

Caracterización nutricional de burlanda seca de maíz (DDGS) y su
uso en la nutrición de aves

Tesis presentada para optar al título de Magister de la Universidad de Buenos Aires,

Área Producción Animal

Alberto Mariano Cabrera

Ingeniero Agrónomo- Universidad Nacional de Mar del Plata



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

Comité Consejero

Director: Bernardo Fabricio Iglesias

Médico Veterinario- Universidad Nacional de la Plata
Doctor en Ciencias Veterinarias- Universidad Nacional de la Plata
Lugar de trabajo: INTA-EEA Pergamino

Co-director: Gustavo Jaurena

Ingeniero Agrónomo- UBA
Magister Scietiae- Pontificia Univ. Católica de Chile
Doctor of Phylosophy- University of Wales (UK)
Lugar de trabajo: FAUBA

Consejero: Julieta Chale

Bioquímica- UBA
Magister en Calidad Industrial- Universidad Nacional de San Martín
Lugar de trabajo: INTA -EEA Pergamino

Jurado de tesis

Verónica De Luca Sarobe

Médica Veterinaria- UBA
Doctora-UBA
Lugar de trabajo: FVET UBA

Maximo Liñeiro

Ingeniero Agrónomo - UBA
Especialista en Producción Avícola- UNLu
Lugar de trabajo: Nuproxa Suiza S.A.

Mariano Pablo Batalle

Ingeniero Agrónomo-UNLu
Especialista en Producción Avícola- UNLu
Magister en Gestión Empresaria-UNLu
Lugar de trabajo: APSA Internacional

Fecha de defensa: 07/04/2022

DEDICATORIA

A mis padres, que, a pesar de las adversidades, me brindaron todo su amor, inculcándome los valores del trabajo y el esfuerzo personal. Sin ellos nada de esto sería hoy posible.

AGRADECIMIENTOS

A la comisión asesora, por guiarme, formarme y aconsejarme en cada etapa del proceso de elaboración de la tesis.

A los jurados de tesis, porque sus sugerencias y preguntas enriquecieron este trabajo.

A las autoridades de la Maestría en producción animal y la Escuela para Graduados «Ing. Agr. Alberto Soriano». Tanto al personal docente y no docente.

Al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, por brindarme la posibilidad y espacio para continuar con mi formación académica.

A mis excompañeros de la sección aves del INTA EEA Pergamino.

A todo el equipo de ACABio, en especial a Raúl Picatto y Ezequiel Ferrari.

A todas las empresas que colaboraron en este trabajo.

A mi pareja y amigos por el apoyo incondicional en todo momento.

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 esta u otra institución.

Alberto Mariano Cabrera

ÍNDICE GENERAL	
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
DECLARACIÓN	V
ÍNDICE GENERAL.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE CUADROS.....	IX
ABREVIATURAS.....	X
RESUMEN.....	XI
ABSTRACT.....	XII
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Producción de carne aviar.....	1
1.2 Producción de bioetanol de maíz y sus coproductos	3
1.3 Valor nutricional de los DDGS de maíz	8
1.4 Uso de los DDGS de maíz en la producción avícola de carne	12
1.5 Problema de investigación y objetivos de la tesis.....	14
2. MATERIALES Y MÉTODOS	15
2.1 Sitio de realización de la experiencia	15
2.2 Caracterización nutricional de los ingredientes utilizados	16
2.3 Evaluaciones con animales	17
3. RESULTADOS.....	28
3.1 Caracterización nutricional de las materias primas	28
3.1.1 Análisis proximal y fibras (Van Soest)	28
3.1.2 Energía	28
3.1.3 Aminoácidos totales, digestibles y coeficientes de digestibilidad	29
3.1.4. Otras determinaciones.....	31
3.2 Análisis de la composición nutricional de las dietas experimentales	32
3.3 Parámetros Zootécnicos.....	33
3.3.1 Primera semana.....	33
3.3.2 Consumo acumulado.....	34
3.3.3 Peso vivo.....	34
3.3.4 Conversión alimenticia acumulada (CAA).....	35
3.3.5 Conversión alimenticia semanal (CAS).....	35
3.3.6 Ganancia diaria de peso vivo (GDPV)	36
3.3.7 Relación peso/conversión (P/C).....	37
3.3.8 Edad a los 2800 g (edad a faena)	38
3.4 Otros parámetros zootécnicos.....	39
3.4.1 Nivel de pododermatitis plantar (PP)	39
3.4.2 Humedad de cama y excretas.....	39
3.5 Composición corporal y perfil de ácidos grasos	41
3.5.1 Composición corporal.....	41
3.5.2 Perfil de ácidos grasos del músculo de la pechuga (<i>pectoralis minor</i>) y pata (<i>gastrocnemius</i>).....	42
4. DISCUSIÓN	47
4.1 Caracterización nutricional y composición de las dietas experimentales.....	47
4.2 Parámetros zootécnicos.....	51
4.3 Otros parámetros zootécnicos.....	54
4.4 Composición corporal y perfil de ácidos grasos	56
5. CONCLUSIÓN.....	60
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62

7	ANEXO.....	76
7.1	Temperatura y humedad relativa durante la prueba de crecimiento.....	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Producción, exportación y consumo per cápita de las principales carnes producidas en la Argentina.	2
Figura 1.2. Esquema simplificado del proceso de molienda seca.	5
Figura 1.3. Subproductos de las distintas etapas de producción de bioetanol de maíz (ordenados de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, según su aparición en el proceso).	6
Figura 1.4. Distribución de las exportaciones argentinas de WDGS y DDGS durante el bienio 2016-2017. Fuente: Valor Soja.	8
Figura 2.1. Imagen satelital del sitio de realización de la experiencia.	15
Figura 2.2. Gallos en ensayo de energía.	18
Figura 2.3. Bomba calorimétrica isoperibólica.	18
Figura 2.4. Distribución de tratamientos en el galpón.	19
Figura 2.5. Lotes a piso con aves alojadas.	23
Figura 2.6. Comedero tolva.	23
Figura 2.7. Bebederos tipo niple.	23
Figura 2.8. Puntuación de lesiones por dermatitis plantares.	25
Figura 3.1. Ganancia diaria de peso vivo (g) media de los tratamientos.	37
Figura 3.2. Relación Peso/conversión, media de los tratamientos.	38
Figura 3.3. Edad a los 2800 g (edad a faena).	38
Figura 3.4. Nivel de pododermatitis plantar de cada tratamiento.	39
Figura 3.5. Humedad de cama en los distintos tratamientos.	40
Figura 3.6. Humedad de excretas en los distintos tratamientos.	40
Figura 3.7. Humedad de cama y excretas a los 35 y 42 días de vida.	41
Figura 3.8. Porcentaje de ácidos grasos en el musculo de pechuga expresados como porcentaje de ácidos metílicos.	44
Figura 3.9. Porcentaje de ácidos grasos en el músculo <i>gastrocnemius</i>	46
Figura 7.1. Registro de las condiciones ambientales del galpón experimental durante el presente ensayo (temperatura media, amplitud térmica y humedad relativa (HR))	76

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1. Tratamientos.....	19
Cuadro 2.2. Distribución de unidades experimentales según tratamiento	19
Cuadro 2.3. Dietas experimentales (1-14 y 15-28 días).....	20
Cuadro 2.4. Dietas experimentales (29-42 y 43-49 días).....	21
Cuadro 2.5. Puntuación de lesiones por dermatitis plantares.....	24
Cuadro 3.1. Composición proximal de las principales materias primas utilizadas	28
Cuadro 3.2. Parámetros energéticos de las materias primas utilizadas.....	29
Cuadro 3.3. Parámetros energéticos de las dietas experimentales de la fase “terminación”	29
Cuadro 3.4. Contenido de aminoácidos totales y digeribles en los principales ingredientes utilizados.....	30
Cuadro 3.5. Coeficiente de digestibilidad (%) de los aminoácidos de los principales ingredientes utilizados.....	30
Cuadro 3.6. Colorimetría del DDGS utilizado en el ensayo vs datos de la bibliografía	31
Cuadro 3.7. Concentración de micotoxinas del DDGS utilizado en el experimento	31
Cuadro 3.8. Contenido de macrominerales del DDGS utilizado y datos de la bibliografía.....	32
Cuadro 3.9. Contribución relativa de cada ingrediente al contenido de la proteína bruta de las dietas experimentales de la fase terminación.....	33
Cuadro 3.10. Contribución relativa de cada ingrediente al contenido de lípidos de las dietas experimentales de la fase terminación	33
Cuadro 3.11. Parámetros zootécnicos de la primera semana (0-7 días).....	34
Cuadro 3.12. Consumo acumulado (g)	34
Cuadro 3.13. Peso vivo (g)	35
Cuadro 3.14. Conversión alimenticia acumulada (g/g).....	35
Cuadro 3.15. Conversión alimenticia semanal (g/g).....	36
Cuadro 3.16. Ganancia diaria de peso vivo (g) en las distintas edades y tratamientos.	36
Cuadro 3.17. Relación peso/conversión con los tratamientos evaluados.....	37
Cuadro 3.18. Composición corporal.	41
Cuadro 3.19. Perfil de ácidos grasos en músculo <i>pectoralis minor</i> (pechuga) en los distintos tratamientos.....	43
Cuadro 3.20. Perfil de ácidos grasos en músculo <i>gastrocnemius</i> (pata) en los distintos tratamientos.....	45
Cuadro 3.21. Porcentaje de ácidos grasos omega 6 y 3 en <i>pectoralis minor</i> (pechuga) y <i>gastrocnemius</i> (pata).....	46

ABREVIATURAS

AA: aminoácidos
AGMI: ácidos grasos monoinsaturados
AGPI: ácidos grasos poliinsaturados
AGS: ácidos grasos saturados
ANVA: análisis de la varianza
BC: biocombustibles
BE: bioetanol
BH: base húmeda
BM: biomasa
BS: base seca
BZ: Brasil
CA: consumo acumulado
CAA: conversión alimenticia acumulada
CAS: conversión alimenticia semanal
CV: coeficiente de variación
DDGS: burlanda seca de maíz
DE: desvío estándar
DHA: ácido docosahexaenoico
EB: energía bruta
EE: error estandar
EMV: Energía Metabolizable Verdadera
EMVn: Energía Metabolizable Verdadera corregida por nitrógeno.
EMV/EB: metabolicidad
EUA: Estados Unidos de América
EPA: ácido eicosapentaenoico
FD: fibra dietaria
FDA: fibra detergente ácido
FDN: fibra detergente neutro
FEP: factor de eficiencia de producción
GD: granos destilados
GDPV: ganancia diaria de peso vivo
GM: *gastrocnemius*
HS: harina de soja
MolH: molienda húmeda
MolS: molienda seca
MS: materia seca
P/C: relación peso – conversión
PM: *pectoralis minor*
PNA: polisacáridos no amiláceos
PP: pododermatitis plantar
SL: solubles
TBARS: sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico
WDGS: burlanda húmeda de maíz

Caracterización nutricional de burlanda seca de maíz y su uso en la nutrición de aves
Ingeniero Agrónomo Alberto Mariano Cabrera¹

¹Universidad Nacional de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Escuela de Graduados Ingeniero Agrónomo Alberto Soriano, Maestría en Producción Animal.

