado, entre otras cosas, por el efecto del procesamiento sobre la biodisponibilidad de los nutrientes.

Se estableció una tasa de pasaje de 4,50 y 4,75 %/h para la recría y la terminación, respectivamente. Este valor nos indica que la ingesta en cada caso tiene un tiempo medio de retención de 21 y 22 h. La baja DE de la BM puede explicarse dado que las proteínas del grano de maíz son principalmente prolaminas y glutelinas, las cuales son

altamente resistentes a la degradabilidad ruminal por su elevado peso molecular y sus uniones mediante puentes disulfuro (Clark *et al.*, 1987) lo cual las vuelve menos degradables. A su vez, el proceso de secado podría aumentar la resistencia a la acción de las enzimas bacterianas. A su vez, se trata de especies diferentes, mientras el maíz es una gramínea C4, la soja es una leguminosa C3 con menor contenido de tejidos vasculares y esclerenquimáticos y mayor contenido celular y mesófilo lo cual la vuelve mucho más digestible (Van Soest, 1991).

Se encontraron bajos valores de DE para la BM ( $168 \pm 2,64$  g/kgMS) y elevados valores de PNDR (836,4 g/kg PB) con un efecto lineal significativo de aumento en la PNDR al aumentar la BM en la dieta (pendiente de 63,4 g/kg PB). Esto puede deberse a las características composicionales de la BM que resultan muy variables ya que dependen de múltiples factores (Belyea *et al.*, 2010 y Shurson *et al.*, 2001), lo cual hace necesario el análisis periódico de las materias primas previo a su inclusión en las dietas para animales en producción. La PNDR encontrada para BM es superior a lo establecido por Kleinschmit *et al.*, (2007), Gao *et al.*, (2015) y Benton *et al.*, (2006), quienes encontraron valores de PNDR para los granos de destilería de maíz que van desde 536 hasta 717 g/kg PB (297 a 310 g/kg MS de PB). No obstante se encuentra dentro de lo establecido por Firkins *et al.*, (1984) y Brouk (1994) para BM (*i.e.* 470 a 872 g/kg PB). Los autores asociaron estos elevados valores en la BM al alto contenido de NIDA y baja proteína soluble en su composición. En este sentido, los aminoácidos de cadena ramificada (*i.e.* leucina, isoleucina y valina), como así también la metionina y la fenilalanina parecen ser más resistentes a la desaparición ruminal por parte de los microbios (Chiou *et al.*, 1999). No obstante, la composición de AA no sería la responsable de las diferencias significativas en la DR del ES respecto de la BM o al menos las explica muy poco ya que dichos AA totalizan 85,1 g/kg MS en la BM y 88,7 g/kg MS en el ES (Cuadro 3), lo cual no es numéricamente importante. La menor DR tanto de la MS como de la PB de la BM podría deberse entonces a daños o cambios en la estructura de la PB de la BM, productos de reacciones de Maillard u otras alteraciones sufridas durante el proceso de producción industrial.

Para el ES se obtuvo un valor de desaparición de la PB de 420,7 g/kg PB a las 12 h, muy superior a lo establecido por Borucki Castro *et al.*, (2007), quienes informaron datos de desaparición de la PB a 16 h de 278 g/kg PB, debido a un mayor contenido de la fracción soluble en el ES utilizado en el presente experimento. No obstante, el TPBD fue similar en ambos trabajos (984,6 y 971,2 g/kg PB) medido a través de la técnica *in situ* lo cual indica que el aprovechamiento final en todo el tracto digestivo fue similar cambiando el sitio de digestión. Todos estos cambios pueden atribuirse a que la degradabilidad y por ende la PNDR del ES y la BM dependen entre otras cosas de la temperatura de procesamiento del grano que puede haber afectado en mayor o menor medida la disponibilidad de PB (NRC, 2001) del sustrato incubado en cada caso, aumentando o disminuyendo la PNDR. Por su parte, Bateman *et al.*, (2005) en base a datos de 35 publicaciones científicas establecieron que la principal fuente de variación de la PNDR es el CMS, no obstante ello, establecieron que aún existen factores desconocidos que influyen dicho contenido. En este trabajo, las tasas de pasaje fueron similares (*i.e.* 8%/h) por lo que no explicarían las diferencias en PNDR. En este sentido, Yu y Nuez-Ortín (2010) encontraron una correlación negativa ( $r = -0,99$ ) entre la FNDR de los granos de destilería con el contenido de proteínas amidas I y II en ellos, lo cual implica que si durante el proceso de fermentación y secado del grano ocurren cambios en la estructura de las proteínas, aumentando el contenido de amidas, posiblemente la PNDR aumente en el subproducto resultante. Esto explicaría en parte los bajos valores de DE encontrados en la MS y PB de la BM y los elevados valores de

PNDR a medida que la proporción de BM en la mezcla aumentaba (579 en ES hasta 836 g/kg PB en BM, Cuadro 11).

En cuanto a la cinética de degradación de los subproductos, se encontró que a mayor nivel de inclusión de BM en la dieta se redujeron linealmente las fracciones *a* y *b* y aumentó la FNDR de la MS. Los valores de DE de la PB (432 g/kg PB) y la fracción *a* (310 g/kg PB) para ES, son mayores a lo establecido por Borucki Castro *et al.*, (2007) quienes evaluaron estos parámetros para la PB del ES (478 g/kg MS de PB, 295 g/kg MS de FDN y 82 g/kg N de NIDA) y encontraron una DE de 322 g/kg PB y valores de *a*, *b* y *c* de 84, 885 g/kg PB y 0,03 h<sup>-1</sup>, respectivamente. En tanto que los valores encontrados fueron menores a lo reportado en un estudio nacional con ES como suplemento de dietas base heno de *Cynodon lenfluensis* en bovinos para carne en el que se informaron valores de *a* de 790 g/kg PB y DE de 654 g/kg PB, en un material con 485 g/kg MS de PB (Kucseva, *et al.*, 2002) y a lo que establece NRC (1996) que asciende a 660 g/kg PB de DE para el ES. Las diferencias pueden deberse al elevado contenido de NIDA que presentó el ES utilizado por dichos autores (82 vs. 22 g/kg N en este estudio) y a la PB que alcanzó los 485 g/kg MS, atendiendo además a variaciones en la dieta basal de los animales fistulados.

Para el caso de la BM, Carvalho *et al.*, (2005) midieron la desaparición de la PB de la BM en vacas Holstein fistuladas y encontraron un valor de 536 g/kg PB de desaparición a 12 h de incubación en rumen, mayor a lo establecido en este trabajo (173 g/kg PB). En el Cuadro 18 se presentan los resultados de cinética de degradación ruminal de BM encontrados por diversos autores que aplicaron la técnica *in situ* para su determinación.

Cuadro 18. Parámetros de desaparición ruminal de la materia seca (g/kg MS) y la proteína bruta (g/kg PB) de la BM en diferentes estudios *in situ*.

Parámetro	Berruhet (2021)	Gao <i>et al.</i> , (2015)	Batajoo y Shaver (1998)	Li <i>et al.</i> , (2012)	Berruhet (2021)	Gao <i>et al.</i> , (2015)	Mjoun <i>et al.</i> , (2010)	Li <i>et al.</i> , (2012)
	MS				PB			
<b>a (g/kg)</b>	9	113	402	385	83	83	184	237
<b>b (g/kg)</b>	440	683	440	557	344	477	752	486
<b>c (%/h)</b>	0,7	1,4	0,1	2,9	2,9	2,0	3,9	7,2
<b>DE (g/kg)</b>	168	410	583	551	121	329	523	472

a: Fracción soluble, b: Fracción insoluble potencialmente degradable, c: tasa fraccional de degradabilidad.

En este trabajo se encontraron los menores valores de *a*, *b*, *c* y DE de la PB respecto al resto de los estudios, sólo para *a* los resultados fueron similares respecto a Gao *et al.*, (2015). La DE fue menor, asociado a un menor valor de *b*. En todos los casos se utilizaron valores similares de tasa de pasaje entre 6 y 8 % h<sup>-1</sup>. No obstante, Li *et al.*, (2012) y Gao *et al.*, (2015) no indican si corrigieron por pérdida neta de partículas durante la incubación ruminal por lo que, si no lo hicieron, podrían haber sobreestimado los valores de desaparición, proceso que si realizaron Batajoo y Shaver (1998). Para el caso de la fracción de proteína soluble *a*, todos los trabajos (Cuadro 18) se encuentran dentro del rango establecido por estudios previos que reportaron valores que van de 53 a 193 g/kg PB (Harty *et al.*, 1998, Kleinschmit *et al.*, 2007 y Mjoun *et al.*, 2010) excepto Li *et al.*, (2012). No obstante, NRC (2001) establece valores superiores para esta fracción del orden de 285 g/kg PB. Para el caso de la PDR, se han reportado valores que van desde los 630 a 807 g/kg PB (NRC, 2001, Kleinschmit *et al.*, 2007 y Mjoun *et al.*, 2010), valores mayores a los encontrados en los trabajos expuestos.



Las variaciones encontradas entre los estudios de degradabilidad *in situ* pueden deberse a diversos factores que determinan los resultados obtenidos como ser el tamaño de partícula (Figroid *et al.*, 1972; Nocek, 1985; Cerneau y Michalet-Doreau, 1991), el área de la bolsa y relación con el tamaño de la muestra (Uden *et al.*, 1974; Mehrez y Orskov, 1977), origen de los sustratos, material de la bolsa y tamaño de poros (Weakley *et al.*, 1983; Nocek, 1985), dieta de los animales (Ganev *et al.*, 1979; Weakley *et al.*, 1983), método de lavado de las bolsas (Cherney *et al.*, 1990), horarios de muestreo (Nocek, 1985; Fadel, 1992) y pérdida neta de partículas (Vanzant *et al.*, 1998). Todo esto se traduce en una sobre o subestimación de los valores de desaparición ruminal de los nutrientes, lo cual a su vez se traduce en una mayor o menor cantidad de fracción soluble en la muestra, arrojando resultados erróneos (Batajoo y Shaver, 1998). La mayoría de los trabajos consignados no establecieron si hubo corrección por pérdida de partículas por lo que esta puede ser la razón de los valores más altos encontrados para los parámetros en cuestión (Cuadro 18).

