

DDGS de Maíz en Crecimiento y Terminación de Cerdos y su Efecto sobre la Calidad de la Carne

Suarez del Cerro M, Panichelli D, Franco R, Iglesias BF
INTA – EEA Pergamino, Sección Porcinos



Mar-2019

#P17-01

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| ÍNDICE | 1 |
| INTRODUCCIÓN | 2 |
| OBJETIVO | 3 |
| MATERIALES & MÉTODOS..... | 3 |
| Lugar..... | 3 |
| Análisis Proximal y de Fibras del DDGS | 3 |
| Humedad | 3 |
| Proteína Cruda..... | 3 |
| Extracto Etéreo | 4 |
| Fibra Cruda | 4 |
| Cenizas..... | 5 |
| Fibra Detergente Neutro y Ácido..... | 5 |
| Determinación del Perfil de Aminoácidos del DDGS | 5 |
| Determinación Energética del DDGS, Maíz y Harina de Soja | 5 |
| Cerdos..... | 5 |
| Alojamiento | 6 |
| Alimento | 6 |
| Diseño Experimental..... | 6 |
| Tratamientos..... | 6 |
| Metodología para la Determinación de Energía Digestible..... | 6 |
| Cálculo de Energía Metabolizable..... | 7 |
| Prueba de Crecimiento con niveles crecientes de DDGS..... | 8 |
| Cerdos..... | 8 |
| Alojamiento | 8 |
| Alimento | 8 |
| Diseño Experimental..... | 8 |
| Tratamientos..... | 8 |
| Medición de Parámetros Zootécnico..... | 10 |
| Calidad de Carne | 10 |
| ANÁLISIS ESTADÍSTICO | 12 |
| RESULTADOS & DISCUSIÓN | 12 |
| Perfil Nutricional..... | 12 |
| Consumo..... | 15 |
| Peso Vivo y Ganancia de Peso..... | 16 |
| Conversión Alimenticia | 16 |
| Calidad de Carne | 17 |
| CONCLUSIONES..... | 17 |
| BIBLIOGRAFÍA | 18 |

INTRODUCCIÓN

La burlanda seca o granos de destilería secos con solubles (conocidos por su sigla en inglés, DDGS), son un coproducto de la industria del bioetanol. Durante la producción de etanol a partir de la molienda seca de granos de maíz (MZ), el almidón es removido del grano y convertido en alcohol y dióxido de carbono. Como resultado de la extracción del almidón, la concentración de los nutrientes remanentes en el grano se concentra casi 3 veces (Shurson *et al.*, 2004). Por lo tanto, en comparación con el MZ que se utiliza como sustrato, los DDGS tienen una mayor concentración de proteína, grasa, fibra, vitaminas y minerales (Liu *et al.*, 2012; Rosenfelder *et al.*, 2013), constituyendo una fuente nutricional alternativa para la producción animal.

En la actualidad, el sector porcino nacional se enfrenta a un nuevo y desafiante escenario debido al aumento del precio de los cereales tradicionalmente utilizados para la elaboración de dietas. Durante el último año el precio del MZ y la soja, experimentaron un aumento del 100% y 90% respectivamente (Bolsa de Cereales de Rosario, 2018). En relación a esto, resulta importante destacar que la alimentación representa entre el 60-70 % del total de los costos; y a su vez, el MZ simboliza el 80% del costo de dietas para cerdos en crecimiento y terminación (Lawrence, 2006). Este significativo aumento de precios motiva la necesidad de buscar ingredientes alternativos para abaratar costos y, simultáneamente, agregar valor en origen a un coproducto.

Si bien los DDGS de MZ ofrecen una alternativa económica para la formulación de dietas, la mayor limitante a la hora de utilizarla, es su amplia variación en contenido y calidad nutricional (Zijlstra & Beltranena, 2013). Ésta puede deberse a múltiples factores, desde la calidad del MZ, la tecnología empleada para la extracción del etanol, el proceso de secado, y más reciente las nuevas tecnologías de extracción de aceite (Kerr *et al.*, 2013).

Paralelamente resulta importante evaluar los efectos de alimentar cerdos con altos niveles de inclusión de DDGS sobre la calidad de la carne y la firmeza del tocino. Ésta última depende, en gran medida, de la relación de ácidos grasos saturados (AGS) y poliinsaturados (AGPI) que contiene la grasa (Wood *et al.*, 2003). Los ácidos grasos provenientes de la dieta, se depositan en el organismo del cerdo sin alteraciones, mientras que la síntesis endógena está compuesta principalmente de ácidos grasos saturados. Por lo tanto, la grasa de la canal de los cerdos va a reflejar el perfil de ácidos grasos de la grasa de la dieta (Ellis & Isbell, 1926; Averette Gatlin *et al.*, 2002; Jackson *et al.*, 2009). Se sabe que los DDGS contienen aproximadamente 10% de aceite con una elevada proporción de ácidos grasos insaturados (AGI; 81%) y una baja concentración de AGS (13%)

Debido a que en la Argentina existe una falta de información sobre el perfil nutricional y efectos de incorporar DDGS en dietas para cerdos, resulta importante caracterizarla y evaluar tanto el desempeño, como la calidad de carne de cerdos alimentados con niveles crecientes de este coproducto.

OBJETIVO

- Determinar energía digestible (ED) del DDGS, calcular energía metabolizable (EM), analizar aporte de aminoácidos totales y digestibles y análisis proximal completo.
- Medir respuesta productiva de los cerdos en la etapa de crecimiento y terminación alimentados con dietas conteniendo niveles de inclusión crecientes de DDGS.
- Análisis de la canal y calidad de carne.

MATERIALES & MÉTODOS

LUGAR

INTA – EEA Pergamino, Sección Porcinos.

ANÁLISIS PROXIMAL Y DE FIBRAS DEL DDGS

Las determinaciones analíticas de los ingredientes y dietas se realizaron en el laboratorio Regional del INTA – EEA Pergamino.

HUMEDAD

La determinación de humedad se realizó empleando el método AACC 44-16.01 (AACC, 2009). Se pesaron 3 g de muestra completamente homogénea en cápsulas previamente secadas y taradas. Se colocó la muestra en una estufa modelo SL60S (SanJor – San Andrés, BA, Argentina) durante 24 h a 105 °C y luego se pasó a un desecador y se pesó cuando alcanzó temperatura ambiente. El cálculo se realizó por diferencia de peso.

PROTEÍNA CRUDA

Se utilizó el método AACC 46-12.01 (AACC, 2009). Para la determinación, el método de Kjeldahl calcula la proteína cruda que es equivalente a la materia nitrogenada total mediante una digestión ácida (H_2SO_4), por lo tanto el nitrógeno presente es convertido a sal de amonio, que es destilado y transformado en amoníaco (digestión alcalina), que también se destila y cuantifica por medio de una titulación indirecta del ácido sulfúrico que queda sin reaccionar. Para su determinación se pesaron 0.1 g de muestra que se colocaron en un tubo de digestor con 4 mL de H_2SO_4 concentrado y una mezcla reactiva de K_2SO_4 , $CuSO_4$ y Se. Dicho tubo fue calentado en un block digestor (Biotec – Pergamino, BA, Argentina) a gas a 320 °C por 1 h y posteriormente fue puesto en una unidad de destilación (Biotec – Pergamino, BA, Argentina). El amoníaco fue capturado en una solución de ácido bórico al 2%, siendo titulado con H_2SO_4 0.05 N. Se utilizó una solución indicadora de rojo de metilo-azul de metileno en etanol.