RESUMEN

En la Argentina la producción de bioetanol (**BE**) a partir de maíz (**MZ**) ha tenido un crecimiento significativo en la última década, mediante el método de molienda seca, que es el predominante. Uno de sus subproductos más importantes son los denominados granos secos de destilería con solubles (**DDGS**, por sus siglas en inglés), compuesto por las sustancias no fermentables del MZ. En países como Estados Unidos de América (EUA), los DDGS han pasado a ser un componente importante en dietas para monogástricos, llegando a inclusiones en la dieta superiores al 15%. Existe poca información local sobre la utilización de DDGS en dietas para pollos. El objetivo de esta tesis fue: evaluar el efecto de la inclusión de niveles crecientes de DDGS de MZ en la dieta de pollos parrilleros sobre distintos parámetros zootécnicos y de calidad. Se caracterizó nutricionalmente el DDGS utilizado y las principales materias primas de la dieta (MZ y harina de soja), realizándose el análisis proximal, fibra detergente neutro (**FDN**) y ácido (**FDA**), energía metabolizable verdadera (**EMV**, según Sibbald), y el perfil de aminoácidos (**AA**). La matriz resultante se validó mediante una prueba de crecimiento con 840 pollos de la línea Cobb-500 por un periodo de 48 días en las instalaciones del INTA-EEA Pergamino. Se evaluaron 4 niveles de inclusión de DDGS de MZ (0, 7, 14 y 21%), utilizando un diseño en bloques completos al azar, con 14 repeticiones, considerando al lote como la unidad experimental (15 aves /lote). Las dietas experimentales fueron formuladas isoenergética e isonitrogenada según las recomendaciones de la línea. Hasta los 7 días, todos los pollos consumieron una misma dieta (DDGS0), para luego ofrecerse las dietas experimentales. Semanalmente, se midió el consumo y el peso vivo, determinándose la conversión alimenticia (acumulada, **CAA** y semanal), la ganancia diaria de peso vivo (**GDPV**), la relación peso/conversión, la edad para alcanzar 2,8 kg de peso (edad a faena) y se determinó la humedad de excretas y el nivel de pododermatitis. Finalmente se determinó la composición corporal y el perfil de ácidos grasos de los músculos de pechuga y pata. Las variables se analizaron a través de la plataforma R - Infostat mediante modelos lineales mixtos, cuando el grado de significancia fue menor al 5%, la comparación de medias se realizó con la prueba LSD de Fisher. La matriz nutricional y energética del DDGS utilizado en este ensayo fue similar a la reportada por otros autores. En los tratamientos con mayor inclusión de DDGS aumentó el consumo y la GDPV. La CAA no se vio afectada por la inclusión de niveles hasta 14% de DDGS en la dieta. El nivel inclusión de 14% de DDGS en la dieta fue el que presentó el mejor desempeño zootécnico a lo largo de la experiencia. El mayor nivel de pododermatitis coincidió con los tratamientos con mayor humedad de cama (DDGS7 y DDGS14). La composición corporal no se vio afectada por los distintos tratamientos. A mayor nivel de inclusión de DDGS el perfil de ácidos grasos se modificó significativamente, observándose un aumento de los ácidos grasos poliinsaturados. Se concluye que, mientras se formulen las dietas teniendo en cuenta los aminoácidos digestibles, es factible la incorporación del DDGS en dietas para pollos parrilleros, con ciertas ventajas para los sistemas de producción de nuestro país.

ABSTRACT

In Argentina, the production of bioethanol from corn has had a significant development in the last decade, using the dry milling method, which is the predominant one. One of its most important by-products are the dry distillery grains with solubles (DDGS), made up of the non-fermentable substances of corn. In countries like the USA, DDGS have become an important component in diets for monogastric animals, reaching inclusions of over 15% in their diet. There is little local information on the use of DDGS in the diets of broilers. The objective of this thesis was: to evaluate the effect of the inclusion of increasing levels of corn DDGS in the diet of broilers on different zootechnical and quality parameters. First, the DDGS used as well as the main feed components (corn and soybean meal) were nutritionally characterized. This characterization was done applying the proximal analysis, the neutral detergent fiber (NDF) plus acid detergent fiber (ADF) tests, and the true metabolizable energy (TME, Sibbald method) and the amino acid profile (AA). The resulting matrix was validated using a growing trial with a total of 840 one-day-old Cobb-500 broilers for a period of 48 days at the EEA Pergamino facilities. Four levels of inclusion of corn DDGS (0, 7, 14 and 21%) were evaluated, using a randomized complete block design, with 14 replications considering the pens as the experimental unit (15 birds / pen). The experimental diets were formulated isoenergetic and isonitrogenated, according to the broiler company guidelines. Up to 7 days old, all the broilers consumed the same diet (DDGS0), and then the experimental diets were offered. Weekly, feed intake and live weight were measured, determining the feed conversion (accumulated and weekly), the daily weight gain (DWG), the weight / conversion ratio and the age to reach 2.8 kg of live weight (slaughter age). Also, the excreta moisture and the level of pododermatitis were determined and recorded respectively. Finally, the body composition and the fatty acid profile of the breast and leg muscles were determined. The variables were analyzed using Infostat - R platform through mixed linear models. When the degree of significance was less than 5%, the comparison of means was carried out with Fisher's LSD test. The nutritional and energy matrix of the DDGS used in this trial was similar to the one reported by other authors. In the treatments with greater inclusion of DDGS, feed intake and DWG increased. Conversion ratio was not affected by the inclusion of levels up to 14% of DDGS in the diet. The inclusion of 14% of DDGS in the diet was the one that presented the best zootechnical performance throughout the experience. The highest level of pododermatitis coincided with those treatments with higher litter moisture (DDGS7 and DDGS14). Body composition was not affected by the different treatments. At higher level of DDGS inclusion, the fatty acid profile was significantly modified, increasing the PUFA level. In conclusion, if the diets are formulated considering digestible amino acids, the incorporation of DDGS in diets for broilers is feasible, with certain advantages for the production systems of our country.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Producción de carne aviar

La producción mundial de carne durante 2019 fue de 325 millones de toneladas, de las cuales 133 millones correspondieron a carne de aves, principalmente pollos “parrilleros”. Históricamente la carne aviar ha sido la segunda en producción y consumo a nivel mundial, superada solo por la carne porcina. Esta tendencia se invirtió en 2019, debido sobre todo al impacto de la peste porcina africana (PPA) en la República Popular China (OCDE-FAO, 2017). El ranking mundial de exportadores lo lidera Brasil seguido por los Estados Unidos, mientras que en producción los puestos se invierten (Mair y Beczkowski, 2019).

A partir del año 1976 comenzó en la Argentina el proceso de integración de la producción avícola para carne. Gracias a este esquema productivo, se redujeron los costos y aumentó la eficiencia en procesos clave como la incubación de huevos y la producción de alimento. Desde entonces, la producción de pollos de engorde ha tenido un crecimiento sostenido, impulsado principalmente por la demanda para consumo interno. A comienzos del presente siglo, la producción de carne aviar era de aproximadamente unas 600 mil toneladas y el consumo anual aparente per cápita de 17 kg/hab/año. En la actualidad (Figura 1.1) la carne aviar es la segunda más consumida en la Argentina (43,7 kg/hab/año) ubicándose después de la carne bovina (49,7 kg/hab/año), y antes que la porcina que ocupa el tercer lugar (14,32 kg/hab/año). En los últimos 20 años, la producción presentó un crecimiento interanual promedio del 5%, llegando en 2020 a los 2219 miles de toneladas. Este crecimiento interanual solo fue superado por la carne porcina que tuvo un incremento promedio superior al 6%. En cuanto a exportaciones, porcentualmente, la carne aviar tuvo el mayor crecimiento en los últimos años (26%), pero su valor absoluto está por debajo de la carne vacuna, 213 vs 917 mil toneladas respectivamente, que históricamente fue la de mayor volumen en este ítem (Figura 1.1, datos 2020). Este volumen de exportación se distribuye en más de 60 destinos, de los cuales los principales son: China, Sudáfrica, Chile y Vietnam (MinAgri, 2020).