Los estudios analizados tras la búsqueda bibliográfica no incorporaron análisis de las mezclas propuestas en este trabajo. Los datos encontrados corresponden a la cinética y parámetros de degradabilidad ruminal y digestibilidad de los componentes ES y BM puros, no sus combinaciones. A su vez, son escasos los antecedentes encontrados, sobre el ES puro y su cinética de degradabilidad ruminal e intestinal.

Los resultados evidencian un claro aumento de la degradabilidad real y DE de los sustratos a medida que aumenta la proporción de ES en la mezcla. Datos que se refuerzan con los resultados obtenidos *in vitro* en la siguiente sección.

### **Desaparición *in vitro* de los sustratos**

La PG de los alimentos puros fue menor en el ES y BM respecto al GM y se desaceleró a partir de la hora 12. Para el GM puro Bueno *et al.*, (2005) establecieron una PG de 269 ml/g MS y una DMO de 896 g/kg MO a las 96 h, comparable con los valores encontrados en este trabajo a 72 h, de 217 ml/g MS y 856 g/kg MO, respectivamente. La DMS y DMO resultaron mayores para GM seguido por ES y menores para BM, no obstante la DFDN no presentó diferencias entre GM y BM que fueron mayores que ES. Esto debido a la composición similar en hidratos de carbono estructurales entre el GM y la BM que puede indicar que la FDN no sufre alteraciones de importancia durante el procesamiento, como si lo hace la proteína. En cuanto a los parámetros de fermentación ruminal, la tasa de degradación de  $b$  y la fase lag fueron menores para ES y BM que no se diferenciaron entre sí, respecto al GM lo cual puede estar asociado a la mayor cantidad de  $a$  que presentan.

También se analizó la cinética de PG de las mezclas de GM, ES y BM según las proporciones de las dietas usadas en el Experimento 1. Al respecto, no se encontraron antecedentes de estudios que hayan evaluado las dietas completas utilizadas en este trabajo mediante la técnica de PG *in vitro*. La PG de las dietas de recría se diferenció significativamente a partir de las 24 h, arrojando valores menores a medida que se incrementó la participación de la BM en la mezcla, en tanto que los tratamientos intermedios no se diferenciaron entre sí. En las dietas de terminación no se encontraron diferencias lo que se puede atribuir a la menor participación de los concentrados en la dieta en favor del GM. En cuanto a los parámetros  $a$  y  $b$  tanto en recría como en terminación, solo hubo diferencias entre ES respecto a BM, siendo variables los resultados de los tratamientos intermedios, esto se explica ya que no hubo diferencias en estos parámetros para los concentrados en estado puro, siendo la proporción de GM la que imprime la variación en cada caso. Durante ambas etapas, la fracción  $a$  fue negativa para todos los tratamientos dada la presencia de una *fase lag* o de retardo en el

comienzo de degradación del sustrato, esto puede ser debido a una producción de  $\text{NH}_3$  más temprana con la consecuente captura de  $\text{CO}_2$  por parte del buffer y reducción en la PG inicial y aparición de la *fase lag* al modelar. Para las dietas de recría hay una tendencia a presentar mayor fracción soluble y menor fracción potencialmente degradable a medida que aumenta el nivel de inclusión de BM en la mezcla, no obstante este patrón no se evidencia en las dietas de terminación debido posiblemente a la menor participación de los concentrados proteicos en la mezcla total que presentaron mayores valores de *a* respecto al GM puro.

En la recría, DMS, DMO y DFDN a 24 h no se diferenciaron para BM y ES, sin diferencias que sugieran una tendencia entre los tratamientos intermedios. Por su parte a las 48 y 72 h hubo menor desaparición de los nutrientes a medida que aumentó la cantidad de BM lo cual se correlaciona con los datos obtenidos para la BM en estado puro, de menor desaparición ruminal.

Durante la terminación la DMS y DMO de ES fueron un 6% mayores que los tratamientos intermedios y un 13% mayor que BM con un efecto lineal marcado, esto posiblemente por la mayor cantidad de GM en terminación y en los tratamientos con mayor proporción de ES dada su mayor desaparición en estado puro. En el caso de la DFDN, solo fue levemente significativo el efecto lineal a 72 h con menor desaparición al aumentar la BM, lo cual evidencia que la composición de las dietas no afectó severamente este parámetro.

#### **Digestibilidad intestinal *in vitro* del expeller de soja, la burlanda de maíz y sus mezclas**

Se destaca el bajo valor de DIVMS de la BM respecto al ES, el cual fue un 17% menor, debido principalmente a un mayor contenido de NIDA y FDN (Cuadro 6) que se traduce además en una menor EM de la primera (2,6 vs. 3,2 Mcal EM/kg MS).

La proteína by-pass o PNDR del ES presentó una alta digestibilidad intestinal. La DIVMS fue de 615 g/kg MS y la DPNDR fue de 904 g/kg PNDR. En este sentido, un estudio *in vivo* llevado a cabo por Neves *et al.*, (2007) con hembras Holstein en producción evaluó el ES y el poroto de soja sin extrusar y encontraron que no se vio alterada la digestibilidad de la PB (827 vs 811 g/kg PB) entre ambos alimentos. Los autores encontraron una DIVMS mayor (721 g/kg MS) pero un menor valor de TPBD (949 g/kg PB vs 827 g/kg PB). Esto puede atribuirse a la alta DPNDR hallada en este trabajo (904 g/kg PNDR).

Mjoun *et al.*, (2010) evaluaron diversas fuentes proteicas, entre ellas el ES y hallaron valores de DPNDR (g/kg PNDR), PBD (g/kg PB) y TPBD (g/kg PB) de 977; 469 y 989, respectivamente. Las variables fueron similares a las obtenidas en el presente estudio (904, 523 y 944). Las diferencias en PBD puede atribuirse a diferencias en el contenido de PNDR entre los materiales utilizados (480 vs 579 g/kg PB) y a las diferencias en DPNDR que son de 73 g/kg PNDR para ambos casos. En evaluaciones más antiguas para un material (ES) de 459 g/kg MS de PB, 28 g/kg NT de NIDA y 55 g/kg MS de EE, se estableció una DPNDR similar a la de este estudio (880 g/kg PNDR), con una PBD de 590 g/kg PB, también semejante a la encontrada (Maiga *et al.*, 1996). Dichos autores informaron un contenido de PNDR marcadamente inferior a los de este trabajo (333 vs 579 g/kg PB), donde la PB se aprovechó mayormente a nivel intestinal.

En todos los casos a medida que aumentó el nivel de BM en las mezclas, la DIVMS cayó 130 g/kg MS al igual que la DPNDR que se redujo en 89 g/kg PB ante cada incremento de BM. La DPNDR encontrada para la BM (546 g/kg PNDR) se encuentra dentro del rango establecido por Harty *et al.*, (1998), Carvalho *et al.*, (2005), Kleinschmit *et al.*, (2007) y Mjoun *et al.*, (2010) que fue de 391 a 590 g/kg PNDR. Por

su parte, la PBD (455 g/kg PB) fue algo menor al límite inferior establecido por los autores que fue de 483 a 819 g/kg PB. Para el TPBD se han establecido valores que van desde 914 a 935 g/kg PB (Mjoun *et al.*, 2010, Kelzer *et al.*, 2010 y Gao *et al.*, 2015) y concuerdan con resultados obtenidos tanto mediante el uso de técnicas de bolsas móviles (O'mara *et al.*, 1997; Kononoff *et al.*, 2007 y Janicek *et al.*, 2008), como con técnicas *in vitro*, resultantes de la modificación de la técnica de tres pasos (Boucher *et al.*, 2009), cuyos valores van de 836 a 950 g/kg PB. La BM en este trabajo presentó valores marcadamente más bajos de PBD (455 g/kg PB) que tampoco concuerdan con el rango establecido por Kleinschmit *et al.*, (2007) cuyos valores van de 707 a 853 g/kg PB. Las diferencias pueden atribuirse tanto a la técnica usada en cada caso como a las variaciones en la PNDR en los materiales utilizados. Kleinschmit *et al.*, (2007) utilizaron la técnica original propuesta por Calsamiglia y Stern (1995), en tanto que los demás autores (Mjoun *et al.*, 2010; Boucher *et al.*, 2009 y Gao *et al.*, 2015) y en el presente trabajo se utilizó la técnica de Gargallo *et al.*, (2006) que modifica en ciertos aspectos la técnica original, no obstante estos autores sostienen que los resultados mediante una u otra técnica resultan similares. Por otro lado, Woods *et al.*, (2003) establecieron que la digestibilidad intestinal es mayor aplicando la técnica *in situ* o de bolsas móviles recuperadas en heces respecto a técnicas *in vitro*. En el caso de técnicas *in vivo* e *in situ*, las diferencias suelen deberse a la lisis y absorción de los nutrientes en abomaso, con lo cual llegarían menos nutrientes a intestino delgado (Calsamiglia y Stern, 1995). Es decir, los métodos artificiales nunca representarán con exactitud el ambiente y funcionamiento del intestino delgado (Stern *et al.*, 1997) resultando en una subestimación del valor alcanzado *in vivo*. Además, otras de las fuentes de variación dentro de las técnicas *in vitro* puede ser el tiempo de incubación en el rúmen aplicado que van desde las 12 h a las 32 h en los estudios analizados.