El porcentaje de nitrógeno se calculó por la siguiente fórmula:

$$\%N = \frac{(V1 - V2) * meqN * NormH_2SO_4}{M} * 100$$

Donde:

%N: porcentaje de nitrógeno;

V1: volumen en ml de H₂SO₄ gastados en la muestra;

V2: volumen en ml de H₂SO₄ gastados en el blanco;

meq N: miliequivalente de nitrógeno;

Norm H₂SO₄: normalidad de la solución de H₂SO₄ para la titulación;

M: masa de la muestra en gramos.

Los resultados se reportaron como porcentaje de proteína, usando el valor de 6.25 como factor de conversión de porcentaje de nitrógeno a porcentaje de proteínas.

EXTRACTO ETÉREO

Para la determinación se utilizó el método AACC30-25.01 (AACC, 2009). Con esta técnica se determina el extracto etéreo por medio de una extracción en forma directa con solventes orgánicos, que en este caso fue hexano con un equipo de Twisselman.

El valor de extracto etéreo se determinó a través de la siguiente relación:

$$\%grasa = \frac{P - p}{M} * 100$$

Donde:

P: masa del matraz con grasa en gramos;

p: masa del matraz vacío en gramos;

M: masa de la muestra en gramos.

FIBRA CRUDA

La fibra cruda se define como el residuo obtenido tras el tratamiento de los vegetales con ácidos y álcalis. Es decir, se refiere fundamentalmente a los elementos fibrosos de la pared de la célula vegetal, que en su mayor parte corresponden a celulosa, pectinas y lignina. Para la determinación se utilizó el método AACC 32-10.01 (AACC, 2009). La fibra cruda fue determinada por una digestión secuencial de la muestra con H₂SO₄ al 1.25% y luego con NaOH al 1.25%. El residuo insoluble se obtuvo por filtración, el cual fue secado y pesado.

Por lo tanto los cálculos respectivos son:

$$\%FC = \frac{MPlaca - tara}{M} * 100$$

Donde:

%FC: porcentaje de fibra cruda;

MPlaca: masa de la placa de filtración con el material retenido en gramos;

tara: masa de la placa de filtración;

M: masa de la muestra en gramos.

CENIZAS

Para la determinación, se utilizó el método AACC 08-01.01 (AACC, 2009). El procedimiento consistió en colocar un crisol a masa constante, en el cual se pesaron 2 g de muestra; se colocó el crisol en una mufla Dalvo (Ojalvo S.A. – Santa Fe, SF, Argentina) modificada con un termostato digital para efectuar la calcinación completa a 550 °C por 5 h, hasta obtener cenizas grises o blancas. Se dejó enfriar en la mufla y se transfirió al desecador para su completo enfriamiento, se determinó la diferencia de masa del crisol y se calculó el valor a través de la siguiente fórmula:

$$\%cenizas = \frac{(P - p)}{M} * 100$$

Donde:

P: masa del crisol con las cenizas en gramos;

p: masa del crisol vacío en gramos;

M: masa de la muestra en gramos.

FIBRA DETERGENTE NEUTRO Y ÁCIDO

Fibra detergente neutro (FDN) a través del Método Goering y Van Soest (1970), con agregado de amilasa termoestable y fibra detergente ácido (FDA) acorde a la metodología de Van Soest (1963) utilizando un Analizador de Fibra 200/220 ANKOM (Ankom®, Tech. Co., Fairport, NY, USA).

DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE AMINOÁCIDOS DEL DDGS

Para la determinación del contenido de aminoácidos (AA) totales y digeribles del DDGS se empleó espectroscopía del infrarrojo cercano (conocida por su sigla en inglés, NIRS) en Evonik-Degussa Argentina S.A. empleando un equipo marca FOSS® modelo DS2500 con curvas de calibración agCORN00_39471_v11 para aminoácidos.

DETERMINACIÓN ENERGÉTICA DEL DDGS, MAÍZ Y HARINA DE SOJA

CERDOS

Genética: Topigs

Cantidad: 8

Sexo: Machos castrados.

Peso inicial: 48 kg (aprox.)

ALOJAMIENTO

Para la determinación ED se emplearon 8 jaulas metabólicas de 0,8 m (alto), 1 m (ancho) y 1,15 m (largo), equipadas con bebedero tipo nipple, piso de barrotes de hierro y bandejas recolectoras permitiendo la recolección total, pero por separado, de orina y heces.

ALIMENTO

Tipos: 4 alimentos con 2 presupuestos de alimentación según Cuadro 1.

Presentación: Fase 1 y 2 en micropellets, Fase 3 y 4 harina.

Origen: EnsolPigs SA e INTA.

DISEÑO EXPERIMENTAL

Dos cuadrados latinos (4 x 4) que se llevaron a cabo en simultáneo durante 4 semanas.

TRATAMIENTOS

Se empleó una dieta basal (control), elaborada a partir de MZ y harina de soja (HS), balanceada para cubrir los requerimientos de vitaminas y minerales recomendados para la categoría de crecimiento según Rostagno *et al.* (2017) y 3 dietas reemplazando el 30% de la basal por el ingrediente a evaluar (MZ, HS y DDGS) (Cuadro 1.) Previa elaboración de las dietas los 3 ingredientes principales fueron molidos a través de una zaranda n° 2, obteniéndose partículas uniformes de alrededor de 650 µm. Se tomaron muestras, por duplicado, de las 3 materias primas a evaluar y de las dietas experimentales para posterior análisis al laboratorio.

Cuadro 1. Tratamientos empleados en la determinación de energía digestible de DDGS, maíz y harina de soja

| Tratamiento | Basal | Material evaluado | | |
|-------------|-------|-------------------|----------------|------|
| | | Maíz | Harina de soja | DDGS |
| 1.- Basal* | 100% | | | |
| 2.- MZ30 | 70% | 30% | | |
| 3.- HS30 | 70% | | 30% | |
| 4.- DDGS30 | 70% | | | 30% |

*Dieta Basal en base a maíz y harina de soja, balanceada para cubrir los requerimientos nutricionales de la categoría según lo recomendado por Rostagno et al. (2017).

METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE ENERGÍA DIGESTIBLE

Para la determinación de ED de las materias primas se llevó a cabo el método de recolección total (Adeola, 2001). De acuerdo con este método, la digestibilidad total aparente (DTA) de un componente es determinada a través de la medición exacta de la cantidad del componente ingerido menos la cantidad excretada.

El suministro de las dietas experimentales tuvo una duración total de 5 semanas. La primera, consistió en un período de adaptación del animal a la jaula, dieta y horarios

de alimentación. En ese período también se ajustó la oferta de alimento diaria para evitar rechazos, fijándose la misma en 2,5 veces la cantidad de energía requerida para el mantenimiento corporal ($197 \text{ kcal/kg} \cdot \text{Peso Vivo}^{0.60}$; NRC, 2012) dividida en dos comidas diarias (a las 8:30 y a las 15:30 hs). Cada semana representó un período experimental, correspondiendo los primeros 4 días a un período de adaptación a la dieta, seguido de 3 días consecutivos de recolección total de heces que se realizó empleando la técnica a tiempo fijo, descrita por Liu *et al.* (2012).