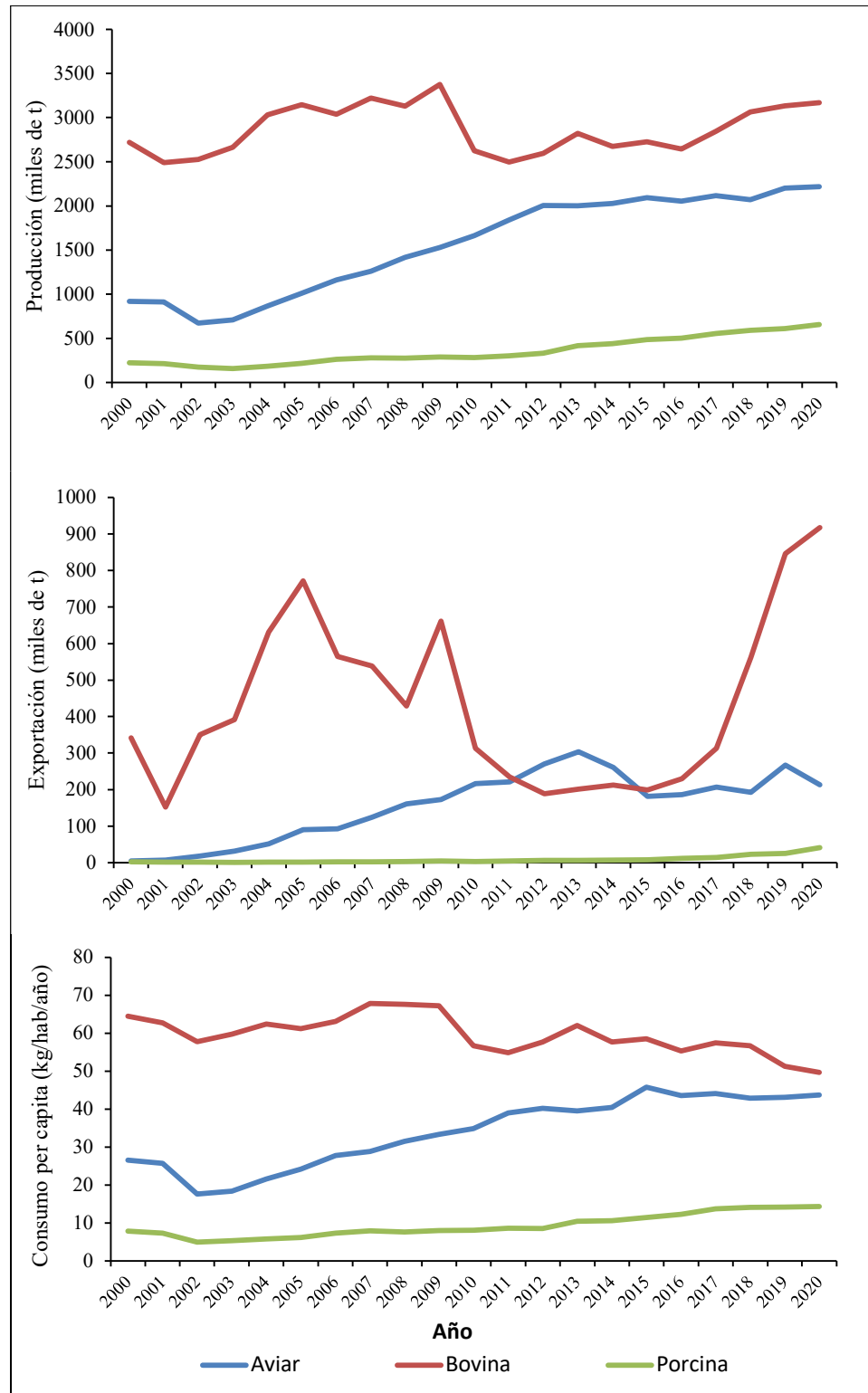


Figura 1.1. Producción, exportación y consumo per cápita de las principales carnes producidas en la Argentina.

Fuente: Datos MINAGRI (<https://datos.magyp.gob.ar/>)

Dentro de los costos directos de la actividad avícola industrial, la alimentación es el rubro de mayor magnitud variando de 62 a 77% por kg de pollo vivo (Barragán, 2013; Sonatti, 2017; Schuck, 2019). Por esto último se desprende la importancia de un correcto manejo de la nutrición, ya que repercute directamente en la rentabilidad de estos sistemas de producción.

1.2 Producción de bioetanol de maíz y sus coproductos

En los últimos años, la producción y uso sustentable de la bioenergía ha cobrado interés a nivel mundial (Chidiak *et al.*, 2012). Los principales motivos de esto son aspectos relacionados con la seguridad energética y el cuidado del ambiente. Se define como bioenergía a la energía obtenida de la biomasa (**BM**), o sea de la materia viva (Camps *et al.*, 2008). Los biocombustibles (**BC**) se clasifican según la fuente de BM utilizada. Los que son producidos a través de BM comestible se denominan BC de primera generación, los que se producen con BM no comestible, como BC de segunda generación y finalmente, los producidos de BM lignocelulósica son los de tercera generación (St. James, 2009).

El bioetanol (**BE**) es uno de los BC de primera generación más importantes, siendo los principales países productores los Estados Unidos (**EUA**) y Brasil (**BZ**). Este último fue el pionero en la producción y utilización de BE de caña de azúcar como biocombustible, comenzando su producción en la década de los setenta (Goldemberg, 2007). En la actualidad es el segundo productor mundial de este combustible, con una producción de alrededor de 27 mil millones de litros anuales (García, 2018). EUA es el mayor productor de BE, produciendo alrededor de 60 mil millones de litros, utilizando para su producción principalmente maíz (**MZ**) y en menor medida BM lignocelulósica (García, 2018). Fue en la década de los noventa del siglo pasado, que esta industria comenzó su crecimiento exponencial y modernización, impulsado por su uso como combustible. Anterior a esta época, el etanol se destinaba en su mayoría a la producción de bebidas alcohólicas (Lumpkins *et al.*, 2004). Este sector supone, en su totalidad, un 0,26% del PBI de EUA, y crea directa e indirectamente más de 300 mil puestos de trabajo (Urbanchuk, 2018). El capítulo relacionado a biocombustibles del informe sobre perspectivas agrícolas 2017-2026 (OCDE-FAO, 2017) prevé un crecimiento de la producción de BE del 14% para el 2026, estimándose que un 55% de la producción

estará basada en maíz y un 35% en cultivos de azúcar. La producción de BE de tercera generación a partir de residuos lignocelulósicos crecerá en menor medida debido a la falta de incentivos e inversión en investigación y desarrollo de estas tecnologías. A pesar de esto, se espera que esto cambie en el mediano plazo.

El BE de MZ se puede obtener mediante dos procesos, denominados molienda húmeda (**MolH**) y molienda seca (**MolS**). En la MolH el MZ se fracciona en sus distintos componentes, fermentando solamente el almidón para la obtención de BE. En cambio, en la MolS el grano de MZ entero sin fraccionar se usa como sustrato para la fermentación (Belyea *et al.*, 2010). El capital invertido en instalaciones es la principal diferencia entre estos procesos. En el caso de una planta de MolS, el objetivo es maximizar el rendimiento del capital por litro de BE producido. En el caso de una planta de MolH, a pesar de ser un proceso más costoso, las inversiones de capital permiten la separación de otros componentes valiosos en el grano, antes de la fermentación para producir BE (Bothast y Schlicher, 2005).

La MolS es el método más difundido a nivel mundial por ser más económico y eficiente (Bragachini *et al.*, 2017). En la Figura 1.2 se puede observar un esquema del proceso de obtención de BE por MolS. Este comienza con la limpieza y molienda del grano de MZ (como para que atraviese un tamiz de 30 Mesh, equivalente a 0,595 mm), mezclándolo luego con agua, formando una especie de “puré” o mosto. Este se cocina a temperaturas de entre 95 a 120 °C con el agregado de una alfa-amilasa termoestable, para convertir el almidón en azúcares más simples como dextrosas, etapa denominada licuefacción. El siguiente proceso es la sacarificación, donde se baja la temperatura del mosto, se corrige el pH a 4,5 y se le agrega la enzima glucoamilasa, que transforma el almidón licuado en glucosa (Bothast y Schlicher, 2005). A continuación, el mosto es enfriado a 32 °C y trasladado (o no, dependiendo el proceso) a fermentadores, donde se agrega levadura para iniciar el proceso de fermentación alcohólica, aquí se suele agregar sulfato de amonio o urea como fuente de nitrógeno para los microorganismos. La fermentación tarda de 48 a 72 horas y tiene una concentración final de BE de 10-12% (Bothast y Schlicher, 2005). El producto resultante de este proceso se denomina cerveza, y pasa al siguiente proceso que es el destilado, que consiste en la separación del etanol de los sólidos y el agua utilizando calor (78 °C). El BE resultante tiene un 90 a 96% de pureza, el agua remanente se extrae a través de tamices moleculares, que logran una pureza final de 99,7% (Bragachini *et al.*, 2017). En la Figura 1.3 se pueden observar los distintos subproductos de la producción de BE por el proceso de MolS.

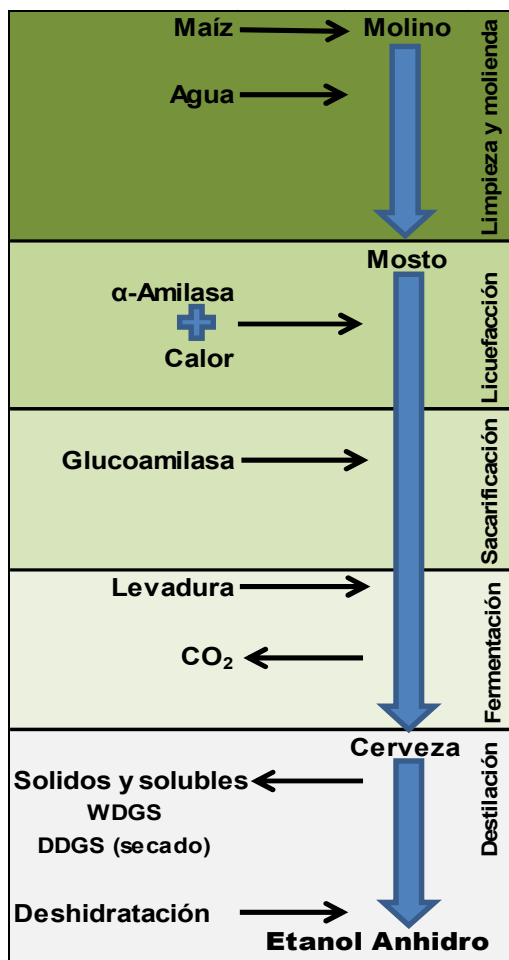


Figura 1.2. Esquema simplificado del proceso de molienda seca.