Las variaciones entre estudios en cuanto a calidad composicional y parámetros de degradabilidad y digestibilidad pueden estar sujetas a variaciones entre los materiales utilizados ya que su composición no solo varía entre plantas de obtención del subproducto sino que además varía entre partidas dentro de una misma planta (Belyea *et al.*, 2010) sin correlacionarse con variaciones en la composición del grano de maíz utilizado como materia prima (Belyea *et al.*, 2004). Los productos de destilería luego de ser fermentados, se secan y este calor de secado puede producir reacciones de Maillard, lo cual puede ser el causante de una baja en la digestibilidad de la lisina y otros AA. Los grupos nitrogenados de los AA se unen a azúcares simples volviéndolos inútiles para los rumiantes (Pahm *et al.*, 2009), esta puede ser otra de las causas de los resultados diferentes entre trabajos. Otra de las posibles fuentes de variación en la composición y aprovechamiento de los granos de destilería es la adición de solubles condensados (SC) al producto final. Variaciones en las proporciones y calidad composicional de estos, puede imprimir variaciones en la composición del subproducto resultante (Belyea *et al.*, 2004). Al respecto, Corrigan *et al.*, (2009) encontraron que al aumentar de 0 a 22% la adición de SC a la BM respondía de forma cuadrática la digestibilidad intestinal (429 a 573 g/kg MS) y total de la MS (809 a 876 g/kg MS). Para la PNDR, la digestibilidad intestinal (927 g/kg PNDR) no se vio afectada por los niveles de SC pero si hubo una respuesta lineal en la digestibilidad total (972 a 979 g/kg PB). Los valores encontrados por los autores son mayores a los informados en este trabajo, no obstante se desconoce el nivel de adición de SC en el material empleado.

A modo de síntesis, las variables determinantes en el uso y aprovechamiento de los nutrientes de cada una de las dietas utilizadas en el experimento dos son:

➤ DE de la MS: Resultó un 63 % inferior para BM respecto a ES, con un efecto lineal al aumentar la cantidad de BM en la mezcla,

➤ DMS de las dietas completas de Recría y Terminación: Durante la terminación la DMS fue decayendo a medida que aumentó la proporción de BM en las mezclas para todos los horarios, al igual que en recría para 48 y 72 h.

➤ PNDR, DPNDR y TPBD de la mezcla de concentrados proteicos: la PNDR resultó 31 % superior en BM respecto a su contrario con ES, no obstante resultó con menor digestibilidad intestinal (un 40% menor) y un TPBD también inferior en un 53%, por lo que el aprovechamiento de dicha proteína por parte del animal fue significativamente inferior en BM y los tratamientos que más BM incluyeron. Esta es una de las variables que pudo condicionar la respuesta productiva medida como GDPV durante la recría, que fue significativamente superior en ES y 50ES:50BM respecto a los demás tratamientos con mayor inclusión de BM.

## 8. CONCLUSIONES GENERALES

Se puede concluir que el ES tuvo un mayor valor nutritivo que la BM, medido en términos de DR y digestibilidad *in vitro* de la MS y PB. A medida que aumentó la proporción de ES en las dietas de 0 a 100% en reemplazo de la BM, la DR de la MS y PB aumentaron al igual que la digestibilidad intestinal de estas. El aprovechamiento en todo el tracto digestivo animal fue menor para BM y dietas que la incorporaron debido a que presentó una menor DE y digestibilidad de los nutrientes. Por ello, se puede concluir que el efecto del calor fue suficiente para incrementar la PNDR en la BM, con cierto daño en la PB volviéndola indigestible para el animal. Los cambios en el sitio del TGI en el cual la PB de las dietas estuvo disponible no afectaron la respuesta animal medida en términos de EC, ni las características de la carcasa (AOB, EGD y RtoG), pero si tuvieron incidencia en la GDPV la DIVMS y DIVPB de cada componente.

Durante la recría, la menor GDPV de los tratamientos con mayor inclusión de BM (25ES:75BM y BM) respecto al resto de los tratamientos se asoció a una menor DIVMS y a la mayor demanda de proteína en calidad y cantidad de los animales durante esta etapa. No obstante, el menor CMS logró compensar la menor ganancia en peso al momento de definir la EC.

A pesar de las diferencias en la dinámica de digestión de la BM y el ES, las respuestas productivas encontradas hacen viable el uso de uno u otro concentrado en dietas a base de grano de maíz en novillos Hereford, tanto en etapa de recría como en terminación, logrando respuestas productivas características de los sistemas de alimentación a corral y acordes a los objetivos perseguidos en cada etapa. No obstante, sería más aconsejable el uso de ES en dietas de recría, cuyos animales demandan mejor perfil de aminoácidos y el uso de BM en dietas de terminación dado que aportarían mayor cantidad de carbohidratos fermentescibles sobre todo de tipo estructurales, lo cual podría contrarrestar efectos perjudiciales de los granos almidonosos.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Aldrich C.G., 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: Anderson, J. L., D. J. Schingoethe, K. F. Kalscheur, and A. R. Hippen. 2006. Evaluation of dried and wet distillers grains included at two concentrations in the diets of lactating dairy cows. *Journal Dairy Sciences*89:3133-42.
- AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis* (15th Ed.). Association of Official Analytical Chemists. Arlington, USA.
- Arroquy J. 2013. Comunicación personal en el marco del 36° Congreso Argentino de Producción Animal. 1 al 3 de octubre. Ciudad de Corrientes, Corrientes.
- Arroquy J., Berruhet F., Martinez Ferrer J., Pasinato A. y Brunetti M. 2014. 5° Jornada Nacional de Forrajes Conservados: Hacia sistemas ganaderos de precisión con valor agregado. Recopilación de presentaciones técnicas. Ediciones INTA. Pag. 157-188.
- Atasoglu, C. y Wallace, J. 2003. Metabolism and De Novo Synthesis of Amino Acids by Rumen Microbes. En: *Amino Acids in Animal Nutrition*. Edited by J.P.F. D’Mello. 2° Edition. CABI Publishing. London, UK. Pag.: 265-290.
- Atasoglu, C., A. Y. Guliye, and R. J. Wallace. 2003. Use of a deletion approach to assess the amino acid requirements for optimum fermentation by mixed microorganisms from the sheep rumen. *Anim. Sci.* 76:147-153.
- Atasoglu, C., C. Valdes, C. J. Newbold, and R. J. Wallace. 1999. Influence of peptides and amino acids on fermentation rate and de novo synthesis of amino acids by mixed micro-organisms from the sheep rumen. *Br. J. Nutr.* 81:307–314.
- Bach A., Calsamiglia S. y Stern M. D. 2005. Nitrogen Metabolism in the Rumen. *Journal Dairy Sciences*88. E. suppl.
- Bagues, S. 2016. Utilización de granos de destilería húmedos con solutos en dietas de novillos a corral. Tesis de grado Universidad Nacional de Villa María.
- Baker K.M., Kimb B.G. y Stein H.H. 2010. Amino acid digestibility in conventional, high-protein, or low-oligosaccharide varieties of full-fat soybeans and in soybean meal by weanling pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 162: 66–73.
- Batajoo, K. K., & Shaver, R. D. 1998. In situ dry matter, crude protein, and starch degradabilities of selected grains and by-product feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 71(1–2), 165–176. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(97\)00132-6](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(97)00132-6)
- Bateman, H. G., II. 2005. Response to increased rumen undegradable protein intake by lactating dairy cows. *Prof. Anim. Sci.* 21:263–271.
- Bedwell, P. S., D. B. Faulkner, D. W. Shike, D. F. Parrett, L. L. Berger, F. A. Ireland, and T. G. Nash. 2008. Effects of source of energy on performance, ultrasonic carcass, and economic characteristics of early-weaned heifers. *Prof. Anim. Sci.* 24:451–459.
- Beierbach R., Pordomingo A.J., Pasinato A., Jouli R., Pordomingo A.B. y Juan N.A. 2014. Dietas con inclusión de expeller o harina de soja en el engorde de bovinos para carne. 5° Jornada Nacional de Forrajes Conservados: Hacia sistemas ganaderos de precisión con valor agregado. Recopilación de presentaciones técnicas. Ediciones INTA. Pag. 201-204.
- Beliveau R.M. y McKinnon J. J. 2008. Effect of graded levels of wheat-based dried distillers grains with solubles on performance and carcass characteristics of feedlot steers. *Canadian Journal Animal Science*677-684.
- Belyea, R, Rausch, K, Tumbleson, M. 2004. Composition of corn and distillers dried grain with solubles from dry grind ethanol processing. *Bioresource Technology*. 94: 293-298.