Las dietas fueron proporcionadas en forma húmeda 1:1 agua:dieta y se llevó registro de la cantidad de alimento entregado en cada momento de alimentación. El agua estuvo disponible a voluntad durante todo el experimento.

Las muestras de excretas se recolectaron en bandejas que contenían 30 mL de ácido sulfúrico 6 N y se congelaron diariamente, al último día de recolección, las heces de los tres días de cada animal fueron descongeladas y homogeneizadas para tomar una muestra que fue secada en estufa Dalvo (Ojalvo S.A. – Santa Fe, SF, Argentina) a 60°C durante 48-72 hs y molida para pasar a través de un tamiz de 1 mm. Posteriormente se determinó EB tanto de las excretas, dietas experimentales como de los ingredientes en una bomba calorimétrica isoperibólica Parr 1261 (Parr Instrument Company – Moline, IL, USA) acorde a lo expresado en el método estándar ASTM D2015-85 (ASTM, 1987) y se calculó el contenido de energía digestible de cada dieta según la siguiente ecuación:

$$ED_{dieta} = \frac{(EB_{cons} - EB_{excr})}{A_{cons}}$$

Donde:

- ED_{dieta}: energía digestible, kcal/kg;
- EB_{cons}: energía bruta consumida en kcal;
- EB_{excr}: energía bruta excretada kcal;
- AC: alimento consumido en kilogramos.

Una vez calculada la ED de cada dieta, se procedió a calcular el contenido de ED y coeficientes de digestibilidad para los 3 ingredientes evaluados. A través del método de diferencia, y asumiendo la ausencia de interacción entre la dieta basal y los ingredientes evaluados, empleando la siguiente la siguiente fórmula:

$$ED_{ingr} = \frac{ED_{dieta \text{ exp}} - ED_{basal} * 0.7}{0.3}$$

Donde:

- ED_{ingr}: energía digestible del ingrediente, kcal/kg;
- ED _{dieta exp}: energía digestible de la dieta experimental, kcal/kg;
- ED _{basal}: energía digestible de la dieta basal, kcal/kg.

CÁLCULO DE ENERGÍA METABOLIZABLE

Para el cálculo de energía metabolizable del DDGS se empleó la siguiente ecuación propuesta por Anderson et al., (2012).

$$EM_{ingr} = (0.94 * EB) - (23.45 * FDN) - (70.23 * Cen)$$

Donde:

EMingr: energía metabolizable del ingrediente, kcal/kg de MS;

EB: energía bruta, kcal/kg;

FDN: Fibra detergente neutro, %;

Cen: Cenizas, %.

PRUEBA DE CRECIMIENTO CON NIVELES CRECIENTES DE DDGS

CERDOS

Genética: Topigs

Cantidad: 36

Sexo: Machos castrados.

Peso inicial: 48 kg (aprox.)

ALOJAMIENTO

Jaulas de 1.0 x 0.8 m con pisos tipo slat plástico (1 cerdo/jaula), con suministro *ad libitum* de alimento y agua.

ALIMENTO

Tipos: crecimiento (CREC) desde peso inicial a 70 kg PV y terminación (TERM) hasta 105 kg PV promedio. Cabe aclarar que el cambio de fase se realizó según peso promedio de cada bloque.

Presentación: harina.

Origen: INTA.

DISEÑO EXPERIMENTAL

Se empleó un diseño en bloques completos al azar. Los animales fueron bloqueados por peso inicial en 9 bloques. Los tratamientos contaron con 9 réplicas de un cerdo cada uno, siendo cada cerdo la unidad experimental.

TRATAMIENTOS

Los tratamientos consistieron en 4 dietas experimentales con niveles de inclusión crecientes de DDGS (Cuadro 2).

Cuadro 2. Tratamientos empleados para la prueba de crecimiento

| Tratamiento | Descripción |
|-------------|---|
| 1.- D0 | Dieta Control* |
| 2.- D15 | Isoproteica a T1 con 15% de inclusión de DDGS |
| 3.- D30 | Isoproteica a T1 con 30% de inclusión de DDGS |
| 4.- D45 | Isoproteica a T1 con 45% de inclusión de DDGS |

*Dieta Control en base a maíz y harina de soja, balanceada para cubrir los requerimientos nutricionales de la categoría según lo recomendado por Rostagno *et al.* (2017).

Los tratamientos fueron distribuidos según se muestra en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Distribución de los lechones

| | | | | | |
|---|----|---|----|---|----|
| / | 42 | 3 | 19 | 4 | 18 |
| / | 41 | 1 | 20 | 2 | 17 |
| / | 40 | 3 | 21 | 1 | 16 |
| / | 39 | 1 | 22 | 2 | 15 |
| / | 38 | 4 | 23 | 3 | 14 |
| / | 37 | 2 | 24 | 4 | 13 |
| | | 4 | 25 | 3 | 12 |
| | | 1 | 26 | 2 | 11 |
| | | 2 | 27 | 4 | 10 |
| | | 3 | 28 | 1 | 9 |
| | | 2 | 29 | 2 | 8 |
| | | 3 | 30 | 4 | 7 |
| | | 1 | 31 | 1 | 6 |
| | | 4 | 32 | 3 | 5 |
| | | 3 | 33 | 4 | 4 |
| | | 4 | 34 | 3 | 3 |
| | | 1 | 35 | 2 | 2 |
| | | 2 | 36 | 1 | 1 |

1 a 42 = lotes

1 a 4 = tratamientos

Distribución (9 réplicas de 1 cerdo cada una)

| | | | | | | | | | |
|-----|---|---|----|----|----|----|----|----|----|
| 1.- | 1 | 6 | 9 | 16 | 20 | 22 | 26 | 31 | 35 |
| 2.- | 2 | 8 | 11 | 15 | 17 | 24 | 27 | 29 | 36 |
| 3.- | 3 | 5 | 12 | 14 | 19 | 21 | 28 | 30 | 33 |
| 4.- | 4 | 7 | 10 | 13 | 18 | 23 | 25 | 32 | 34 |

Las dietas fueron formuladas en base MZ y HS para cubrir los requerimientos de LIS ileal estandarizada recomendados por Rostagno *et al.* (2017), con el objetivo de aportar 0,90 % y 0,78% de LIS en las fases de CREC y TERM respectivamente (Cuadro 4). En relación a esto último, resulta importante resaltar que si bien las dietas fueron formuladas iso-proteicas e iso-aminoácidas no estuvieron balanceadas en energía.