Fuente propia - adaptado de Bothast y Schlicher (2005)

DDGS: granos secos de destilería con solubles; WDGS: granos húmedos de destilería con solubles.



Figura 1.3. Subproductos de las distintas etapas de producción de bioetanol de maíz (ordenados de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, según su aparición en el proceso).
Fuente: Propia, cortesía de ACABio.

La fermentación del grano a través de este método genera dos subproductos principales: una fracción compuesta por grano no fermentado, los granos destilados (**GD**), y una fracción líquida que contiene levaduras, partículas finas de grano y nutrientes en solución, denominada solubles (**SL**). También, durante la fermentación del mosto, se genera dióxido de carbono que se puede utilizar en bebidas tipo gaseosas y para congelar carnes. En algunas plantas se extrae un pequeño porcentaje de aceite a través de la centrifugación de los GD. Por cada 100 kg de maíz que ingresa al proceso de MolS se obtienen: 34,4 kg de BE, 34 kg de dióxido de carbono y 31,6 kg de GD y SL (Shalash *et al.*, 2009).

Los GD más las fracciones SL se denominan vulgarmente burlandas de maíz. Estas se dividen en dos grandes grupos, granos de destilería secos con solubles o **DDGS** - de sus siglas en inglés (“dried distillers grains with solubles”) - o granos de destilería húmedos con solubles o **WDGS** (“wet distillers grains with solubles”). La diferencia entre ambos radica en el porcentaje de materia seca, en los DDGS es de un 85-90% y en los WDGS de 31-36% (Arroquy *et al.*, 2014). Las burlandas están formadas por los

componentes no fermentables del maíz, como proteína, aceite, fibra, minerales y vitaminas (Salim *et al.*, 2010).

En la Argentina, la producción de BE ha tenido un crecimiento significativo debido, principalmente, a la mayor demanda del mercado interno. Esto último está relacionado directamente al porcentaje de “corte” obligatorio en las naftas (12%) promulgado en la ley N° 26.093 del año 2006. Esta demanda no pudo ser satisfecha por los productores de bioetanol a partir de caña de azúcar, dejando abierta la posibilidad de producirlo a partir de MZ. En el año 2012 comenzó la producción de etanol a partir de maíz en la Argentina, de la mano de la empresa Bioetanol Río Cuarto S.A (BIO4) ubicada en la localidad cordobesa de Río Cuarto. Al siguiente año le siguieron ProMaíz S.A. y ACABio Cooperativa LTDA, ambas ubicadas en Córdoba (localidades de Alejandro Roca y Villa María, respectivamente). Las otras dos empresas que producen BE de MZ a través del proceso de MolS son Vicentín S.A.I.C., en la localidad de Reconquista, provincia de Santa Fe y Diaser S.A, ubicada en Villa Mercedes, provincia de San Luis. La empresa Porta Hermanos produce BE a través de una tecnología similar consistente en “miniplantas” ubicadas en campos de productores, que producen como subproducto WDGS. En 2019, la producción argentina de bioetanol fue de 1.073.495 m³, de las cuales más de la mitad (554 mil m³) fueron producidas a partir de MZ (Ciani, 2019), para lo cual se utilizaron alrededor de 1,5 millones de toneladas de este cereal. En comparación con el BE proveniente de la caña de azúcar, el BE de MZ genera más puestos de trabajo con mejor remuneración promedio (Ciani, 2019). El destino de esta producción es, en su mayoría, para suplir la demanda del mercado interno

Los coproductos resultantes de esta industria (WDGS y DDGS) se destinan al mercado interno y/o externo, dependiendo la empresa productora. En la actualidad, en el mercado interno, tanto los WDGS como los DDGS, se utilizan principalmente para la alimentación de ganado bovino para carne y leche, mientras que un menor porcentaje se destina a cerdos y aves. Debido al elevado costo de flete, estos productos se utilizan principalmente en la cercanía a las plantas que lo producen. Los destinos de exportación van desde países vecinos como Chile, Paraguay y Uruguay, hasta países del sudeste asiático como China, Vietnam, Filipinas e Indonesia (Figura 1.4).

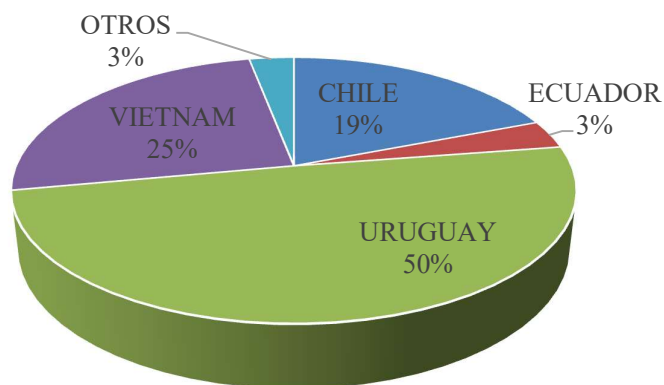


Figura 1.4. Distribución de las exportaciones argentinas de WDGS y DDGS durante el bienio 2016-2017. Fuente: Valor Soja

1.3 Valor nutricional de los DDGS de maíz

El valor nutricional de los DDGS depende de numerosos factores, como ser: la composición del grano original, la eficacia y condiciones del proceso (aditivos agregados, condiciones de tiempo y temperatura aplicados, grado de automatización, cantidad de SL añadidos, etc.); y las condiciones de logística, transporte y almacenaje (FEDNA, 2010). El producto final concentra entre 2 a 3 veces el contenido de fibra, proteína, lípidos y minerales, en relación con el maíz que se utilizó para producirlo (Świątkiewicz y Koreleski, 2008). Sin embargo, algunos trabajos no han encontrado correlación entre la composición de los DDGS y el grano de MZ que les dio origen (Belyea *et al.*, 2004), atribuyendo estos resultados a cambios que pueden ocurrir durante la fermentación del mosto.

Los DDGS son un ingrediente que tiene la particularidad de tener un contenido medio de proteína y de energía, que por poseer más de un 18% de proteína bruta (**PB**), se lo considera un concentrado proteico. En dietas para aves, su inclusión reemplaza parcialmente al MZ, a la HS y fuentes fosforadas como la harina de carne y fosfatos (USGC, 2012).

La mayoría de la información referida al valor nutricional de los DDGS de maíz disponible en la bibliografía proviene del producido en EUA, por lo que puede haber variación con respecto a los valores locales. Esto último se debe principalmente a los distintos híbridos de maíz utilizados en ambos países (Brun y Dudle, 1989; Geard,

2006), dado que las tecnologías utilizadas para la producción de BE de MZ son similares.

El contenido de materia seca (**MS**) de los DDGS varía según el método de secado y su grado de automatización. Brunetti *et al.* (2015) encontraron para la producción anual de una planta, un promedio de 93,7% de MS, con un desvío estándar (**DE**) de 3 puntos porcentuales. Según datos de Salim *et al.* (2010), el contenido de proteína de los DDGS se ubica en torno al 27% (en base húmeda, **BH**), con un coeficiente de variación (**CV**) de 3,72%. De Blas *et al.* (2003) cita un valor, un poco más bajo, del 25% en BH. Por otro lado, Belyea *et al.* (2004), sobre un universo de 235 muestras de DDGS tomadas a lo largo de 5 años, determinó un contenido promedio de PB de 31,3% en BS. Este último valor medio es similar al determinado para muestras de origen nacional, que gira en torno al 31,8% de PB en BS (Brunetti *et al.*, 2015). La relación entre la concentración de proteína del DDGS y del maíz del que provino es superior a 3, presumiblemente debido a la proteína microbiana generada en el proceso de fermentación (Dale y Batal, 2003). Los valores de aminoácidos (**AA**) dependen, en parte, del contenido de AA del MZ utilizado, pero los procesos industriales, principalmente el secado, afectan en gran medida su concentración final. Parsons *et al.* (1983), en un experimento con pollos, determinaron que el primer, segundo y tercer aminoácido limitante de los DDGS son la lisina, el triptófano y la arginina, respectivamente, además de confirmar que la calidad de la proteína (valor biológico) de los DDGS es menor que la de la harina de soja (**HS**); con una biodisponibilidad de la lisina de alrededor del 66%. Los valores totales medios reportados de lisina y metionina son muy variables, siendo de 0,73% para lisina y 0,5% para metionina (Waldroup *et al.* 2007). Estos últimos autores también señalan que la lisina presenta la menor digestibilidad entre todos los aminoácidos en este ingrediente (media de 68,5%), siendo también la que presenta mayor variabilidad. Fastinger *et al.* (2006) encontraron valores de lisina total entre 0,48 y 0,76%, estando los valores más bajos altamente correlacionados con muestras de DDGS de color más oscuro. En cuanto a lípidos, Díaz Royón y García (2012), presentan los resultados de un laboratorio privado (Dairy one®), de muestras provenientes de establecimientos lecheros del medio oeste de EUA, indicando un contenido medio de 12,6%, con un rango que fue entre 9,4 y 15,7%, y un CV superior al 25%, todos expresados en BS. En las grasas presentes en los DDGS predominan los ácidos grasos mono insaturados (**AGMI**), como el oleico (C18:1, 25%) y poliinsaturados (**AGPI**), como linoleico (C18:2, 50%). Los AGPI son más vulnerables

a la oxidación, causando un deterioro en la calidad y vida útil de la carne (Jiang *et al.*, 2014).

Los DDGS de MZ pueden ser una fuente económica de fósforo, ya que su disponibilidad es mayor que la del MZ que le da origen, 54-68% versus 28% respectivamente (Noll *et al.*, 2007). Esto se debería, en parte, al proceso de fermentación, que deja disponible parte del fosforo retenido en los fitatos (Dale and Batal, 2003). Las elevadas temperaturas durante las etapas de licuefacción y secado también podrían explicar esta mayor disponibilidad del fósforo.