- Belyea, R. L., Rausch, K. D., Clevenger, T. E., Singh, V., Johnston, D. B., y Tumbleson, M. E. 2010. Sources of variation in composition of DDGS. *Animal Feed Science and Technology*, 159(3–4), 122–130. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.06.005>
- Benson, C.S., Wright, C.L., Tjardes, K.E., Nicolai, R.E. y Rops, B.D. 2005. Effects of feeding varying concentrations of dry distiller's grains with solubles to finishing steers on feedlot performance, nutrient management and odorant emissions. *South Dakota Beef Report*. 13: 59-67.
- Benton, J. R., Macdonald, J. C., Erickson, G. E., Klopfenstein, T. J., & Adams, D. C. 2006. Digestibility of Undegradable Intake Protein of Feedstuffs. *Nebraska Beef Report*.
- Bolsa de Cereales de Rosario (BCR). 2016. Informativo semanal de la Bolsa de Cereales de Rosario. Disponible: [https://www.bcr.com.ar/Publicaciones/Informativo%20semanal/bcr2016\\_03\\_18.pdf](https://www.bcr.com.ar/Publicaciones/Informativo%20semanal/bcr2016_03_18.pdf) f. 16/05/2016.
- Bolsa de Cereales de Rosario (BCR). 2021. Anuario estadístico 2020. Disponible: <https://www.bcr.com.ar/es/mercados/investigacion-y-desarrollo/anuario-estadistico/anuario-estadistico-2020>
- Borucki Castro S.I., Phillip L.E., Lapierre H., Jardon P.W. y Berthiaume R. 2007. Ruminant Degradability and Intestinal Digestibility of Protein and Amino Acids in Treated Soybean Meal Products. *Journal Dairy Sciences*90:810–822.
- Boucher, S. E., Calsamiglia, S., Parsons, C. M., Stern, M. D., Ruiz Moreno, M., Vázquez-Añón, M., & Schwab, C. G. 2009. In vitro digestibility of individual amino acids in rumen-undegraded protein: The modified three-step procedure and the immobilized digestive enzyme assay 1. *Journal of Dairy Science*, 92, 3939–3950. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1992>
- Bowman J.G.P., Sanson D.W. 1996. Starch- or fiber-based energy supplements for grazing ruminants. In: *Proceedings of the Grazing Livestock Nutrition Conference*. Rapid City, SD, pp. 118–138.
- Bremer, V. R., Erickson, G. E., Klopfenstein, T. J., Gibson, M. L., Pol, K. J. Vander, & Greenquist, M. A. 2006. Evaluation of a Low Protein Distillers By-product for Finishing Cattle. *Nebraska Beef Report*, 57.
- Brooks, A., y M. K. Theodorou. 1997. *Manual for gas production technique*. Institute of Grassland and Environmental Research (IGER), Aberystwyth, UK. 7 p.
- Brouk, M. J. 1994. Net energy for lactation and ruminal degradability of wet corn distillers grains. PhD Diss. South Dakota State Univ., Brookings.
- Brunetti M.A., Frossasco G., Martínez Ferrer J y Gaggiotti M.C. 2015a. Caracterización de co-productos de la industria del etanol. *Comunicación. Revista Argentina de Producción Animal*. Vol 35. Supl. 1: 259-322.
- Brunetti M.A., Moretto F., Frossasco G. y Martínez Ferrer J. 2015b. Efecto de la temperatura de extrusión sobre la degradación ruminal y solubilidad de la proteína del expeller de soja. *Comunicación. Revista Argentina de Producción Animal*. Vol 35. Supl. 1: 259-322.
- Buckner C. D., Wilken M. F., Benton J. R., Vanness S. J., Bremer V. R., Klopfenstein T. J., Kononoff P. J. y Erickson, G. E. 2011. Nutrient variability for distillers grains plus solubles and dry matter determination of ethanol by-products. *Department of Animal Science, University of Nebraska, Lincoln 68583-0908 The Professional Animal Scientist* 27: 57–64.
- Buckner, C. D., Erickson, G. E., Mader, T. L., Colgan, S. L., & Karges, K. K. 2007. Optimum Levels of Dry Distillers Grains with Solubles for Finishing Beef Steers.

- Nebraska Beef Cattle Report, 36–38.
- Bueno, I. C. S., Cabral Filho, S. L. S., Gobbo, S. P., Louvandini, H., Vitti, D. M. S. S., & Abdalla, A. L. 2005. Influence of inoculum source in a gas production method. *Animal Feed Science and Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.05.003>.
- Buttrey, E. K., Cole, N. A., Jenkins, K. H., Meyer, B. E., Mccollum, F. T., Preece, S. L. M., ... Macdonald, J. C. 2012. Effects of twenty percent corn wet distillers grains plus solubles in steam-flaked and dry-rolled corn-based finishing diets on heifer performance, carcass characteristics, and manure characteristics. *Journal of Animal Science*, 90(13), 5086–5098. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5198>
- Buttrey, E. K., Jenkins, K. H., Lewis, J. B., Smith, S. B., Miller, R. K., Lawrence, T. E., MacDonald, J. C. 2013. Effects of 35% corn wet distillers grains plus solubles in steam-flaked and dry-rolled corn-based finishing diets on animal performance, carcass characteristics, beef fatty acid composition, and sensory attributes. *Journal of Animal Science*, 91(4), 1850–1865. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-5029>.
- Buttrey, E. K., McCollum, F. T., Jenkins, K. H., Patterson, J. M., Clark, B. E., Luebke, M. K., MacDonald, J. C. 2012. Use of dried distillers grains throughout a beef production system: Effects on stocker and finishing performance, carcass characteristics, and fatty acid composition of beef. *Journal of Animal Science*, 90(7), 2381–2393. <https://doi.org/10.2527/jas2011-4807>
- Calsamiglia S., and Stern M. D. 1995. A three-step in vitro procedure for estimating intestinal digestion of protein in ruminants. *Journal of Animal Sciences* 73:1459.
- Cámara Argentina de Energías Renovables (CAER). 2012. La industria argentina de etanol es una realidad. Disponible: <http://www.cader.org.ar/no-publicadas/la-industria-argentina-de-etanol-es-una-realidad.htm>. 12/02/16.
- Can, A., and A. Yilmaz. 2002. Usage of xylose or glucose as non-enzymatic browning agent for reducing ruminal protein degradation of soybean meal. *Small Rumin. Res.* 46:173–178.
- Carrasco, R., Arrizon, A. A., Plascencia, A., Torrentera, N. G., & Zinn, R. A. (2013). Comparative feeding value of distillers dried grains plus solubles as a partial replacement for steam-flaked corn in diets for calf-fed Holstein steers: Characteristics of digestion, growth performance, and dietary energetics. *Journal of Animal Science*, 91(4), 1801–1810. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5260>
- Carvalho, C. A., Fernandes, B. C. T. M., & Freire, R. B. 2005. Chemical composition, in vivo digestibility, N degradability and enzymatic intestinal digestibility of five protein supplements. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria E Zootecnia*. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2004.12.006>
- Castro, S. I. B., Phillip, L. E., Lapierre, H., Jardon, P. W., & Berthiaume, R. (2007). Ruminal Degradability and Intestinal Digestibility of Protein and Amino Acids in Treated Soybean Meal Products. *J. Dairy Sci*, 90, 810–822.
- Ceresnáková, A., A. Sommer, M. Chrenková, and P. Dolesová. 2002. Amino acid profile of escaped feed protein after rumen incubation and their intestinal digestibility. *Arch. Anim. Nutr.* 56:409–418.
- Cerneau, P., Michalet-Doreau, B., 1991. In situ starch degradation of different feeds in the rumen. *Reprod. Nutr. Dev.* 31, 65.
- Cherney, D.J.R., Patterson, J.A., Lemenager, R.P., 1990. Influence of in situ bag rinsing technique on determination of dry matter disappearance. *Journal Dairy Sciences* 73, 391.
- Clark, J. H., Murphy, M. R. y Crooker, B. A. 1987. Symposium: Alternate feed source for dairy cattle: supplying the protein needs of dairy cattle from by-products feed.



- Journal Dairy Sciences70:1092.
- Coenen, D. J., & Trenkle, A. 1989. Soybean Meals as Protein Supplements for Cattle Comparisons of expeller-processed and solvent-extracted soybean meals as protein supplements for cattle 1,2. *J. Anim. Sci*, 67, 565–573. Retrieved from <http://www.journalofanimalscience.org/content/67/2/565>
- Cole D.J.A., Van Lunen T.A. 1994. Ideal amino acid patterns. In: D' Mello, J.F.P. (Ed.), *Amino Acids in Farm Animal Nutrition*. CAB International, Wallingford, Oxon, UK. Chapter 5.
- Cortamira, O., Reynoso, C.M. y Resnik, S. 2010. Efecto del contenido de proteína en harinas y expeler de soja sobre el contenido de energía y aminoácidos digestibles. En: *Jornadas de Proyecto Nacional de Nutrición Animal*. Ediciones INTA. Argentina. ISBN N° 978-987-1623-96-9. Pp 127- 136.
- Cromwell G. L., Herkelman K. L., Stahly T. S. 1993. Physical, chemical, and nutritional characteristics of distillers dried grains with solubles for chicks and pigs. *Journal of Animal Sciences*71 (3): 679-686.
- Das, A., Singh, G.P., 1998. Effect of different levels of berseem supplementation in donor animal diet on in vitro dry matter digestibility and gas production of wheat straw. *Indian Journal of Animal Sciences*68, 1267±1269.
- Demjanec, B., Merchen N.R., Cremin J.D., Aldrich Jr., C.G., y Berger L.L. 1995. Effect of roasting on site and extent of digestion of soybean meal by sheep: I. Digestion and nitrogen and amino acids. *Journal of Animal Sciences*73: 824–834.
- Denham, S. C., Morantes G. A., Bates D. B. y Moore J. E. 1989. Comparison of two models used to estimate in situ nitrogen disappearance. *Journal Dairy Sciences*72:708–714.
- Depenbusch, B. E., Loe, E. R., Quinn, M. J., Corrigan, M. E., Gibson, M. L., Karges, K. K., & Drouillard, J. S. 2008. Corn distillers grains with solubles derived from a traditional or partial fractionation process: Growth performance and carcass characteristics of finishing feedlot heifers. *Journal of Animal Science*, 86(9), 2338–2343. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0501>
- Di Lorenzo N. 2013a. Uso de subproductos de la producción de etanol en nutrición animal. En 4º Jornada Nacional de Forrajes Conservados Ediciones INTA. 2013.
- Di Lorenzo, N. 2013b. A.C.A. Lanzó al mercado cordobés su oferta de burlanda húmeda y DDGS seco para rodeos lecheros y feed lots. Asociación de Cooperativas Argentinas ACA. Disponible: [http://www.produccion-animal.com.ar/tablas\\_composicion\\_alimentos/105-burlanda\\_aca.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/105-burlanda_aca.pdf). 12/02/2016.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2015. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- Energía y Negocios. 2017. “Biocombustibles, un panorama alentador. Disponible en: <https://energiaynegocios.com.ar/2017/03/biocombustibles-un-panorama-alentador/>. 01/06/2017.
- Engel CL, Patterson HH y Perry GA. 2008. Effect of dried corn distillers grains plus solubles compared with soybean hulls, in late gestation heifer diets, on animal and reproductive performance. *Journal of Animal Sciences*86: 1697-1708.
- Eun J.S., ZoBell D.R., Wiedmeier R.D. 2009. Influence of replacing barley grain with corn-based dried distillers grains with solubles on production and carcass characteristics of growing and finishing beef steers. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 152: 72–80.
- Fadel, J.G., 1992. Application of theoretically optimal sampling schedule designs for fiber digestion estimation in sacco. *Journal Dairy Sciences*75, 2184.