Cuadro 4. Composición y aporte de nutrientes de las dietas experimentales

| Ingredientes (%) | Crecimiento | | | | Terminación | | | | |
|---------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------------|-------|-------|-------|-------|
| | D0 | D15 | D30 | D45 | D0 | D15 | D30 | D45 | |
| Maíz, 7.5%PC | 63.98 | 56.03 | 48.05 | 40.11 | 69.59 | 61.63 | 53.69 | 45.73 | |
| Soja Harina, 42%PC | 33.14 | 26.03 | 18.93 | 11.82 | 27.61 | 20.5 | 13.38 | 6.27 | |
| DDGS | 0.00 | 15.00 | 30.00 | 45.00 | 0.00 | 15.00 | 30.00 | 45.00 | |
| Calcio Carbonato | 1.26 | 1.42 | 1.59 | 1.75 | 1.28 | 1.44 | 1.61 | 1.77 | |
| FosCalcio 20 | 0.85 | 0.57 | 0.29 | 0.01 | 0.88 | 0.60 | 0.32 | 0.04 | |
| Sal | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | |
| Premix Vit-Min | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | |
| L-Lisina HCl 78.8% | 0.08 | 0.22 | 0.36 | 0.50 | 0.07 | 0.22 | 0.36 | 0.50 | |
| DL-Metionina 99% | 0.05 | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| L-Treonina 98% | 0.06 | 0.09 | 0.12 | 0.14 | 0.00 | 0.03 | 0.05 | 0.08 | |
| L-Triptófano 98% | 0.03 | 0.05 | 0.07 | 0.09 | 0.01 | 0.03 | 0.04 | 0.06 | |
| Nutrientes (%) | | | | | | | | | |
| Materia Seca | 88.00 | 88.00 | 87.53 | 87.28 | 87.88 | 87.64 | 87.40 | 87.16 | |
| Proteína Cruda | 19.00 | 19.00 | 19.00 | 19.00 | 17.00 | 17.00 | 17.00 | 17.00 | |
| Extracto Etéreo | 3.06 | 3.06 | 5.04 | 6.04 | 3.19 | 4.19 | 5.18 | 6.18 | |
| Fibra Cruda | 3.92 | 3.92 | 4.69 | 5.07 | 3.68 | 4.06 | 4.44 | 4.83 | |
| EM (kcal/kg) | 3190 | 3178 | 3165 | 3153 | 3202 | 3190 | 3177 | 3165 | |
| EM:Lisina | 3.32 | 3.25 | 3.19 | 3.13 | 2.89 | 2.83 | 2.76 | 2.70 | |
| P Disponible | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | |
| AA Digest. | Lisina | 1.079 | 1.086 | 1.093 | 1.099 | 0.942 | 0.949 | 0.955 | 0.962 |
| | Metionina | 0.343 | 0.348 | 0.354 | 0.359 | 0.274 | 0.282 | 0.294 | 0.305 |
| | Met+Cis | 0.661 | 0.675 | 0.688 | 0.702 | 0.566 | 0.582 | 0.602 | 0.621 |
| | Triptófano | 0.254 | 0.254 | 0.254 | 0.254 | 0.202 | 0.202 | 0.202 | 0.202 |
| | Treonina | 0.813 | 0.823 | 0.832 | 0.842 | 0.675 | 0.685 | 0.694 | 0.704 |
| AA Digest. | Lisina | 0.900 | 0.900 | 0.900 | 0.900 | 0.780 | 0.780 | 0.780 | 0.780 |
| | Metionina | 0.300 | 0.300 | 0.300 | 0.300 | 0.234 | 0.236 | 0.243 | 0.249 |
| | Met+Cis | 0.541 | 0.542 | 0.542 | 0.543 | 0.455 | 0.458 | 0.464 | 0.471 |
| | Triptófano | 0.203 | 0.203 | 0.203 | 0.203 | 0.156 | 0.156 | 0.156 | 0.156 |
| | Treonina | 0.630 | 0.630 | 0.630 | 0.630 | 0.507 | 0.507 | 0.507 | 0.507 |

EM: Energía Metabolizable.

MEDICIÓN DE PARÁMETROS ZOTÉCNICO

Peso corporal individual: Inicial (PI), semanal (PS), al finalizar fase de crecimiento (PFC) y al culminar fase de terminación (PFT).

Ganancia de peso: diaria (GDP), y en forma acumulada (GDA)

Consumo alimento: diario (CMD), y por fase en forma acumulada (CMA)

Conversión: diaria (CAD) y por acumulada (CAA)

Mortalidad: Diaria.

CALIDAD DE CARNE

Los análisis físico-químicos y sensoriales se realizaron en el laboratorio de Calidad de Carne de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la UNNE (Corrientes) a cargo de la Dra. Gladis Rebak.

Para realizar las determinaciones de los parámetros de calidad de la carne se utilizó una costeleta extraída de cada media canal, a nivel del dorso-lomo (última costilla o 10^a costilla)(Figura 1).



Figura 1. Toma de muestras en frigorífico San Nicolás, Bs As.

Análisis químico del músculo LD: las muestras de músculo LD se identificaron y conservaron a -20°C hasta su análisis en laboratorio, donde se determinó materia seca, proteínas totales y extracto etéreo empleando la metodología corriente.

Composición de la grasa intramuscular y subcutánea: las muestras de grasa obtenidas a nivel de la última costilla, fueron identificadas y conservadas a -20 °C hasta su análisis en laboratorio. El perfil de ácidos grasos se realizó por cromatografía gaseosa de los ésteres metílicos, a partir de un extracto de grasa subcutánea obtenido por el método de Folch *et al.* (1957). Se analizaron los siguientes ácidos grasos: mirístico (C14:0), palmítico (C16:0), palmitoleico (C16:1), heptadecanoico (C17:0), heptadecenoico (C17:1), esteárico (C18:0), oleico (C18:1), linoleico (C18:2), linolénico (C18:3), eicosenoico (C20:1), araquidónico (C20:4), eicosapentanoico (C20:5), decosahecanoico (C22:6). Asimismo se consideró el conjunto de los ácidos grasos saturados (AGS) e insaturados (AGI), como también las relaciones AGI/AGS, contenido de los ácidos grasos conjugados (CLA) y las proporciones de ácidos grasos Omega-3, Omega-6 y Omega-9.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos de ED fueron analizados mediante un Análisis de la Varianza (ANAVA) correspondiente a un diseño cuadrado latino replicado. Las comparaciones múltiples se efectuaron con el método LSD (Fisher) considerando un error α de 0.05. El software utilizado en este análisis fue SAS (SAS Institute Inc., 2009).

Para la prueba de crecimiento, los datos fueron analizados por fase de alimentación, tanto de manera diaria como acumulada, utilizando modelos lineales mixtos. Tanto la correlación entre las medidas repetidas en el tiempo como la heterogeneidad de varianza (cuando se presentó) se tuvieron en cuenta modelando además la matriz de varianza-covarianza de los errores. Las medias ajustadas se compararon mediante la prueba de Tukey, considerando un error α de 0.05.

Para esto se empleó el software InfoSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2012) y la aplicación Modelos Lineales Mixtos (Di Rienzo *et al.*, 2011) del mismo software integrado con la plataforma R-proyect (R Core Team, 2017).

RESULTADOS & DISCUSIÓN

PERFIL NUTRICIONAL

Los resultados del análisis proximal revelaron que el DDGS aporta, en base seca, 26.4, 10.2, 7.4 y 5.3% de PC, EE, FC y Cen, respectivamente (Cuadro 5). La composición química del MZ y la HS también se detallan en el Cuadro 5. El contenido de MS del DDGS coincidió con los valores típicamente reportados en la literatura estadounidense (87 - 91%) (Spiehs *et al.*, 2002; Anderson *et al.*, 2012; Gutiérrez *et al.*, 2014; Curry *et al.*, 2016).