Batal y Dale (2003) analizando 12 muestras de DDGS de una planta de EUA obtenidas en distintos tiempos, encontraron una media en el contenido de sodio de 0,25%, con valores que abarcaban un amplio rango de 0,09 a 0,44%, por lo que no recomiendan usar este valor para formular las dietas. Los mismos autores encontraron concentraciones de azufre muy por encima de las citadas por el NRC (0,84 vs 0,30% respectivamente).

Los valores de energía metabolizable verdadera corregida por nitrógeno (**EMVn**) para aves de los DDGS reportados en la bibliografía son uniformes. Batal y Dale (2006) analizaron 17 muestras de DDGS de 6 plantas del medio-oeste de los EUA, determinando un valor medio de EMVn de 2820 kcal/kg en BH (86% MS), con un rango de entre 2490 a 3190 kcal (media 3279 kcal/kg MS; rango 2895 a 3709 kcal/kg MS). Fastinger *et al.* (2006) encontraron un rango de EMVn, para 5 muestras de DDGS entre 2484 y 3047 kcal/kg en BH, estando los valores más bajos asociados a muestras más oscuras.

Los valores medios de fibra detergente neutro (**FDN**) y fibra detergente ácido (**FDA**) han mostrado variaciones entre autores. Belyea *et al.* (2010), analizaron muestras de nueve plantas del medio-oeste de EUA, durante 4 períodos, encontrando valores medios de FDN de 58,8% y FDA de 23,7% en BS. Datos locales presentados por Brunetti *et al.* (2015) son similares para FDN (57,3 %), pero menores para FDA (16,2 %). Chrenková *et al.* (2012), analizaron 11 muestras de DDGS de MZ, encontrando valores medios de FDN y FDA de 37,7 y 15,9% en BS respectivamente. Los DDGS tienen un elevado contenido de polisacáridos no amiláceos (**PNA**). Esta fracción representa el 90% de los constituyentes de la pared celular (celulosa, hemicelulosa, pectinas, fructanos y beta-glucanos), no incluyendo otros componentes como lignina y silicatos (Kerr y Shurson, 2013). Pedersen *et al.*, (2014), analizando 72 muestras de DDGS de 21 plantas, encontraron un contenido promedio de PNA de

28,3% en BS, de los cuales el 89% correspondían a la fracción insoluble de PNA y el 11% restante a la fracción soluble de los PNA. Estas fracciones pueden tener distintos efectos en la performance de animales monogástricos.

Una característica física importante de los DDGS es su color. Las variaciones en color pueden ser debidas al sobrecalentamiento durante el secado o a la cantidad de SL añadidos a los GD (Ganesan *et al.*, 2008). Para su medición se dispone principalmente de dos métodos, uno subjetivo basado en una escala de colores, y uno analítico mediante la utilización de colorímetros tipo Minolta o Hunter Lab (Babcock *et al.*, 2008). El análisis mediante colorímetros de materiales sólidos y semisólidos se representa usando el espacio de color CIELAB (o CIE 1976 L*a*b*), que es un estándar internacional para medición de color, donde L* representa la luminosidad de un objeto, a* representa la variación de verde a rojo, y b* representa la variación de azul a amarillo (Goñi y Salvadori, 2015). Algunos mercados consideran como DDGS de buena calidad a los que presentan valores de L* mayores a 50 (USGC, 2012). Esto último se debe a que el daño por calor genera colores más oscuros (bajos L*) por formación de compuestos de Maillard entre los aminoácidos y los azúcares remanentes de los DDGS (Fontaine *et al.*, 2007).

Así como los nutrientes se concentran en el DDGS, respecto al grano de MZ del cual provino, lo mismo ocurre con algunos factores nocivos como las micotoxinas. El contenido de fumonisinas puede aumentar entre 2,2 y 5,4 veces en relación con el contenido de micotoxinas del grano (Copia *et al.*, 2014). Zhang *et al.* (2009), analizaron muestras de DDGS proveniente de 20 plantas de EUA por un período de tres años encontrando niveles por debajo de los máximos de tolerancia de referencia, estando solo dos grupos de micotoxinas por encima o muy cerca de estos límites (DON y fumonisinas).

1.4 Uso de los DDGS de maíz en la producción avícola de carne

Los DDGS de maíz poseen un gran potencial en nuestro país para formar parte de las dietas de no rumiantes, como aves y cerdos. En los países con mayor producción de BE a partir de MZ, como por ejemplo EUA, los DDGS han pasado a ser un componente habitual de las dietas de estas especies. A pesar de esto, los porcentajes de inclusión en dietas comerciales han sido por muchos años del 5% o menores (Lumpkins *et al.*, 2004). En la bibliografía, existen numerosos antecedentes de trabajos que evalúan la inclusión de niveles crecientes de DDGS de maíz.

Según Waldroup *et al.* (1981), si la energía se mantiene constante, acorde a las recomendaciones, se puede llegar a niveles de inclusión de hasta 25% de DDGS, sin que la performance de los animales se vea afectada. Parsons *et al.* (1983), suplementado con lisina sintética (L-lisina HCl), llegaron hasta niveles de inclusión de 30% en la dieta, sin encontrar pérdidas en la ganancia de peso de las aves, pero presentando peor eficiencia de conversión. Estos trabajos, anteriores a la década de los noventa, utilizaron DDGS derivados de la industria de las bebidas alcohólicas que diferirían en su composición nutricional, en comparación al obtenido en las modernas plantas de BE, similares a las ubicadas en la Argentina.

Lumpkins *et al.* (2004), encontraron que en dietas de iniciación (fase de 0 a 14 días), niveles de inclusión de 12% o más afectarían los parámetros productivos, recomendando en esta etapa no superar el 6% de inclusión de DDGS. En las dietas de crecimiento y terminación, un 12 a 15% de inclusión no afectó el crecimiento de las aves (dietas isocalóricas e isoproteicas). Resultados similares fueron encontrados por otros autores (Świątkiewicz y Koreleski, 2008).

Wang *et al.* (2007a) formularon dietas utilizando para el DDGS una matriz nutricional estandarizada. Encontraron que se podría llegar a niveles de inclusión de 15-20% (partidas de buena calidad), con muy poca caída de la performance, pero afectando el rendimiento de carcasa y, en menor medida, el de pechuga. En otro trabajo, estos últimos autores también analizaron el uso de niveles constantes o crecientes de DDGS (Wang *et al.*, 2007b) y concluyeron que el uso de niveles de hasta 15% de DDGS desde los 0 a los 42 días de vida no implicó diferencias con respecto a una dieta control en base a MZ y HS, teniendo en cuenta los aminoácidos digestibles al momento de

formular. Para dietas de terminación, los porcentajes de inclusión podrían ser mayores, siempre y cuando sean isocalóricas.

Shim *et al.* (2011), utilizando niveles crecientes de DDGS y dietas isocalóricas y formuladas a partir de aminoácidos digestibles, comprobaron que con hasta un 24% de inclusión de DDGS, la respuesta de los animales es óptima. Estos autores atribuyen los malos resultados obtenidos con elevadas inclusiones de DDGS en otros ensayos a no haberse tenido en cuenta los aminoácidos digestibles en la formulación. Por otra parte, otros autores han encontrado un peor desempeño de los animales ya con 15% de inclusión de esta materia prima en la dieta (Lukaszewicz y Kowalczy, 2014).

Un efecto negativo de este subproducto es la reducción en la calidad de granulado (pellet) de la dieta. Según Behnke (2007), cuando los DDGS en la dieta superan niveles de 5 a 7%, el rendimiento de granulado y la calidad de estos puede verse afectado negativamente. Esto alteraría indirectamente el consumo y por lo tanto, el desempeño productivo de estas aves. Sin embargo, algunos autores no han encontrado diferencias en el desempeño de las aves, por más que la calidad del pellet fue menor a medida que se aumentó el porcentaje de inclusión de los DDGS (Shim *et al.*, 2011).

Si bien los DDGS pueden servir como una fuente de nutrientes muy efectiva, debido a varios factores, su inclusión potencial en la dieta de monogástricos es limitada. Entre estos factores se destacan, 1) variación del contenido de nutrientes y su digestibilidad; 2) variabilidad en el nivel de micotoxinas; 3) altos niveles de grasa insaturada; y 4) alto nivel de fibra (Aristizabal Rivera, 2017). Sin embargo, los dos últimos puntos mencionados por Aristizabal son de menor importancia en aves. Es posible esperar que, si la producción local de BE derivado del Mz se incrementa, los DDGS de MZ pasarán a ser una materia prima a tener en cuenta.

1.5 Problema de investigación y objetivos de la tesis

En la Argentina existe poca información sobre la utilización de DDGS en dietas para pollos parrilleros, principalmente de ensayos realizados por empresas de nutrición (Deluchi, 2015), por lo que resulta de suma importancia generar conocimiento referido al uso de esta materia prima bajo las condiciones de producción local.

Esta investigación busca dar respuesta a los siguientes interrogantes: ¿Qué matriz nutricional posee este ingrediente producido en la Argentina? ¿Cuál es el máximo nivel de inclusión de DDGS de MZ que toleran los pollos, sin perjuicio en su desempeño productivo? ¿Qué ventajas o desventajas productivas podría tener la incorporación de esta materia prima en los sistemas avícolas para carne de nuestro país? ¿Cómo afectarían los distintos niveles de inclusión de DDGS de MZ a la composición corporal y al perfil de ácidos grasos de la carne?

El objetivo general de esta tesis fue generar información sobre los DDGS de maíz de origen nacional, con destino a la nutrición de pollos parrilleros.

Los objetivos específicos fueron:

- 1) caracterizar nutricionalmente el DDGS de maíz utilizado en esta experiencia.
- 2) analizar el efecto de la inclusión de niveles crecientes de DDGS de maíz en la dieta de pollos parrilleros sobre su desempeño productivo, humedad de excretas y de cama, nivel de pododermatitis, composición corporal y perfil de ácidos grasos de la carne.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Sitio de realización de la experiencia

El ensayo se realizó en las instalaciones de la Sección Aves, de la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Pergamino - Ingeniero Walter Kugler, dependiente del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA; Figura 2.1). Esta se encuentra ubicada al norte de la provincia de Buenos Aires, a $33^{\circ} 56'$ de Latitud Sur y $60^{\circ} 33'$ de Longitud Oeste, a 65,5 metros de altura sobre el nivel del mar, a 5 km al sur de la ciudad de Pergamino y 226 km al noroeste de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.