- FAO. 2008a. Electronic forum on biotechnology in food and agriculture: conference 15. Disponible: <http://www.fao.org/biotech/C15doc.htm>
- FAO, 2008b. Opportunities and challenges of biofuel production for food security and the environment in Latin America and the Caribbean. Document (LARC/8/4) prepared for the 30th Session of the FAO Regional Conference for Latin America and the Caribbean, held in Brasilia, Brazil, 14-18 April 2008. Disponible: [https://www.cifor.org/publications/pdf\\_files/EnviBrief/ENVBrief\\_June09.pdf](https://www.cifor.org/publications/pdf_files/EnviBrief/ENVBrief_June09.pdf)
- FAO, 2008c. The State of Food and Agriculture 2008: Biofuels: prospects, risks and opportunities. Disponible: <http://www.fao.org/3/i0100e/i0100e.pdf>
- Felix, T. Radunz, A. and Loerch, S. 2011. Effects of limit feeding corn or dried distillers grains with solubles at 2 intakes during the growing phase on the performance of feedlot cattle. *Journal of Animal Sciences*89: 2273-2279.
- Felix, T. L., Murphy, T. A., & Loerch, S. C. 2012. Effects of dietary inclusion and NaOH treatment of dried distillers grains with solubles on ruminal metabolism of feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 90(13), 4951–4961. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4736>
- Figroid, W., Hale, W.H., Theurer, B., 1972. An evaluation of the nylon bag technique for estimating rumen utilization of grains. *Journal of Animal Sciences*35, 113.
- Firkins, J. L., Berger, L. L., Fahey, G. C., & Merchen, N. R. 1984. Ruminant Nitrogen Degradability and Escape of Wet and Dry Distillers Grains and Wet and Dry Corn Gluten Feeds. *Journal of Dairy Science*, 67(9), 1936–1944. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(84\)81527-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(84)81527-1)
- Firkins, J. L., L. L. Berger, G. C. Fahey Jr., and N. R. Merchen. 1984. Ruminant nitrogen degradability and escape of wet and dry distillers grains and wet and dry corn gluten feeds. *Journal Dairy Sciences*67:1936–1944.
- Frossasco, G., Brunetti, M.A., Casagrande, M.N., Gili, M.G., García, F., Scorcione Turcato, M.C. y Martínez Ferrer, J. 2016a. Evaluación de la inclusión de granos de destilería de maíz húmedos o secos en dietas de recría sobre la respuesta animal de terneros Holando. *Revista Argentina de Producción Animal Vol 36 Supl. 1*: 189-293.
- Frossasco, G., Brunetti, M.A., Casagrande, M.N., Gili, M.G., García, F., Scorcione Turcato, M.C. y Martínez Ferrer, J. 2016b. Efecto de la inclusión de granos de destilería de maíz húmedos o secos en dietas de engorde sobre la respuesta animal y características de carcasa de toritos Holando. *Revista Argentina de Producción Animal Vol 36 Supl. 1*: 189-293.
- Gaggiotti M., Romero L.A., Cuatrín A.L., Méndez J. y Acaroni C. 2014. Composición química del grano de soja y del subproducto obtenido por extrusión y extracción mecánica del aceite. Comunicación. *Revista Argentina de Producción Animal. Vol 34. Supl 1*: 345-463.
- Gallardo, M. 2008. Concentrados y subproductos para la alimentación de rumiantes. XXI Curso internacional de lechería para profesionales de América Latina, pp 153-162.
- Ganev, G., Orskov, E.R., Smart, R., 1979. The effect of roughage or concentrate feeding and rumen retention time on total degradation of protein in the rumen. *J. Agric. Sci. Camb.* 93, 651.
- Gao, W., Chen, A., Zhang, B., Kong, P., Liu, C., & Zhao, J. (2015). Rumen degradability and post-ruminal digestion of dry matter, nitrogen and amino acids of three protein supplements. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. <https://doi.org/10.5713/ajas.14.0572>
- Gargallo, S., Calsamiglia, S., Ferret, A. 2006. Technical note: A modified three-step in

- vitro procedure to determine intestinal digestion of proteins. *Journal of Animal Science*. 84:2163-2167.
- Gibb D. J., Hao X., y McAllister T. A. 2008. Effect of dried distillers' grains from wheat on diet digestibility and performance of feedlot cattle. *Canadian Journal Animal Science*, 659-665.
- Gill R. K., VanOverbeke D. L., Depenbusch B., Drouillard J. S. y DiCostanzo A. 2008. Impact of beef cattle diets containing corn or sorghum distillers grains on beef color, fatty acid profiles, and sensory attributes.
- González, J., C. A. Rodríguez, C. Centeno, and F. Lamnari. 2000. Rumen effective degradability of amino acids from soybean meal corrected for microbial contamination. *Reprod. Nutr. Dev.* 40:579–586.
- Griffin W. A., Bremer V. R., Klopfenstein T. J., Stalker L. A., Lomas L. W., Moyer J. L. y Erickson G. E. 2012. A meta-analysis evaluation of supplementing dried distillers grains plus solubles to cattle consuming forage-based diets. *The Prof. Animal Sciences*, 28: 306–312.
- Grigioni G. M, Carduza F. J, Irueta M, Pordomingo A, Pordomingo A, Almada C. A, Bonato P. I, Cossu M. E, Perlo F, Picallo A. B, Teira G. A. 2012. Manual de procedimientos. Determinación de los parámetros de calidad física y sensorial de carne bovina. Ediciones INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). Disponible: <http://inta.gov.ar/documentos/manual-de-procedimiento-determinacion-de-los-parametros-de-calidad-fisica-y-sensorial-de-carne-bovina>. 15/08/2015.
- Guerra W, Cabrera A y Fernández L. 2005. Criterios para la selección de modelos estadísticos en la investigación científica. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, Tomo 37, No. 1, pág. 3.
- Ham, G. A., Stock, R. A., Klopfenstein, T. J., Larson, E. M., Shain, D. H., y Huffman, R. P. 1994. Wet corn distillers byproducts compared with dried corn distillers grains with solubles as a source of protein and energy for ruminants. *Journal of Animal Science*. Disponible: <https://doi.org/1994.72123246x>
- Harty, S. R., J.-M. Akayezu, J. G. Linn, and J. M. Cassady. 1998. Nutrient composition of distillers grains with added solubles. *Journal Dairy Sciences*, 81, Suppl. 1:1201. (Abstr.).
- Hernández O., López A., Nazareno M.A., García M., Reineri P.S., Fissolo H.M. y Arroquy J.I. 2014. Efecto de la suplementación con granos secos de destilería con solubles sobre el consumo y digestión de heno de *Panicum maximum* (cv. Gatton panic). *Revista Argentina de Producción Animal*. Vol 34. Supl.1: 345-463.
- Huntington, J.A., Rymer, C., Givens, D.I., 1998. The effect of host diet on the gas production profile of hay and high-temperature dried grass. *Anim. Sci.* 67, 59±64.
- Hussein, H. S., Demjanec, B., Merchenl, N. R., & Aldrich, C. G. (1995). Effect of Roasting on Site and Extent of Digestion of Soybean Meal by Sheep : I . Digestion of nitrogen amino acids. *Journal Animal Sciences*, 73, 824–834.
- Ingentron, F; Dominguez, F; Rabotnikof, C.M y Stritzler, N.P. 2010. Degradabilidad ruminal de granos de maíz de genotipos contrastantes. *Revista Argentina de Producción Animal*. Vol. 30. Supl. 1. 433-577. Pag. 506. .
- INTA, 2014. Informe de la visita a la planta de producción de bioetanol de ACABIO, Villa María, Córdoba. Disponible: <http://www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/agoindustrializacion/INformeVisita-Planta-Bioetanol-Acabio.pdf>. 15/02/2016.
- Janicek, B. N., Kononoff, P. J., Gehman, A. M., & Doane, P. H. 2008. The Effect of Feeding Dried Distillers Grains Plus Solubles on Milk Production and Excretion of