El porcentaje de PC resultó inferior a los valores listados por NRC (2012) y FEDNA (2010) y hallados en otros estudios (Spiehs *et al.*, 2002; Shurson *et al.*, 2004; Liu, 2009; Anderson *et al.*, 2012; Gutierrez & Patience, 2012). Por lo tanto, y a fin de encontrar posibles causas que expliquen el menor contenido de PC en el DDGS evaluado, se analizó el valor histórico de dicho parámetro en el MZ empleado por la empresa para la producción del bioetanol. Según reportes semanales realizados durante los años 2016-2017, el promedio de PC del MZ fue 8.43% en base seca; valor que resulta menor al reportado por Li *et al.* (2014) y Gutiérrez & Patience (2014) de 9.69% y 9.60%, respectivamente y de los valores normalmente listados en las tablas FEDNA (de Blas *et al.*, 2010), NRC (National Research Council, 2012) y las Brasileñas (Rostagno *et al.*, 2017). Por consiguiente, la menor concentración de PC en la burlanda seca obtenida en ACABio, en comparación a lo reportado en EE. UU., se explicaría por el menor contenido de PC del MZ utilizado como sustrato para la producción de bioetanol.

Con respecto a los valores de FC obtenidos, se corresponden con lo publicado por Widyarathe & Zijlstra (2007); Anderson *et al.*, (2012) y NRC (National Research Council, 2012). Según lo analizado, los DDGS contienen 39.7% de FDN y 9.75% de FDA, estos valores coinciden con lo hallado en la bibliografía. No obstante, el

porcentaje de FDA resultó ligeramente menor que el listado en la tabla del NRC (National Research Council, 2012).

Cuadro 5. Perfil nutricional, energía bruta y digestible de maíz, harina de soja y DDGS

| Nutriente (%) | Material evaluado | | |
|---------------|-------------------|----------------|-------|
| | Maíz | Harina de soja | DDGS |
| MS | 87.5 | 88.2 | 87.1 |
| PC | 8.6 | 46.9 | 26.4 |
| EE | 4.4 | 3.4 | 10.2 |
| FC | 2.2 | 5.4 | 7.4 |
| Cen | 1.5 | 6.7 | 5.3 |
| FDN | 13.11 | 17.12 | 39.65 |
| FDA | 3.18 | 7.14 | 11.27 |

Datos expresados en base seca. MS: Materia Seca; PC: Proteína Cruda; EE: Extracto Etéreo; FC: Fibra Cruda; Cen.: Cenizas; FDN: Fibra Detergente Neutro; FDA: Fibra Detergente Ácido; EB: Energía Bruta; ED: Energía Digestible; DTAEB: Digestibilidad total aparente de energía bruta.

En lo que respecta a la fracción grasa, los DDGS se caracterizan por contener históricamente alrededor de un 10 a 11% de EE (Stein & Shurson, 2009; National Research Council, 2012), por lo tanto los DDGS analizados coinciden también en contenido graso con la bibliografía. Por último, el contenido de cenizas presentes en los DDGS resultó similar a los reportados por los autores previamente citados.

El perfil de AA (Cuadro 6) coincide con lo previamente reportado, a excepción de la concentración de lisina (LIS) total que fue de 0,86 mientras que la bibliografía indica valores más bajos, de 0.77 (National Research Council, 2012) y 0.68 (de Blas *et al.*, 2010). Previamente quedó demostrado que la LIS es el AA más susceptible al daño por calentamiento durante el secado, lo que disminuye tanto su concentración como digestibilidad (Azcona *et al.*, 2007), diferenciando este producto de los demás.

Cuadro 6. Perfil de aminoácidos del DDGS

| Nutriente (%) | Aminoácidos | |
|-------------------|-------------|-------------|
| | Totales | Digestibles |
| Lisina | 0.86 | 0.54 |
| Metionina | 0.50 | 0.42 |
| Cistina | 0.48 | 0.37 |
| Met+Cis | 0.98 | 0.74 |
| Triptófano | 0.22 | 0.17 |
| Treonina | 0.98 | 0.70 |
| Arginina | 1.19 | 0.96 |
| Valina | 1.23 | 0.94 |
| Isoleucina | 0.93 | 0.73 |
| Leucina | 2.84 | 2.42 |

Met+Cis: Metionina+Cistina.

En relación a lo anteriormente dicho y, al ser la LIS el AA limitante para la especie porcina, se recomienda que el ingrediente posea una relación LIS: PC mayor a 2.80%

para garantizar la calidad del DDGS (Stein, 2007). Dicha proporción se utiliza como criterio para identificar coproductos dañados durante el procesamiento. Para la muestra analizada, esta relación resultó mayor a lo recomendado (3.25%), por lo que se infiere que los DDGS obtenidos en ACABio no sufrieron daño por calentamiento.

El contenido de EB fue de 4462, 4773 y 5229 en kcal/kg de MS para el MZ, HS y DDGS respectivamente (Cuadro 7). El valor de EB medido en el DDGS, concuerda dentro del rango típicamente reportado (5112 a 5629 kcal/kg MS) por autores estadounidenses (Spiehs *et al.*, 2002; Pedersen *et al.*, 2007; Stein & Shurson, 2009; Anderson *et al.*, 2012). Las concentraciones de EB tanto del MZ como de la HS, también resultaron similares a lo hallado en las tablas (de Blas *et al.*, 2010; National Research Council, 2012; Rostagno *et al.*, 2017).

El contenido de ED medido en materia seca resultó en 3927 en el MZ, 3880 en el DDGS y 4250 kcal/kg de MS en HS. El valor de ED medido en los DDGS coincidió con valores anteriormente reportados (Spiehs *et al.*, 2002; Shurson *et al.*, 2004; Pedersen *et al.*, 2007) Stein *et al.*, 2006). Para el cálculo del contenido de EM tanto del coproducto, como del MZ y HS se emplearon ecuaciones de predicción validadas. En el caso del DDGS la EM fue calculada en 3612 kcal/g en base seca según la ecuación de Anderson *et al.* (2012). Para el MZ y HS se emplearon las ecuaciones de

Con el objetivo de facilitar la comparación de los valores de energía de DDGS nacional analizado con lo consultado en la bibliografía, se presenta la Tabla 4. Si bien la concentración de EB en el DDGS resultó mayor a la del MZ (5229 vs 4462 kcal/kg), la digestibilidad total aparente (DTA) de dicha energía fue menor en el DDGS que en el MZ (0.75 y 0.88% respectivamente).

Cuadro 7. Valoración energética de harina de soja, maíz y DDGS

| Nutriente | Harina | | DDGS | | | |
|---------------------|--------|------|--------|-----------------------|-----------------------|-------------------|
| | Soja | Maíz | ACABio | Pedersen ¹ | Anderson ² | Kerr ³ |
| EB (kcal/kg) | 4773 | 4462 | 5220 | 5434±108 | 5420 | 4996±86 |
| ED (kcal/kg) | 4258 | 3926 | 3880 | 4140±205 | 4029±227 | 3635±112 |
| ED/EB (%) | 89 | 88 | 75 | 76 | 74 | 73 |
| EM (kcal/kg) | 3844 | 3761 | 3568 | 3897±210 | 3770 | 3435±113 |

Datos±SD expresados en base seca. EB: Energía Bruta; ED: Energía Digestible; ED/EB: Utilización de la energía bruta; EM: Energía Metabolizable.

¹Pedersen *et al.* (2007), sobre una análisis de 10 muestras de DDGS.

²Anderson *et al.* (2012), sobre una análisis de 6 muestras de DDGS.