Figura 2.1. Imagen satelital del sitio de realización de la experiencia.
Fuente: Google Maps

El DDGS para esta prueba fue provisto por la empresa ACA Bio Coop. Ltda., de su planta ubicada en la localidad de Villa María, provincia de Córdoba.

2.2 Caracterización nutricional de los ingredientes utilizados

Las materias primas (MZ, HS y DDGS) se caracterizaron nutricionalmente para humedad por gravimetría (método 44-16.01, AACC International, 1995), proteína bruta por el método de kjeldahl (método 46-12.01, AACC International, 1995), lípidos (extracto etéreo, método 30-25.01, AACC International, 1995), fibra cruda (método 32-10.01, AACC International, 1995) y cenizas (método 08-01.01, AACC International, 1995). Los análisis de FDN se realizaron empleando la metodología propuesta por Goering & Van Soest (1970), con agregado de α -amilasa y los de FDA acorde a la metodología de Van Soest (1963), utilizando un analizador de fibra 200/220 ANKOM (Ankom[®], Tech. Co., Fairport, NY, USA). Estas determinaciones fueron realizadas en el Laboratorio de Calidad de Alimentos, Suelos y Agua del INTA-EEA Pergamino. El contenido de aminoácidos totales y digestibles se estimó mediante espectroscopia del infrarrojo cercano (NIRS, por sus siglas en inglés) en Evonik-Degussa Argentina S.A. empleando un equipo FOSS[®] modelo DS2500 con curvas de calibración: agCORN00_39471_v11; agSOYA22_57064_v11 y agDIST17_48065_v8, para el MZ, HS y DDGS, respectivamente.

Además, sobre el DDGS utilizado, se realizaron las siguientes determinaciones:

- Análisis colorimétrico: mediante un colorímetro Minolta[®] (CIELAB), la muestra se dispuso en una placa de petri con una altura de 1 cm, de manera que actúe como opaca. Se tomaron tres lecturas superficiales rotando 90 grados el colorímetro entre cada lectura, luego se homogeneizó la muestra y se repitió el procedimiento dos veces más para lograr tres lecturas diferentes con tres replicados cada una.
- Contenido de micro-minerales de los DDGS, el sodio (Na) y el potasio (K) se determinaron mediante absorción atómica (método 975.03, AOAC, 1990), los cloruros se determinaron mediante el método titrimétrico cuantitativo y los sulfatos a través del método de turbidimetría.
- Contenido de micotoxinas, mediante cromatografía líquida acoplada a un espectrómetro de masas (Protocolo analítico 37+TM LC/MS/MS, Alltech inc.)

2.3 Evaluaciones con animales

Los protocolos experimentales fueron aprobados por el Comité Institucional de Cuidado y Uso de Animales de Laboratorio (CICUAL) de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad de Buenos Aires (protocolo 2018/52).

2.3.1 Energía metabolizable verdadera

La energía metabolizable verdadera (**EMV**) se determinó a través de la técnica propuesta por Sibbald (1976), utilizando gallos Leghorn (Figura 2.2). Las aves fueron alojadas en jaulas individuales ayunadas durante 24 h para asegurar el vaciado del tracto gastrointestinal. Transcurrido este tiempo, a un grupo de aves se les suministró 40 g de material a analizar mediante alimentación de precisión, mientras que otro grupo siguió en ayunas, para poder estimar la pérdida de energía de origen endógeno. Las excretas de sendos grupos fueron recolectadas por el transcurso de 48 h y luego se secaron en una estufa Dalvo (Ojalvo S.A. – Santa Fe, SF, Argentina) a 60 °C durante 48-72 h. Posteriormente se determinó la energía bruta (**EB**) de los ingredientes y las excretas con una bomba calorimétrica isoperibólica Parr 1261 (Parr Instrument Company – Moline, IL, USA, Figura 2.3) acorde a lo expresado en el método estándar ASTM D2015-85 (ASTM International, 1987), calculándose el contenido de EMV según la siguiente ecuación:

$$EMV = \frac{EBcons - (EBexc - EBend)}{AC}$$

Dónde:

- EMV: energía metabolizable verdadera, kcal/kg;
- EBcons: energía bruta ingerida (kcal)
- EBexc: energía bruta excretada por animales alimentados (kcal);
- EBend: energía bruta excretada por animales ayunados (kcal);
- AC: alimento consumido en kilogramos.



Figura 2.2. Gallos en ensayo de energía.



Figura 2.3. Bomba calorimétrica isoperibólica

Fuente: propia

2.3.2 Prueba de crecimiento

2.3.2.1 *Diseño experimental empleado*

Se empleó un diseño en bloques completos al azar (DBCA), donde se evaluaron 4 tratamientos en 14 bloques. Cada bloque constó de 4 lotes (1 por tratamiento) de 15 aves cada uno. El gradiente de heterogeneidad tenido en cuenta para bloquear fue la ubicación de los lotes a lo largo del galpón, debido a las distintas condiciones de humedad y temperatura. Cada lote fue considerado como unidad experimental.

2.3.2.2 *Alojamiento de las aves y dietas experimentales*

Al ingreso, los pollos se distribuyeron en categorías de 1 gramo de diferencia, formándose 56 lotes de peso homogéneo, respetando así la distribución original de la población. A cada lote se le asignó uno de los tratamientos evaluados según la distribución presentada en la Figura 2.4 y en el Cuadro 2.2.

Los tratamientos fueron 4 (Cuadro 2.1) correspondientes a niveles crecientes y equidistantes de inclusión de DDGS de maíz (0, 7, 14 y 21%). Para la formulación se utilizó el software N-utrition[®] 2.0 (DAPP, 2003) basado en programación lineal a mínimo costo. Las dietas de los distintos tratamientos fueron formuladas isocalóricas e isonitrogenadas, siguiendo las recomendaciones nutricionales de la línea genética utilizada (Cobb, 2015). Además, se tuvieron en cuenta los requerimientos de aminoácidos digestibles, con restricción de máximo y mínimo para los aminoácidos que pueden ser suplementados (azufrados, lisina y treonina).

La alimentación de las aves se dividió en 4 fases para ajustarse a los requerimientos nutricionales en las distintas edades: “Iniciador” (1-14 días),

“Crecimiento” (15-28 días), “Terminador” (29-42 días) y “Última semana” (42-49 días), que se muestran en los Cuadro 2.3 y 2.4.

Los primeros 7 días todas las aves del ensayo consumieron la misma dieta (iniciador sin DDGS), para evitar posibles efectos adversos. La presentación de la dieta fue en harina.

Cuadro 2.1. Tratamientos

Tratamiento	Descripción
1.- DDGS0	Recomendaciones Cobb*
2.- DDGS7	Isonutritiva** a T1 incluyendo DDGS de maíz al 7%
3.- DDGS14	Isonutritiva** a T1 incluyendo DDGS de maíz al 14%
4.- DDGS21	Isonutritiva** a T1 incluyendo DDGS de maíz al 21%

*Control según recomendaciones Cobb (Cobb, 2015). ** Isoenergética e isoaminoacídica (azufrados, lisina y treonina)

1	1	4	28	29	2	3	56
2	2	3	27	30	4	1	55
3	3	2	26	31	1	4	54
4	4	1	25	32	3	2	53
5	3	4	24	33	2	1	52
6	2	1	23	34	3	4	51
7	1	3	22	35	4	2	50
8	4	2	21	36	1	3	49
9	1	4	20	37	3	2	48
10	3	2	19	38	1	4	47
11	2	3	18	39	4	1	46
12	4	1	17	40	2	3	45
13	1	4	16	41	3	2	44
14	2	3	15	42	1	4	43

1 a 56 = lotes 1 a 4= tratamientos.

Nave 1 Nave 2

Figura 2.4. Distribución de tratamientos en el galpón.

Cuadro 2.2. Distribución de unidades experimentales según tratamiento

Tratamientos	Lotes													
1.-DDGS0	1	25	23	7	9	17	13	55	31	52	36	38	46	42
2.-DDGS7	2	26	6	21	19	11	14	29	53	33	50	48	40	44
3.-DDGS14	27	3	5	22	10	18	15	56	32	34	49	37	45	41
4.-DDGS21	28	4	24	8	20	12	16	30	54	51	35	47	39	43

Cuadro 2.3. Dietas experimentales (1-14 y 15-28 días).