- Urinary Purine Derivatives. *Journal of Dairy Science*, 91(9), 3544–3553. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0777>
- Jenkins K. H., MacDonald J. C., McCollum F. T. , y Amosson S. H. 2009. Effects of Level of Dried Distillers Grain Supplementation on Native Pasture and Subsequent Effects on Wheat Pasture Gains. *The Professional Animal Scientist* 2, 5:596–604.
- Juan NA, Massigoge JI, Errasquin L, Méndez JM, Ochandio DC, Saavedra AE, Paolilli MC, Alladio RM, Accoron C, Behr EF. 2015. Calidad de la soja procesada y del expeller producido por la industria de extrusado-prensado en Argentina. Ediciones INTA. Disponible: [http://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_pt101\\_calidad\\_de\\_soja\\_procesada.pdf](http://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_pt101_calidad_de_soja_procesada.pdf). 17/05/2016.
- Kelzer, J. M. ; Kononoff, P. J. ; Tedeschi, L. O. ; Jenkins, T. C. ; Karges, K. ; Gibson, M., 2010. Evaluation of protein fractionation and ruminal and intestinal digestibility of corn milling co-products. *J. Dairy Sci.*, 93 (6): 2803-2815.
- Kleinschmit, D.H., Schingoethe D.S., Kalscheur K.F. y Hippen A. R. 2006. Evaluation of various sources of corn distillers dried grains plus solubles for lactating dairy cattle. *Journal Dairy Sciences*, 89:4784–4794.
- Kleinschmit D.H., Anderson J.L., Schingoethe D.J. Kalscheur K.F., y Hippen A.R. 2007. Ruminal and Intestinal Degradability of Distillers Grains Plus Solubles Varies by Source. *Journal Dairy Sciences*, 90:2909–2918.
- Klopfenstein, T. J., Erickson G. E., Bremer, V. R. 2008. Board-invited review: Use of distillers by-products in the beef cattle feeding industry. *Journal of Animal Sciences*, 86:1223-1231.
- Ko, J.Y.; Ha, J.K.; Lee, N.H. y Yoon, C.S. 1992. Efect of soybeans extrusion on soybeans metabolism, nutrient flow and microbial protein synthesis in the rumen of lambs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. Vol 5, N°3. 571-582.
- Koger T.J., Wulf D.M., Weaver A.D., Wright C.L., Tjardes K.E., Mateo K.S., Engle T.E., Maddock R.J. y Smart A.J. 2010. Influence of feeding various quantities of wet and dry distillers grains to finishing steers on carcass characteristics, meat quality, retail-case life of ground beef, and fatty acid profile of longissimus muscle. *Journal of Animal Sciences*, 88:3399-3408.
- Kononoff, P. J., Ivan, S. K., & Klopfenstein, T. J. 2007. Estimation of the proportion of feed protein digested in the small intestine of cattle consuming wet corn gluten feed. *Journal of Dairy Science*, 90(5), 2377–2385. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-552>
- Kuceva, C. D., Balbuena, O. S., Alcides, L. 2002. Efecto de la suplementación con expeller de algodón, expeller de soja y expeller de girasol sobre la digestibilidad ruminal del heno y del suplemento. Reunión de Comunicaciones Científicas y Técnicas. 13. 2002 08 5-6, 5 y 6 de agosto de 2002. Corrientes. AR.
- Latimori, N.J., Kloster, A.M. y Garis, M.H. 2013. Uso de expeller de soja como sustituto de la harina de soja en dietas de engorde a corral. Información para Extensión n° 143. 8 pp. ISSN 0327-697X. EEA Marcos Juárez.
- Latimori, N.; Carduza, F.; Merayo, M.; Soteras, T.; Grigioni, G. y Garis, M. 2016. Efectos de la incorporación de burlanda de maíz en dietas de bovinos para carne. Información para Extensión n° 148. 7 pp. ISSN 0327-697X. EEA Marcos Juárez.
- Leupp, J. L., Lardy, G. P., Karges, K. K., Gibson, M. L., & Caton, J. S. 2009. Effects of increasing level of corn distillers dried grains with solubles on intake, digestion, and ruminal fermentation in steers fed seventy percent concentrate diets. *Journal of Animal Science*. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1712>

- Leupp, J.L., Lardy, G.P., Caton, J.S., 2008. Effects of supplying increasing levels of distillers dried grain with solubles in growing diets on intake, digestion and ruminal fermentation. In: 2007 Beef Cattle and Range Research Report. North Dakota State University, Fargo, ND, USA, pp. 24–27.
- Li C., Li J.Q., Yang W.Z., Beauchemin K.A. 2012. Ruminal and intestinal amino acid digestion of distiller's grain vary with grain source and milling process. *Animal Feed Science and Technology*, 175: 121-130.
- Licitra G., Hernandez T.M., Van Soest P.J. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *J. Anim. Feed Sci. Technol.* 57: 347-358.
- Liu C., Schingoethe D.J., Stegeman G.A. 2000. Corn distillers grains versus a blend of protein supplements with or without ruminally protected amino acids for lactating cows. *Journal Dairy Sciences*, 83:2075-2084.
- Ljøkjel, K., Harstad, O. M. and Skrede, A. 2000. Effect of heattreatment of soybean meal and fish meal on amino acid digestibility in mink and dairy cows. *Animal Feed Sciences and Technology*. 84: 83–95.
- Lobley, G.E. (1994) Amino acid and protein metabolism in the whole body and individual tissues of ruminants. In: Aspuland, J.M. (ed.) *Principles of Protein Nutrition of Ruminants*. CRC Press, London, pp. 147–178.
- Loy, T. W., T. J. Klopfenstein, G. E. Erickson, C. N. Macken y J. C. MacDonald. 2008. Effect of supplemental energy source and frequency on growing calf performance. *Journal of Animal Sciences*, 86:3504–3510.
- Loza, P., Buckner, C., Vander Pol, K., Erickson, G., Klopfenstein, T. y Stock, R. 2010. Effect of feeding combinations of wet distillers grains and wet corn gluten feed to feedlot cattle. *Journal of Animal Sciences*, 88:1061-1072.
- M.A. McNivena, J. Duynisveld, E. Charmley, A. M. 2004. Processing of soybean affects meat fatty acid composition and lipid peroxidation in beef cattle. *Animal Feed Science and Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2004.07.005>
- MacDonald, J. C., T. J. Klopfenstein, G. E. Erickson, and W. A. Griffin. 2007. Effects of dried distillers grains and equivalent undegradable intake protein or ether extract on performance and forage intake of heifers grazing smooth brome grass pastures. *Journal of Animal Sciences*, 85:2614–2624.
- Maiga, H. A., Schingoethe, D. J., & Henson, J. E. 1996. Ruminal Degradation, Amino Acid Composition, and Intestinal Digestibility of the Residual Components of Five Protein Supplements. *Journal of Dairy Science*, 79(9), 1647–1653. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(96\)76528-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(96)76528-1).
- May, M. L., Quinn, M. J., Depenbusch, B. E., Reinhardt, C. D., Gibson, M. L., Karges, K. K., Drouillard, J. S. (2010). Dried distillers grains with solubles with reduced corn silage levels in beef finishing diets. *Journal of Animal Science*. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2637>.
- McCormick, M.E., Redfearn, D.D., Ward J.D., Blouin, D.C. 2001. Effect of Protein Source and Soluble Carbohydrate Addition on Rumen Fermentation and Lactation Performance of Holstein Cows. *J. Dry. Sci.* 84: 1686-1697.
- McDonald, I. 1981. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. *Journal of Agricultural Science* 96: 251-256.
- McNiven M.A., J. Duynisveld E. Charmley, A. y Mitchell. 2004. Processing of soybean affects meat fatty acid composition and lipid peroxidation in beef cattle. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 116: 175–184.
- Mehrez A. Z. y Ørskov E. R. 1977. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen *J. Agri. Sci. Camb.* 88:645-650.
- Menke, K.H., Steingass, H., 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from

- chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Anim. Res. Dev.* 28, 7±55.
- Merchen, N.R., Elizalde J.C., y Drackley J. K. 1997. Current perspective on assessing site of digestion in ruminants. *Journal of Animal Sciences*75:2223–2234.
- Meyer, U., Schwabe, A., Dänicke, S. y Flachowsky, G. 2010. Effects of by-products from biofuel production on the performance of growing fattening bulls. *Animal Feed Science and Technology*161: 132–139.
- Mjoun K., Kalscheur K.F., Hippen A.R., y Schingoethe D.J. 2011. Ruminal degradability and intestinal digestibility of protein and amino acids in soybean and corn distillers grains products. *Journal Dairy Sciences*93: 4144–4154.
- Mustafa, A. F., McKinnon, J. J., & Christensen, D. A. 2000. Chemical characterization and in situ nutrient degradability of wet distillers' grains derived from barley-based ethanol production. *Animal Feed Science and Technology*, 83(3–4), 301–311. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(99\)00133-9](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(99)00133-9)
- Nagadi, S., Herrero, M., & Jessop, N. S. 2000. The influence of diet of the donor animal on the initial bacterial concentration of ruminal fluid and in vitro gas production degradability parameters. *Animal Feed Science and Technology*. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(00\)00197-8](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(00)00197-8)
- National Research Council (NRC). 1985. *Ruminant Nitrogen Usage*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- National Research Council (NRC). 2000. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. National Academy Press, Washington, DC.
- National Research Council (NRC). 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.
- Nutritional Dynamics Systems (NDS). 2008. Software para la formulación de raciones. RUM&N. [www.rumen.it](http://www.rumen.it)
- Neves, C. A., Santos, G. T., Matsushita, M., Alves, E. M., Oliveira, R. L., Branco, A. F., Petit, H. V. 2007. Intake, whole tract digestibility, milk production, and milk composition of Holstein cows fed extruded soybeans treated with or without lignosulfonate. *Animal Feed Science and Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.05.015>.
- Newbold, J. R., P. C. Garnsworthy, P. J. Buttery, D. J. A. Cole, and W. Haresign. 1987. Protein nutrition of growing cattle: Food intake and growth responses to rumen degradable protein and undegradable protein. *Anim. Prod.* 45:383–394.
- Nocek, J.E., 1985. Evaluation of specific variables affecting in situ estimates of ruminal dry matter and protein digestion. *Journal of Animal Sciences*60, 1347.
- Nowak W., Michalak S., Wylegała S. 2005. In situ evaluation of ruminal degradability and intestinal digestibility of extruded soybeans. *Czech Journal of Animal Sciences*50: 281–287.
- Nuez-Ortín, W.G., Yu, P., 2010. Estimation of ruminal and intestinal digestion profiles, hourly effective degradation ratio and potential N to energy synchronization of co-products from bioethanol processing. *J. Sci. Food Agric.* 90, 2058–2067.
- O'mara, F. P., Murphy, J. J., & Rath, M. 1997. The Amino Acid Composition of Protein Feedstuffs Before and After Ruminal Incubation and After Subsequent Passage Through the Intestines of Dairy Cows 1. *J. Anim. Sci*, 75, 1941–1949. Retrieved from <http://www.journalofanimalscience.org/content/75/7/1941>
- Orias F., Aldrich C.G., Elizalde J.C., Bauer L.L y Merchen N.R. 2002. The effects of dry extrusion temperature of whole soybeans on digestion of protein and amino acids by steers. *Journal of Animal Sciences*80:2493–2501.
- Ørskov E.R y McDonald I.M. 1979. Estimation of protein degradability in the rumen