³Kerr *et al.* (2013) sobre una análisis de 11 muestras de DDGS con contenido EE variable.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Stein & Shurson (2009), quienes aclaran que, a pesar de contener mayor concentración de EB, los DDGS presentan una ED y EM similar al MZ. La menor utilización de la EB (ED/EB) de los DDGS se atribuye a una mayor concentración de FDN y FDA (Cuadro 5), cuya digestibilidad se encuentra en el orden del 60 al 75%. Por consiguiente, la mayor concentración de FDN y FDA en los DDGS parecieran explicar la menor digestibilidad de energía del coproducto en comparación al MZ (Urriola *et al.*, 2010).

En trabajos más contemporáneos, se listan DDGS con menor contenido de EE (6-7%) y concentraciones de ED y EM reducidas (Kerr *et al.*, 2013). Esto se debe a nuevas tecnologías empleadas para la extracción de aceite que generan DDGS “bajos en grasa”.

CONSUMO

No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p>0.05$) en relación al consumo diario, ni al acumulado por fases (Cuadro 8). Sin embargo el consumo total promedio de los tratamientos con DDGS fue mayor que el Control (D0), siendo el tratamiento D45 el que presentó mayor consumo total. Sin embargo el consumo del tratamiento D30 se vio disminuido respecto de los demás tratamientos con DDGS ($p=0.04$, Figura 2). Este comportamiento se puede explicar porque durante la segunda semana de la experiencia se registraron signos de afección respiratoria (decaimiento general, anorexia, tos, hipertermia), posiblemente por el stress del transporte y cambio de dieta. La sintomatología presentó una prevalencia general mayor al 30%, con una mayor incidencia ($>50\%$) en los animales correspondientes al tratamiento D30. Se suministró una única dosis intramuscular (1 mL/40 Kg peso vivo) de Tulatromicina (antibiótico macrólido).

Cuadro 8. Consumo de alimento diario y acumulado con niveles crecientes de DDGS.

| Consumo (kg) | Fase | Tratamientos | | | | EE | p-valor |
|--------------|---------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------|---------|
| | | D0 | D15 | D30 | D45 | | |
| Diario | Crec | 2.57 | 2.75 | 2.58 | 2.82 | 0.08 | 0.34 |
| | Term | 2.97 | 3.03 | 3.00 | 3.07 | 0.08 | 0.96 |
| Acumulado | Crec | 53.77 | 56.46 | 53.40 | 57.14 | 1.64 | 0.29 |
| | Term | 99.80 | 103.18 | 101.87 | 104.89 | 2.59 | 0.41 |
| | Total* | 163.74 ^b | 176.48 ^a | 160.66 ^b | 185.15 ^a | 1.68 | 0.04 |

Medias ajustadas con diferente letra en la misma fila, difieren estadísticamente ($p\leq 0.05$). Crec: Crecimiento; Term: Terminación; EE: Error estándar. *Considerando las réplicas que consumieron las dietas experimentales por la misma cantidad de semanas.

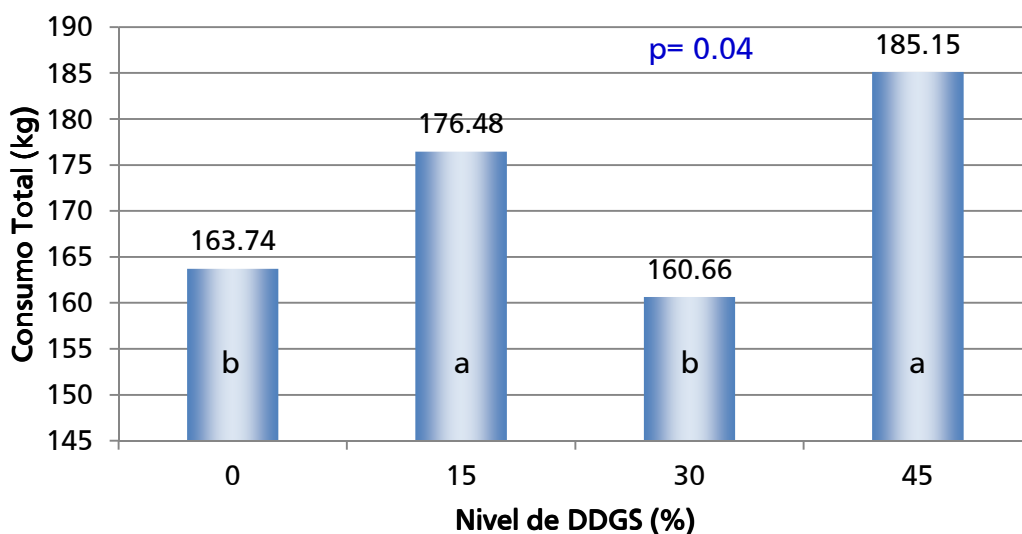


Figura 2. Consumo total de alimento con niveles crecientes de DDGS

PESO VIVO Y GANANCIA DE PESO

No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p>0.05$) en relación al peso inicial, ni al culminar ambas fases de alimentación (Cuadro 9).

Cuadro 9. Peso vivo promedio al inicio y al finalizar las fases de alimentación.

| Peso Vivo (kg) | Tratamientos | | | | EE | p-valor |
|------------------------|--------------|--------|--------|--------|------|---------|
| | D0 | D15 | D30 | D45 | | |
| Inicial | 47.21 | 46.93 | 48.00 | 47.14 | 0.42 | 0.32 |
| Fin Crecimiento | 72.21 | 72.10 | 71.86 | 70.43 | 1.09 | 0.64 |
| Fin Terminación | 107.86 | 107.50 | 106.64 | 105.79 | 1.30 | 0.68 |

Medias ajustadas; EE: Error estándar.

Tanto en ganancia diaria de peso como en acumulada, no se hallaron diferencias con niveles crecientes de DDGS ($p>0.05$, Cuadro 10).

Cuadro 10. Ganancias de peso diaria y acumulada con niveles crecientes de DDGS.

| Ganancia de peso (kg) | Fase | Tratamientos | | | | EE | p-valor |
|-----------------------|---------------|--------------|-------|-------|-------|------|---------|
| | | D0 | D15 | D30 | D45 | | |
| Diaria | Crec | 1.14 | 1.14 | 1.08 | 1.15 | 0.05 | 0.62 |
| | Term | 1.02 | 1.00 | 0.98 | 1.00 | 0.02 | 0.88 |
| Acumulada | Crec | 22.55 | 24.07 | 22.56 | 22.69 | 1.08 | 0.71 |
| | Term | 33.81 | 34.10 | 33.63 | 34.25 | 0.77 | 0.94 |
| | Total* | 64.81 | 67.00 | 62.00 | 67.33 | 2.31 | 0.41 |

Medias ajustadas. Crec: Crecimiento; Term: Terminación; EE: Error estándar. *Considerando las réplicas que consumieron las dietas experimentales por la misma cantidad de semanas.

Un gran número de autores (Cook *et al.*, 2005; DeDecker *et al.*, 2005) sugirieron que el DDGS puede ser incorporado hasta un 30% sin observarse efectos perjudiciales en el desempeño porcino durante CREC y TERM. Otros, reportaron una menor GDP y CMD de cerdos alimentados dietas con 0% a 45%, pero dicha reducción en el desempeño no resultó tan relevante como para dejar de incluir 45% de DDGS en dietas (Cromwell *et al.*, 2011). Asimismo los resultados obtenidos en este estudio, son coincidentes con los presentados por Weber *et al.* (2015) quienes alimentaron cerdos de la misma categoría, pero a una concentración más elevada de DDGS (60%), sin hallar diferencias en el desempeño de los mismos.