Ingredientes (%)	1 a 7 días		8 a 14 días				15 a 28 días			
	Todos	DDGS0	DDGS7	DDGS14	DDGS21	DDGS0	DDGS7	DDGS14	DDGS21	
Maíz	53,70	53,70	49,43	45,16	41,17	58,88	54,61	50,34	46,07	
Soja Harina	37,41	37,41	34,47	31,54	28,79	32,31	29,38	26,44	23,50	
DDGS Maíz	0,00	0,00	7,00	14,00	20,54	0,00	7,00	14,00	21,00	
Soja Aceite	1,93	1,93	2,42	2,90	3,35	2,38	2,86	3,34	3,82	
Conchilla	0,40	0,40	0,55	0,69	0,83	0,40	0,55	0,70	0,84	
Came Harina	5,37	5,37	4,89	4,41	3,96	4,98	4,50	4,02	3,54	
Coccidiostato	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Premix Vit-Min*	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	
Sal	0,41	0,41	0,41	0,42	0,42	0,34	0,34	0,35	0,35	
L-Lisina HCl 78	0,12	0,12	0,17	0,23	0,28	0,10	0,16	0,21	0,27	
DL-Metionina 99	0,30	0,30	0,29	0,28	0,27	0,25	0,24	0,23	0,22	
L-Treonina 98	0,06	0,06	0,07	0,08	0,09	0,05	0,06	0,07	0,07	
Colina Cl 60	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Nutrientes (%)										
Proteína	23,00	23,00	23,00	23,00	23,00	21,00	21,00	21,00	21,00	
Lípidos	5,90	5,90	6,95	8,01	8,99	6,36	7,42	8,47	9,53	
Fibra Cruda	2,86	2,86	3,08	3,30	3,50	2,67	2,89	3,10	3,32	
Ceniza	4,51	4,51	4,43	4,34	4,26	4,03	3,94	3,86	3,77	
Ca	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,84	0,84	0,84	0,84	
P Total	0,68	0,68	0,67	0,67	0,66	0,64	0,63	0,63	0,62	
P Disponible	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,42	0,42	0,42	0,42	
Na	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,19	0,19	0,19	0,19	
K	0,85	0,85	0,85	0,86	0,86	0,78	0,78	0,78	0,79	
Cl	0,32	0,32	0,33	0,34	0,35	0,28	0,29	0,30	0,31	
EMA (kcal/kg)	3006	3006	3014	3022	3029	3083	3091	3098	3106	
EMV (kcal/kg)	3258	3258	3258	3258	3258	3336	3336	3336	3336	
AA Totales	Lisina	1,308	1,308	1,312	1,315	1,319	1,163	1,167	1,170	1,173
	Metionina	0,641	0,641	0,640	0,639	0,638	0,569	0,568	0,567	0,566
	Met+Cis	0,975	0,975	0,981	0,986	0,991	0,879	0,884	0,889	0,895
	Triptófano	0,266	0,266	0,261	0,255	0,251	0,238	0,233	0,227	0,222
	Treonina	0,907	0,907	0,915	0,923	0,930	0,820	0,827	0,835	0,843
	Arginina	1,523	1,523	1,486	1,448	1,413	1,369	1,332	1,294	1,257
AA Digestibles	Valina	1,080	1,080	1,082	1,084	1,086	0,990	0,992	0,994	0,997
	Lisina	1,180	1,180	1,180	1,180	1,180	1,050	1,050	1,050	1,050
	Metionina	0,610	0,610	0,607	0,603	0,600	0,541	0,538	0,534	0,531
	Met+Cis	0,885	0,885	0,885	0,885	0,885	0,798	0,798	0,798	0,798
	Triptófano	0,236	0,236	0,230	0,224	0,218	0,211	0,205	0,199	0,193
	Treonina	0,767	0,767	0,767	0,767	0,767	0,693	0,693	0,693	0,693
	Arginina	1,395	1,395	1,345	1,296	1,249	1,255	1,205	1,155	1,105
Valina	0,952	0,952	0,947	0,943	0,939	0,875	0,870	0,866	0,862	

Cuadro 2.4. Dietas experimentales (29-42 y 43-49 días).

Ingredientes (%)	29 a 42 días				43 a 49 días				
	DDGS0	DDGS7	DDGS14	DDGS21	DDGS0	DDGS7	DDGS14	DDGS21	
Maíz	60,47	56,2	51,93	47,66	63,3	59,03	54,76	50,49	
Soja Harina	30,54	27,6	24,66	21,73	27,76	24,82	21,89	18,95	
DDGS Maíz	0,00	7,00	14,00	21,00	0,00	7,00	14,00	21,00	
Soja Aceite	3,38	3,86	4,35	4,83	3,35	3,84	4,32	4,8	
Conchilla	0,40	0,55	0,69	0,84	0,40	0,55	0,70	0,84	
Carne Harina	4,35	3,87	3,38	2,9	4,41	3,93	3,45	2,97	
Coccidiostato	0,05	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	
Premix Vit-Min*	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	
Sal	0,36	0,36	0,36	0,37	0,33	0,33	0,34	0,34	
L-Lisina HCl 78.8%	0,04	0,09	0,15	0,21	0,05	0,1	0,16	0,22	
DL-Metionina 99%	0,21	0,20	0,19	0,18	0,19	0,18	0,17	0,16	
L Treonina 98%	0,03	0,04	0,05	0,05	0,03	0,04	0,04	0,05	
Colina Cl 60%	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	
Nutrientes (%)									
Proteína	20,00	20,00	20,00	20,00	19,05	19,05	19,05	19,05	
Lípidos	7,29	8,35	9,40	10,45	7,31	8,37	9,42	10,47	
Fibra Cruda	2,60	2,82	3,03	3,25	2,49	2,71	2,93	3,15	
Ceniza	3,67	3,58	3,50	3,41	3,51	3,43	3,34	3,25	
Ca	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	
P Total	0,60	0,59	0,59	0,58	0,59	0,59	0,58	0,58	
P Disponible	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	
Na	0,19	0,19	0,19	0,19	0,18	0,18	0,18	0,18	
K	0,75	0,75	0,75	0,76	0,71	0,71	0,72	0,72	
Cl	0,28	0,29	0,30	0,31	0,27	0,28	0,29	0,3	
EMA (kcal/kg)	3164	3172	3180	3188	3187	3195	3203	3210	
EMV (kcal/kg)	3417	3417	3417	3417	3441	3441	3441	3441	
AA Totales	Lisina	1,056	1,060	1,063	1,067	0,999	1,002	1,006	1,009
	Metionina	0,519	0,518	0,517	0,516	0,488	0,487	0,486	0,485
	Met+Cis	0,818	0,823	0,828	0,834	0,774	0,779	0,785	0,79
	Triptófano	0,227	0,222	0,217	0,211	0,212	0,207	0,202	0,197
	Treonina	0,767	0,775	0,782	0,790	0,726	0,734	0,742	0,750
	Arginina	1,299	1,261	1,224	1,186	1,224	1,186	1,149	1,111
	Valina	0,949	0,951	0,953	0,955	0,905	0,907	0,909	0,911
AA Digestibles	Lisina	0,950	0,950	0,950	0,950	0,900	0,900	0,900	0,900
	Metionina	0,492	0,488	0,485	0,481	0,462	0,459	0,455	0,451
	Met+Cis	0,741	0,741	0,741	0,741	0,702	0,702	0,702	0,702
	Triptófano	0,202	0,196	0,19	0,184	0,189	0,183	0,177	0,17
	Treonina	0,646	0,646	0,646	0,646	0,612	0,612	0,612	0,612
	Arginina	1,191	1,141	1,091	1,041	1,122	1,072	1,022	0,973
	Valina	0,839	0,835	0,831	0,826	0,802	0,798	0,793	0,789

2.3.2.3 Instalaciones

La experiencia se realizó hasta los 49 días de edad de las aves (7 semanas), tiempo acorde a las edades de crianza en la Argentina. El galpón utilizado fue del tipo convencional, abierto, con cortinas laterales manuales, techo de fibrocemento y ambiente controlado automáticamente utilizando campanas alimentadas con gas envasado, ventiladores y aspersores tipo *foggers*. La automatización de las variables ambientales se comandó mediante un controlador modelo 2004 (Forklima, Bs. As., Argentina). La temperatura, los primeros 5 días fue de 30°C, luego 28°C disminuyendo 2°C cada 3 días, hasta los 21 días, donde se apagaron las campanas. Se emplearon 840 pollitos machos de la línea Cobb-500 de un día de vida provenientes de la planta de incubación “Malacate” de la empresa Granja Tres Arroyos ubicada en la localidad de Exaltación de la Cruz (Bs. As.). Estos fueron alojados en lotes a piso de 1 x 1,5 m (10 aves/m²) sobre viruta de pino blanco (Figura 2.5), con suministro *ad-libitum* de alimento (comedero tipo tolva, Figura 2.6) y de agua (nipple, Figura 2.7) y el manejo fue el recomendado por la casa genética (Cobb, 2012). El primer día el fotoperiodo fue de 24 horas, el resto del ciclo fue de aproximadamente 16 horas.



Figura 2.5. Lotes a piso con aves alojadas.



Figura 2.6. Comedero tolva.



Figura 2.7. Bebederos tipo niple.

2.3.2.4 *Medición de parámetros zootécnicos*

Se realizaron pesadas semanales e individuales de los animales y del alimento remanente en las tolvas. Para pesar a las aves, se dividió el lote en dos con un separador de alambre, sin puntas ni bordes salientes, y a medida que se pesaron, las aves se pasaron a la otra mitad del mismo lote. Esto se realizó con el objetivo de evitar que los animales se asusten y golpeen dentro del lote. A su vez, para realizar la pesada, cada ave se sujetó por el lomo, colocándola en un recipiente plástico de tamaño acorde a su tamaño, utilizándose una balanza previamente calibrada. El procedimiento de pesaje individual de todas las aves demoró aproximadamente 2 horas, dependiendo de la edad y peso de los animales. A lo largo de todo el experimento se evitaron ruidos extraños y gritos, tratando de mantener un ambiente de tranquilidad. Las aves fueron observadas por personal capacitado 4 a 5 veces por día, inclusive fines de semana y feriados. Además, se registró la mortalidad de cada lote para corregir el consumo (sistema “ave-día”)

Los parámetros zootécnicos evaluados fueron:

- Consumo acumulado (CA): calculado como la diferencia entre el alimento ofrecido y el remanente (corregido por “ave-día”).

- **Peso vivo (PV):** peso medio de cada lote, resultante del pesaje individual de los individuos de cada unidad experimental.
- **Conversión alimenticia acumulada (CAA):** relación entre el consumo acumulado y el peso vivo.
- **Conversión alimenticia semanal (CAS):** relación entre el consumo y la ganancia de de PV, entre periodos de pesada (semana).
- **Ganancia diaria de peso vivo (GDPV):** incremento de peso entre períodos de pesada dividido los días transcurridos entre estas.
- **Relación peso/conversión (P/C):** simplificación del factor de eficiencia productiva europeo (**FEP**), calculado según la siguiente expresión:

$$\text{Peso/Conv.} = \frac{\text{Consumo}^2}{\text{Peso}}$$

- **Edad a faena:** edad de los animales cuando alcanzan los 2800 gramos de peso (peso de faena), calculado según la siguiente fórmula:

$$x = \frac{y - \text{Ordenada al origen}}{\text{Pendiente}}$$

Donde, x: Edad a la faena; y: peso a faena (e.g. 2800 g); pendiente de y.