- from incubation measurement weighted according to rate of passage. *J. Agri. Sci. Cambridge*, v. 96 p 499-503.
- Orskov E.R, De F.D., Hovell B., Mould F. 1980. The use of the nylon bag technique for evaluations of feedstuff. *Trop. Anim. Prod.* 5: 195:213.
- Ørskov ER, Ryle M. 1998. *Energy Nutrition in Ruminants*. Elsevier. Inglaterra, RU. 149 pp.
- Pahm, A.A., Pedersen, C., Stein, H.H., 2008. Standardized digestibility of reactive lysine in distillers dried grains with solubles fed to growing pigs. *J. Agric. Food Chem.* 57, 535–539.
- Paine, C.A., Cranshaw R., Baker W.P. 1982. A complete exchange method for in sacco estimation of rumen degradability on a routine basis. En: *Symposium on forage protein in ruminant animal production*. Bodington Hall. Proceedings. Thames Ditton: British Society of Animal Production. Pag. 177-178. (BSAP. Occasional Publication, 6).
- Pavan E. y Santini F.J. 2002. Use of sunflower meal or fish meal as protein supplement for high quality fresh forage diets: ruminal fermentation, microbial protein synthesis and sites of digestion. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 101: 61–72.
- Petersen G.I., Liu Y., Stein H.H. 2014. Coefficient of standardized ileal digestibility of amino acids in corn, soybean meal, corn gluten meal, high-protein distillers dried grains, and field peas fed to weanling pigs. *J. Anim. Feed Sci. and Technol.* 188:145– 149.
- Pichard, G. and Van Soest, P.J., 1977. Protein solubility of ruminant feeds. *Proc. Cornell Nutr. Conf. Department of Animal Science, Cornell University, Ithaca, NY*, pp. 91-98.
- Pordomingo A. 2013. *Feedlots: Alimentación, diseño y manejo*. Disponible: [https://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_feedlot\\_2013.pdf](https://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_feedlot_2013.pdf). 10/06/2021
- Pordomingo A.J., Beierbach R., Moralejo R., Tobal C.F., Pasinato A., Pordomingo A.B y Jouli R. 2014a. Respuesta Animal a diferente concentrado proteico u oferente de nitrógeno en dietas de alta energía en la recría a corral. *Revista Argentina de Producción Animal*. Vol 34. Supl. 1:345-463.
- Proyecto de Eficiencia de Cosecha, Poscosecha de Granos y Forrajes, y Valor Agregado en Origen (PRECOP). 2012. *Evolución del Sistema productivo agro-pecuario argentino. Actualización Técnica N° 73*. INTA. Disponible en: <http://www.cosechaypostcosecha.org/data/pdfs/EvolSistemaProdAgropArgentino2011.asp>
- Reed, J. J., G. P. Lardy, M. L. Bauer, M. Gibson, and J. S. Caton. 2006. Effects of season and inclusion of corn distiller's dried grains with solubles in creep feed on intake, microbial protein synthesis and efficiency, ruminal fermentation, digestion, and performance of nursing calves. *Journal of Animal Sciences*84:2200-2212.
- Reinhardt, C., DiCostanzo, A., and Milliken, G. 2007. Distiller's by-products alter carcass fat distribution of feedlot cattle. *Journal of Animal Sciences*85(Suppl. 2):132. (Abstr.).
- REQNOV. 2003. *Alimentación de bovinos para carne. Versión 5.0*. INTA, Argentina.
- Renewable Fuel Association (RFA). 2012a. Impacts of ethanol co-products on 2011/12 corn and soybean supplies and acreage. Disponible: <https://ethanolrfa.org/wp-content/uploads/2015/09/Impacts-of-Ethanol-Co-products.pdf>
- Rizzi, L.; Simioli, M.; Sardi, L. y Giorgio Monetti, P. 2002. *Anim. Feed. Sci. and Technol.* 97: 103-114.
- Russell J.B., J.D., O'Connor D.G., Fox, P.J., Van Soest and Sniffen C.J. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal

- fermentation. *Journal of Animal Sciences*70:3551–3561.
- Santos F.A.P., Santos J. E. P., Theurer C. B., Huber J. T. 1998. Effects of rumen-undegradable protein on dairy cow performance: a 12-year literature review. *Journal Dairy Sciences*81 (12):3182-3213.
- Schingoethe, D.J., 2007. Strategies, benefits, and challenges of feeding ethanol byproducts to dairy and beef cattle. In: Proc. Florida Ruminant Nutrition Symposium, Gainesville, FL, Univ. Florida, Gainesville, FL, USA.
- Schoonmaker J.P, Fluharty F.L., Loerch S.C., Turner T.B., Moeller S.J. y Wulf D. M.. 2001. Effects of weaning status and implant regimen on growth, performance, and carcass characteristics of steers. *Journal of Animal Sciences*79:1074–1084.
- Schoonmaker J. P., Loerch S.C., Fluharty F.L., Zerby H.N. y Turner T.B. 2002. Effect of age at feedlot entry on performance and carcass characteristics of bulls and steers. *Journal of Animal Sciences*80:2247–2254.
- Schoonmaker, J. P., A. H. Trenkle, and D. C. Beitz. 2010. Effect of feeding wet distillers grains on performance, marbling deposition, and fatty acid content of beef from steers fed low or high forage diets. *Journal of Animal Sciences*88:3657–3665.
- Schoonmaker J.P., Claeys M.C. y Lemenager R.P. 2013. Effect of increasing distillers grains inclusion on performance and carcass characteristics of early-weaned steers. *Journal of Animal Sciences*91:1784–1790.
- Schroeder, J. W. (2012). Distillers Grains protein energy supplement for Dairy Cattle, (July), 1–8.
- Secretaría de energía. 2021. Estadísticas de biodiesel y bioetanol. Disponible: <http://datos.minem.gob.ar/dataset/estadisticas-de-biodiesel-y-bioetanol>.
- Segers J. R., Stelzleni A. M., Pringle T. D., Froetschel M. A., Ross C. L. y Stewart R. L., Jr. 2013. Use of corn gluten feed and dried distillers grains plus solubles as a replacement for soybean meal and corn for supplementation in a corn silage-based stocker system. *J Anim Sci* 2013, 91:950-956.
- Shurson, J., Spiehs, M., Whitney, M., Baidoo, S., Johnston, L., Shanks, B., Wulf, D., 2001. The value of distillers dried grains with solubles in swine diets. In: Mn. Nutr. Conf. Mn. Corn Growers Assoc. Tech. Sympos., Bloomington, MN.
- Slukwa, M.A. 2014. Efecto del destete precoz y engorde a corral sobre la calidad de res en corderos. *Rev. Vet.* 25(2): 135-139.
- Sriperma N., Pesti G.M., Tillmanb P.B. 2010. The distribution of crude protein and amino acid content in maize grain and soybean meal. *J. Anim. Feed Sci. and Technol.* 159:131–137.
- Stein, H. H. 2011. Ingredientes alimenticios alternativos: concentración energética y en nutrientes, digestibilidad y niveles recomendados de inclusión. XXVII curso de especialización FEDNA. Universidad de Illinois.
- Stern M.D., Santos K.A., Satter L.D. 1985. Protein degradation in rumen and amino acid absorption in small intestine of lactating dairy cattle fed heat-treated whole soybeans. *J. Dairy Sci.*, 68, 45–56.
- Stern, M. D., S. Calsamiglia, and M. I. Endres. 1994. Dynamics of ruminal nitrogen metabolism and their impact on intestinal protein supply. Page 105 in Proc. Cornell Nutr. Conf. Feed Manuf., Rochester, NY. Cornell Univ., Ithaca, IVY.
- Theodorou M., Williams B.A., Dhanoa M.S., McAllan A.B., France J. 1994. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *J. Anim. Feed Sci. and Technol.* 48:185-197.
- Tilley, J.M.A.; y Terry, R.A. 1963. A two stage technique for the in vitro digestión of forage crops. *British Grassland Society* 18:104-111.
- Uden, P., Parra, R., Van Soest, P.J., 1974. Factors influencing reliability of the nylon