CONVERSIÓN ALIMENTICIA

No se observaron diferencias significativas entre tratamientos ($p>0.05$) en relación a conversión alimenticia por fase ni acumulada (Cuadro 11).

Cuadro 11. Conversión alimenticia por fase y acumulada con niveles crecientes de DDGS

| Conversión alim. (kg/kg) | Fase | Tratamientos | | | | EE | p-valor |
|--------------------------|---------------|--------------|------|------|------|------|---------|
| | | D0 | D15 | D30 | D45 | | |
| Por Fase | Crec | 2.37 | 2.53 | 2.62 | 2.75 | 0.14 | 0.19 |
| | Term | 2.91 | 2.98 | 3.04 | 3.10 | 0.08 | 0.51 |
| Acumulada | Crec | 2.14 | 2.24 | 2.22 | 2.43 | 0.10 | 0.08 |
| | Term | 2.83 | 2.97 | 3.03 | 3.05 | 0.10 | 0.40 |
| | Total* | 2.55 | 2.65 | 2.69 | 2.80 | 0.09 | 0.26 |

Medias ajustadas. Crec: Crecimiento; Term: Terminación; EE: Error estándar. *Considerando las réplicas que consumieron las dietas experimentales por la misma cantidad de semanas.

CALIDAD DE CARNE

No se ha encontrado una diferencia estadísticamente significativa en las variables, materia seca, proteína cruda, ácidos grasos saturados (AGS), ácidos grasos insaturados (AGI), relación AGI/AGS y omega 3 ($p > 0.05$, Cuadro 12), mientras que para las variables extracto etéreo, omega 6 y 9 se observó una diferencia estadísticamente significativa entre los distintos niveles de DDGS ($p \leq 0.05$).

Cuadro 12. Calidad de carne en cerdos alimentados con niveles crecientes de DDGS

| Parámetro | Tratamientos | | | |
|----------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| | D0 | D15 | D30 | D45 |
| MS | 29.70 | 29.94 | 29.74 | 29.76 |
| PC | 25.89 | 26.12 | 25.92 | 26.14 |
| EE | 2.09 ^c | 3.13 ^a | 2.78 ^{ab} | 2.34 ^{bc} |
| AGS | 37.44 | 39.36 | 37.94 | 37.86 |
| AGI | 62.56 | 60.64 | 62.06 | 62.14 |
| AGI/AGS | 1.68 | 1.55 | 1.65 | 1.65 |
| Omega-3 | 1.12 | 1.16 | 1.10 | 1.05 |
| Omega-6 | 14.50 ^a | 10.10 ^b | 13.97 ^{ab} | 16.00 ^a |
| Omega-9 | 43.15 ^{ab} | 45.49 ^a | 43.59 ^{ab} | 41.80 ^b |

Medias ajustadas con diferente letra en la misma fila, difieren estadísticamente ($p \leq 0.05$). MS: Materia seca; PC: Proteína cruda; EE: Extracto etéreo; AGS: Ácidos grasos saturados; AGI: Ácido grasos insaturados.

CONCLUSIONES

La burlanda seca de MZ obtenida en ACABio, reveló un perfil nutricional similar al hallado en publicaciones estadounidenses bajo el nombre de "DDGS Convencional". Tanto el valor de ED medido *in vivo* como la EM estimada a través de una ecuación, coinciden dentro de los rangos comúnmente reportados.

En cuanto al aporte proteico, si bien la concentración de PC resultó levemente menor a valores promedios, el contenido y calidad de AA coincidió con los valores encontrados en la literatura. En relación a esto se destaca la excelente proporción LIS: PC de la muestra, que indica una óptima calidad de secado del producto.

Como consecuencia, en la prueba de crecimiento no se evidenciaron diferencias en el desempeño productivo de cerdos alimentados con niveles crecientes de DDGS.

Los resultados de los análisis químicos de la grasa intramuscular, muestran que las variables evaluadas no modifican los estándares de calidad, si bien se observó alguna diferencia en extracto etéreo, contenido de ácidos grasos omega-6 y 9.

Por lo tanto se concluye que hasta un 45% de DDGS puede incluirse en dietas para engorde, sin afectar negativamente el desempeño de cerdos ni calidad de carne, siempre y cuando las dietas se formulen según requerimientos de aminoácidos digestibles.

BIBLIOGRAFÍA

- AACC. 2009. Method 08-01.01. Ash-basic method. In *Approved Methods of Analysis*. 11th ed. St.Paul, MN, USA: AACC International. Aprobado 1995.
- AACC. 2009. Method 30-25.01. Crude fat in wheat, corn, and soy flour, feeds, and mixed feeds. In *Approved Methods of Analysis*. 11th ed. St.Paul, MN, USA: AACC International. Aprobado 1995.
- AACC. 2009. Method 32-10.01. Crude fiber in flours, feeds, and feedstuffs. In *Approved Methods of Analysis*. 11th ed. St.Paul, MN, USA: AACC International. Aprobado 1995.
- AACC. 2009. Method 44-16.01. Moisture-air-oven (aluminum-plate) method. In *Approved Methods of Analysis*. 11th ed. St.Paul, MN, USA: AACC International. Aprobado 1995.
- AACC. 2009. Method 46-12.01. Crude protein-Kjeldahl method, boric acid modification. In *Approved Methods of Analysis*. 11th ed. St.Paul, MN, USA: AACC International. Aprobado 1995.
- Adeola O. 2001. Digestion and balance techniques in pigs. In AJ Lewis & LL Southern, eds. *Swine Nutrition*. 2nd ed. Washington, DC, USA: CRC Press LLC. Ch. 40. pp. 903-16.
- Anderson PV, Kerr BJ, Weber TE, Ziemer CJ & Shurson GC. 2012. Determination and prediction of digestible and metabolizable energy from chemical analysis of corn coproducts fed to finishing pigs. *Journal of Animal Science*, 90(4): 1242-54.
- Averette Gatlin L, See MT, Hansen JA, Sutton D & Odle J. 2002. The effects of dietary fat sources, levels, and feeding intervals on pork fatty acid composition. *Journal of Animal Science*, 80(6): 1606-15.
- Azcona JO, Iglesias BF, Morao LR & Schang MJ. 2007. Composición de ingredientes argentinos: maíz y soja. In *I Congreso Argentino de Nutrición Animal*. Parque Norte - Buenos Aires. CAENA. pp. 89-96.
- Bolsa de Cereales de Rosario. 2018. *Información histórica - Precios de cámara*. [Online] Available at: <http://www.cac.bcr.com.ar/default.aspx> [Accessed 03 Ene 2019].

- Cook D, Paton N & Gibson M. 2005. Effect of dietary level of distillers dried grains with solubles (DDGS) on growth performance, mortality, and carcass characteristics of grow-finish barrows and gilts. *Journal of Animal Science*, 83(Suppl. 1): 335.
- Cromwell GL, Azain MJ, Adeola O, Baidoo SK, Carter SD, Crenshaw TD *et al.* 2011. Corn distillers dried grains with solubles in diets for growing-finishing pigs: A cooperative study. *Journal of Animal Science*, 89(9): 2801-011.
- Curry SM, Rojas OJ & Stein HH. 2016. Concentration of digestible and metabolizable energy and digestibility of energy and nutrients by growing pigs in distillers dried grains with solubles produced in and around Illinois. *The Professional Animal Scientist*, 32: 687-94.
- DAPP. 2003. [software de formulación]. *N-utrition 2.0*. Colón, Entre Ríos, Argentina.
- de Blas C, Mateos GG & Garcia-Rebollar P. 2010. *Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos*. 3rd ed. Madrid, España: Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. 502 pp.
- DeDecker JM, Ellis M, Wolter BF, Spencer J, Webel DM, Bertelsen CR *et al.* 2005. Effects of dietary level of distiller dried grains with solubles and fat on the growth performance of growing pigs. *Journal of Animal Science*, 83(Suppl. 2): 79.
- Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, Gonzalez L, Tablada M & Robledo CW. 2012. [software estadístico]. *InfoStat*. Córdoba, Córdoba, Argentina.
- Di Rienzo JA, Macchiavelli RE & Casanoves F. 2011. *Modelos lineales mixtos*. 1st ed. Córdoba, Córdoba, Argentina: Grupo Infostat. 193 pp.
- Ellis NR & Isbell HS. 1926. Soft pork studies. II. The influence of the character of the ration upon the composition of the body fat of hogs. *Journal of Biological Chemistry*, 69: 219-38.
- Folch J, Lees M & Sloane Stanley GH. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*, 226: 497-509.
- Goering HK & Van Soest PJ. 1970. *Forage Fiber Analysis (apparatus reagents, procedures and some applications)*. *Agriculture Handbook*. Washington, DC, USA: United States Department of Agriculture.
- Gutierrez NA & Patience JF. 2012. The metabolic basis of feed-energy efficiency in swine. In *Allen D. Leman Swine Conference*. Veterinary Continuing Education. pp. 19-26.
- Gutiérrez NA, Serão NVL, Kerr BJ, Zijlstra RT & Patience JF. 2014. Relationships among dietary fiber components and the digestibility of energy, dietary fiber, and amino acids and energy content of nine corn coproducts fed to growing pigs. *Journal of Animal Science*, 92(10): 4505-17.
- Jackson AR, Powell S, Johnston SL, Matthews JO, Bidner TD, Valdez FR *et al.* 2009. The effect of chromium as chromium propionate on growth performance, carcass traits, meat quality, and the fatty acid profile of fat from pigs fed no

- supplemented dietary fat, choice white grease, or tallow. *Journal of Animal Science*, 87(12): 4032-41.
- Kerr BJ, Dozier III WA & Shurson GC. 2013. Effects of reduced-oil corn distillers dried grains with solubles composition on digestible and metabolizable energy value and prediction in growing pigs. *Journal of Animal Science*, 91(7): 3231-43.
- Lawrence J. 2006. *Impact on Hog Feed Cost of Corn and DDGS Prices*. [Online] 5m Publishing Available at: <http://www.thepigsite.com/articles/1828/impact-on-hog-feed-cost-of-corn-and-ddgs-prices/> [Accessed: 8-Diciembre-2018].
- Liu K. 2009. Effects of particle size distribution, compositional and color properties of ground corn on quality of distillers dried grains with solubles (DDGS). *Bioresource Technology*, 100(19): 4433-40.
- Liu P, Souza LWO, Baidoo SK & Shurson GC. 2012. Impact of distillers dried grains with solubles particle size on nutrient digestibility, DE and ME content, and flowability in diets for growing pigs. *Journal of Animal Science*, 90(13): 4925-32.
- Li Q, Zang J, Liu D, Piao X, Lai C & Li D. 2014. Predicting corn digestible and metabolizable energy content from its chemical composition in growing pigs. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 5(1): 11.
- National Research Council. 2012. *Nutrient Requirements of Swine*. 11th ed. Washington, DC, USA: The National Academies Press. 420 pp.
- Oliver MA, Gispert M, Tibau J & Diestre A. 1991. The measurement of light scattering and electrical conductivity for the prediction of PSE pig meat at various times post mortem. *Meat Science*, 29(2): 141-51.
- Pedersen C, Boersma MG & Stein HH. 2007. Digestibility of energy and phosphorus in ten samples of distillers dried grains with solubles fed to growing pigs. *Journal of Animal Science*, 85(5): 1168-76.
- R Core Team. 2017. *A language and environment for statistical computing*. <http://www.R-project.org/>. Vienna, Austria.
- Rosenfelder P, Eklund M & Mosenthin R. 2013. Nutritive value of wheat and wheat by-products in pig nutrition: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 185(3-4): 107-25.
- Rostagno HS, Teixeira Albino LF, Hannas MI, Lopes Donzele J, Sakomura NK, Perazzo FG *et al.* 2017. *Tablas Brasileñas para Aves y Cerdos: Composición de alimentos y requerimientos nutricionales*. 4th ed. Translated by SC Salguero Cruz. Viçosa, MG, Brasil: Departamento de Zootecnia, UFV. 488 pp.
- SAS Institute Inc. 2009. *SAS/STAT® 9.2 User's Guide Release*. 2nd ed. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc.
- Shurson G, Spiehs M & Whitney M. 2004. The use of maize distiller's dried grains with solubles in pig diets. *Pig News and Information*, 25: 75-83.

- Spiehs MJ, Whitney MH & Shurson GC. 2002. Nutrient database for distillers dried grains with solubles produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota. *Journal of Animal Science*, 80(10): 2639-45.
- Stein HH. 2007. *Distillers dried grains with solubles (DDGS) in diets fed to swine*. Swine Focus #001. Urbana-Champaign: University of Illinois.
- Stein HH & Shurson GC. 2009. The use and application of distillers dried grains with solubles in swine diets. *Journal of Animal Science*, 87(4): 1292-303.
- Urriola PE, Shurson GC & Stein HH. 2010. Digestibility of dietary fiber in distillers coproducts fed to growing pigs. *Journal of Animal Science*, 88(7): 2373-81.
- Van Soest PJ. 1963. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. *Journal - Association of Official Analytical Chemists*, 46: 829-35.
- Van Soest PJ, Robertson JB & Lewis BA. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10): 3583-97.
- Vergés JB. 1987. *Evaluación objetiva de lares del cerdo*. Publicación. Castelar: INTA INTA.
- Weber EK, Stalder KJ & Patience. JF. 2015. Wean-to-finish feeder space availability effects on nursery and finishing pig performance and total tract digestibility in a commercial setting when feeding dried distillers grains with solubles. *Journal of Animal Science*, 93(4): 1905-15.
- Widyaratne GP & Zijlstra RT. 2007. Nutritional value of wheat and corn distiller's dried grain with solubles: Digestibility and digestible contents of energy, amino acids and phosphorus, nutrient excretion and growth performance of grower-finisher pigs. *Canadian Journal of Animal Science*, 87(1): 103-14.
- Wood JD, Richardson RI, Nute GR, Fisher AV, Camp MM, Kasapidou E *et al.* 2003. Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Science*, 66: 21-32.
- Zijlstra RT & Beltranena E. 2013. Swine convert co-products from food and biofuel industries into animal protein for food. *Animal Frontiers*, 3(2): 48-53.