- bag technique. *Journal Dairy Sciences* 57, 622.
- Uwituze S., Parsons G. L., Shelor M. K., Depenbusch B. E., Karges K. K., Gibson M. L., Reinhardt C. D., Higgins J. J. y Drouillard J. S. 2010. Evaluation of dried distillers grains and roughage source in steam-flaked corn finishing diets. *Journal of Animal Sciences* 88: 258-274.
- Uwituze, S., Parsons, G. L., Karges, K. K., Gibson, M. L., Hollis, L. C., Higgins, J. J., & Drouillard, J. S. 2011. Effects of distillers grains with high sulfur concentration on ruminal fermentation and digestibility of finishing diets. *Journal of Animal Science*. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3401>
- Uwituze, S., Parsons, G., Schneider, C., Karges, K., Gibson, M. and Hollis, L. 2011. Evaluation of sulfur content of dried distillers grains with solubles in finishing diets based on steam-flaked corn or dry-rolled corn. *J Anim Sci*, 89:2582-2591.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson, y B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal Dairy Sciences* 74:3583-3597.
- Van Soest, P.J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. 2nd edn., Cornell University Press, Ithaca, NY. 476.
- Vander Pol, K. J., Erickson JE, Klopfenstein TJ, y Macken CN. 2004. Effect of wet and dry distillers grains plus soluble and supplemental fat level on performance of yearling finishing cattle. Pages 45–48 in *Neb. Beef Cattle Rep.*, Lincoln, NE. Univ. Nebraska, Lincoln.
- Vanzant Eric S., Cochran Robert C., Titgemeyer Evan C., Standardization of in situ techniques for ruminant feedstuff evaluation, *Journal of Animal Science*, Volume 76, Issue 10, October 1998, Pages 2717–2729.
- Vasconcelos, J.T., Sawyer, J.E., Tedeschi, L.O., McCollum, F.T., Greene, L.W., 2009. Effects of different growing diets on performance, carcass characteristics, insulin sensitivity, and accretion of intramuscular and subcutaneous adipose tissue of feedlot cattle. *Journal of Animal Sciences* 87: 1540-1547.
- Wallace, R.J. Onodera, R. and Cotta, M.A. 1997 Metabolism of nitrogen containing compounds. In: Hobson, P.N. and Stewart, C.S. (eds) *The Rumen Microbial Ecosystem*. Blackie Academic and Professional, London, pp. 283–328.
- Walter L. JAalhus, J. L., Robertson W. M., McAllister T. A., Gibb D. J., Dugan M. E. R., Aldai N., y McKinnon J. J. 2010. Evaluation of wheat or corn dried distillers' grains with solubles on performance and carcass characteristics of feedlot steers. *Canadian Journal Animal Science* 90: 259-269.
- Wawrzekiewicz, M., Danelón, J.L., 2004. Mejoramiento de la tecnica de produccion de gas in vitro para evaluar alimentos para rumiantes. Nuevo recipiente de incubación. *Rev. Argentina Prod. Anim.* 24, 187–197.
- Weakley, D.C., Stern, M.D., Satter, L.D., 1983. Factors affecting disappearance of bags suspended in the rumen. *Journal of Animal Sciences* 56, 493.
- Wessels R.H. y Titgemeyer E.C. 2013. Protein requirements of growing steers limit-fed corn-based diets. *J Anim Sci.* 75: 3278-3286.
- Wood K.M., Salim H., McEwen P.L., Mandell I.B., Miller S.P. y Swanson K.C. 2011. The effect of corn or sorghum dried distillers grains plus solubles on growth performance and carcass characteristics of cross-bred beef steers. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 165: 23–30.
- Woods V.B., Moloney A.P., Calsamiglia S., O'Mara F.P. 2003c. The nutritive value of concentrate feedstuffs for ruminant animals. Part III. Small intestinal digestibility as measured by in vitro or mobile bag techniques. *Animal Feed Science and Technology* 110: 145–157.

- Woods V.B., Moloney A.P., O'Maraa F.P. 2003b. The nutritive value of concentrate feedstuffs for ruminant animals. Part II: In situ ruminal degradability of crude protein. *Animal Feed Science and Technology* 110 :131–143.
- Woods V.B., O'Maraa F.P., Moloney A.P. 2003a. The nutritive value of concentrate feedstuffs for ruminant animals. Part I: In situ ruminal degradability of dry matter and organic matter. *Animal Feed Science and Technology* 110: 111–130.
- Woods, V. B., Moloney, A. P., Calsamiglia, S., & O'Mara, F. P. 2003. The nutritive value of concentrate feedstuffs for ruminant animals Part III. Small intestinal digestibility as measured by in vitro or mobile bag techniques. *Animal Feed Science and Technology*. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(03\)00221-9](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(03)00221-9)
- Yu, P.Q., Nuez-Ortín, W.G., 2010. Relationship of protein molecular structure to metabolisable proteins in different types of dried distillers grains with solubles: a novel approach. *Br. J. Nutr.* 104, 1429–1437

## 10. APÉNDICE

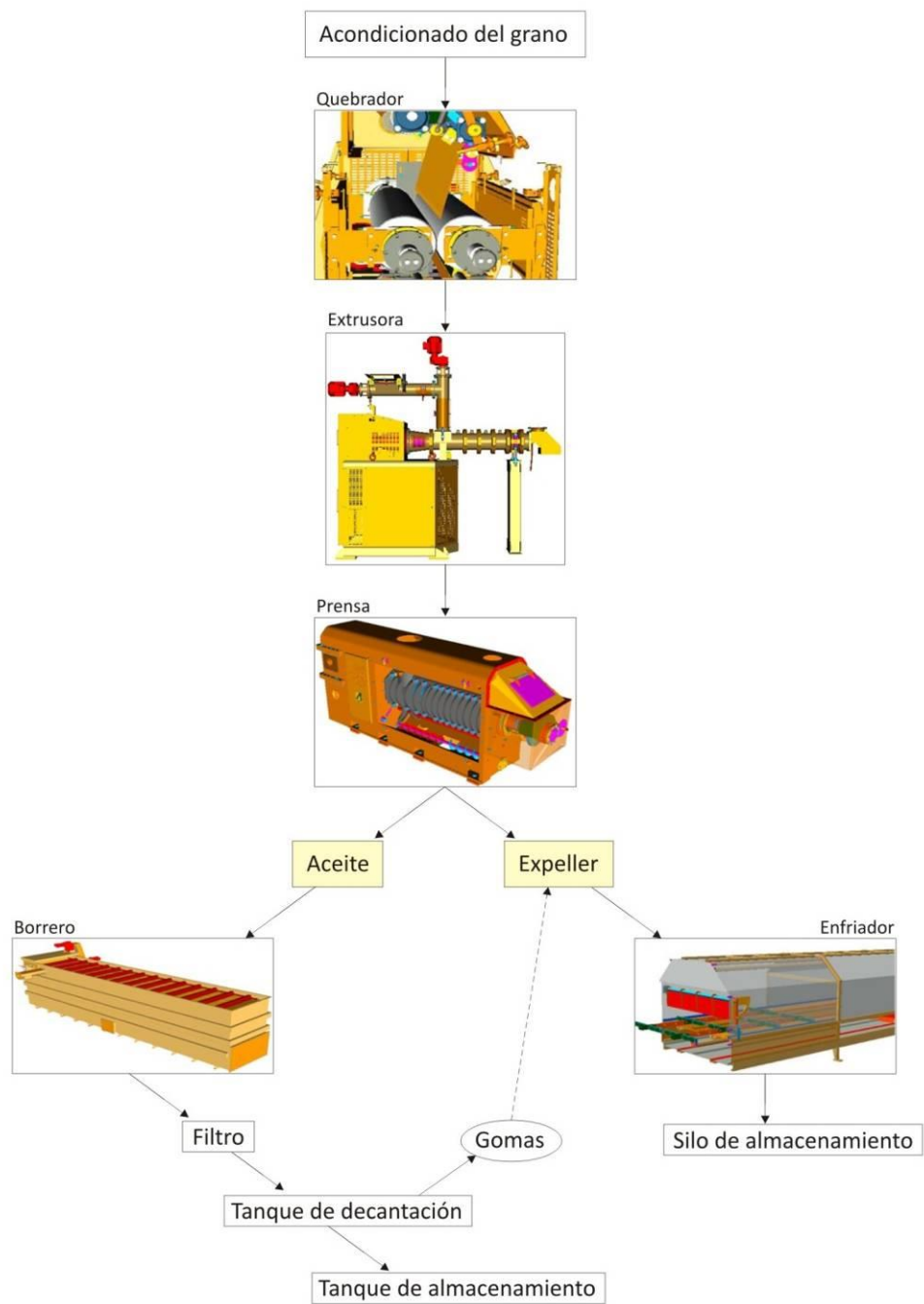


Figura 1. Generación de expeller de soja mediante proceso de extrusión. Productos y subproductos Fuente: PRECOP, 2012.

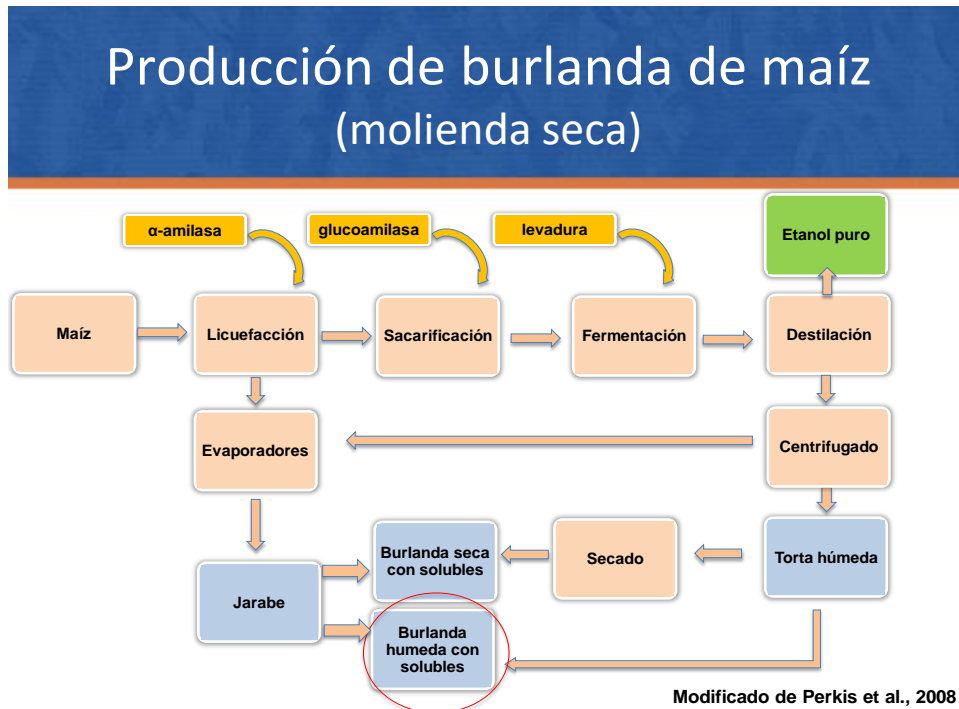


Figura 2. Generación de burlanda de maíz mediante el uso de molienda seca. Productos y subproductos.