2.3.2.5 Otros parámetros zootécnicos evaluados

A los 35 y 42 días de vida se determinó la humedad de excretas y de cama. Para el primero se tomaron 15 pollos al azar de cada tratamiento, y se alojaron en 5 jaulas. Transcurridas 3 horas, se recolectaron las excretas. Durante este tiempo, las aves no tuvieron acceso al agua. Al mismo tiempo, se tomaron muestras de cama de los 56 lotes, formadas por un pool de 5 submuestras por lote, abarcando la totalidad de estos. Tanto las excretas como las muestras de cama se secaron en estufa a 60 °C por 72 h.

Para la evaluación de pododermatitis plantar (**PP**), a los 49 días se realizó sobre la totalidad de las aves de acuerdo al protocolo estandarizado basado en Welfare Quality (Welfare Quality® project office, 2009) según la clasificación del Cuadro 2.5 y la Figura 2.8.

Cuadro 2.5. Puntuación de lesiones por dermatitis plantares.

Score	Descripción
A	Sin evidencias de dermatitis (puntuación 0)
B	Evidencias mínimas de dermatitis (puntuación 1 y 2)
C	Evidencia de dermatitis (puntuación 3 y 4)

Fuente: (Welfare Quality® project office, 2009).

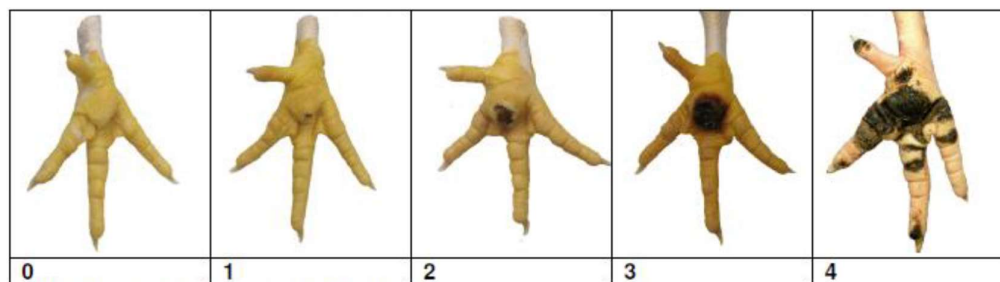


Figura 2.8. Puntuación de lesiones por dermatitis plantares.

Fuente: (Welfare Quality® project office, 2009).

2.3.2.6 Composición corporal y perfil de ácidos grasos

A los 49 días, 14 aves por tratamiento (una por bloque), fueron elegidas al azar y faenadas según procedimientos estándares (CICUAE-INTA, 2010), empleando aturdimiento eléctrico para inmovilizarlas y posterior exanguinación, verificando el total desangrado y muerte de las aves antes de introducirlas al escaldador. El escaldado se realizó en una escaldadora semi-industrial de proceso discontinuo (por tandas) a una temperatura de 54-56°C por al menos 2 minutos. Luego las aves fueron desplumadas utilizando un tambor mecánico giratorio con cilindro central con dedos de goma. Posteriormente se procedió al corte de patas, cabeza y al eviscerado manual para determinar el rendimiento de carcasa, rendimiento de pechuga (como porcentaje de carcasa) y contenido de grasa abdominal (como porcentaje de carcasa).

Se tomaron muestras del músculo *pectoralis minor* (**PM**) “pechuga” y *gastrocnemius* (**GM**) “pata” de 5 aves por tratamiento (tomadas al azar de las 14 faenadas), para determinar el perfil de ácidos grasos según el método Ce 2-66 (AOCS, 1997). Los lípidos se extrajeron en frío con hexano y un mortero, se centrifugaron y el sobrenadante se transesterificó por transesterificación directa *in situ* con catálisis alcalina con KOH 2 N. El sobrenadante se inyectó en un cromatógrafo gaseoso modelo CLARUS 500 (PerkinElmer Corp. – Shelton, CT, USA) equipado con un detector de ionización de flama, con una columna capilar modelo Elite Wax (polietileno glicol) (PerkinElmer Corp. – Shelton, CT, USA) de 30 m × 0,32 mm de diámetro interno recubierta (espesor de 0,25 µm) utilizando nitrógeno como gas de transporte. Los ácidos grasos individuales se identificaron por comparación de los tiempos de retención

relativos con estándares de ácidos grasos de Nu Check[®]. El perfil de ácidos grasos se expresó como porcentaje de ésteres metílicos.

La faena y toma de datos de los parámetros de rendimiento se realizó en la planta experimental de la Sección Aves del INTA-EEA Pergamino. Las aves muertas durante el ensayo, las faenadas y los residuos generados durante la faena fueron compostados en casetas dispuestas en el sector para tal fin. El tratamiento del material de cama fue el indicado por dichas normas. El manejo de los animales de experimentación utilizados para esta tesis se rigió según el protocolo de bienestar animal de INTA (CICUAE – INTA, 2010).

2.3.2.7 Análisis estadístico

Las variables fueron analizadas mediante análisis de la variancia (ANVA). Los datos correspondientes a mediciones repetidas en el tiempo (PV, CA, CAA, CAS, GDPV y P/C) se analizaron empleando modelos lineales mixtos, incluyendo una estructura de varianza-covarianza para los errores, previa evaluación del cumplimiento de los supuestos del ANVA. Se tuvo en cuenta la interacción “Edad × Tratamiento”, para así determinar si hubo o no correlación entre pesadas semanales. Se analizaron distintos modelos, teniendo en cuenta efectos fijos y aleatorios. Se seleccionó aquel modelo que presentó los menores valores de los criterios de Akaike y Bayesiano (AIC y BIC, respectivamente). Los valores p ajustados por la estructura de varianzas y covarianzas fueron usados para evaluar la significancia estadística de los efectos de interés ($\alpha \leq 0,05$), realizándose la comparación de medias a través de la prueba de diferencias mínimas significativas (**LSD**) de Fisher. Además, se realizaron contrastes ortogonales para verificar si la respuesta a los niveles crecientes fue lineal o cuadrática. Para realizar este análisis se utilizó el método REML, a través de una interface de InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2011) integrado con la plataforma R (R Core Team, 2013).

Las restantes variables se analizaron mediante un ANVA tradicional para un DBCA. Previa comprobación de los supuestos. Cuando el grado de significancia fue menor al 5%, la comparación de medias se realizó mediante la prueba LSD de Fisher. Para la realización de este análisis estadístico se utilizó el software InfoSTAT versión 2017 (Di Rienzo *et al.*, 2017).

3. RESULTADOS

3.1 Caracterización nutricional de las materias primas

3.1.1 Análisis proximal y fibras (Van Soest)

En el Cuadro 3.1, se presenta la composición proximal y de fibras, según el esquema de Van Soest, para las principales materias primas de origen vegetal utilizadas en las dietas del presente ensayo, expresados en base seca para facilitar su comparación.

Cuadro 3.1. Composición proximal de las principales materias primas utilizadas.

Nutrientes (% en base seca)	Ingredientes		
	DDGS ¹	Maíz	Harina de Soja
Proteína Bruta	26,4	8,6	46,9
Extracto Etéreo	10,2	4,4	3,4
Cenizas	5,3	1,5	6,7
Fibra Cruda	7,4	2,2	5,4
Fibra detergente neutro	39,7	15,3	17,1
Fibra detergente ácido	11,3	3,2	7,1

¹DDGS: Burlanda seca de maíz.

3.1.2 Energía

En el Cuadro 3.2, se presentan los resultados de los parámetros energéticos y el contenido de MS determinados para los principales ingredientes utilizados en la formulación de las dietas experimentales. La mayor EB fue la de los DDGS seguida por la HS y el grano de MZ. La EMV fue mayor en el MZ, mientras que la de los DDGS y la HS fue similar en BH, diferenciándose en 130 kcal en BS. La metabolicidad (EMV/EB) fue ampliamente superior en el MZ, mientras que para HS y DDGS se ubicó en torno al 60%.

Cuadro 3.2. Parámetros energéticos de las materias primas utilizadas

Parámetros energéticos	Ingredientes		
	DDGS	Maíz	Harina de Soja
Materia seca (MS, %)	86,5	87,5	88,7
EB (kcal/kg MS)	5273	4439	4660
EMV BH \pm DE (kcal/kg BH)	2785 \pm 58,7	3512 \pm 62,7	2742 \pm 147,8
EMV BS \pm DE (kcal EM/kg MS)	3220 \pm 67,9	4013 \pm 71,7	3091 \pm 166,6
Metabolicidad \pm DE (%)	61,1 \pm 1,29	90,2 \pm 1,62	66,3 \pm 3,57

*EB: energía bruta; EMV: energía metabolizable verdadera; BH: base tal cual; BS: base seca
DE: desvío estándar.

En el Cuadro 3.3 se presentan los parámetros energéticos determinados para las dietas experimentales de la fase “terminación”. La EB de los distintos tratamientos se diferenciaron numéricamente, observándose un mayor valor en la medida que aumentaba el nivel de inclusión de DDGS. La EMV, tanto en BS como en BH, de las dietas experimentales, no presentó diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p > 0,05$; Cuadro 3.3). Sin embargo, la metabolicidad difirió estadísticamente entre dietas, observándose una disminución de este parámetro a mayor nivel de inclusión de DDGS ($p \leq 0,05$)

Cuadro 3.3. Parámetros energéticos de las dietas experimentales de la fase “terminación”

Parámetros energéticos*	Dietas Terminación				EE	p-valor
	DDGS0	DDGS7	DDGS14	DDGS21		
%MS	87,8	88	88,1	88,3	--	--
EB (kcal/kgMS)	4555	4653	4719	4785	--	--
EMV BH (kcal EM/kg)	3400	3433	3447	3438	15,882	0,2211
EMV BS (kcal EM/kg MS)	3872	3901	3913	3894	18,041	0,4735
Metabolicidad (%)	85,0 ^a	83,8 ^b	82,9 ^b	81,4 ^c	0,3861	0,0002

*EB: energía bruta; EMV: energía metabolizable verdadera; BH: base tal cual; BS: Base seca;
EMV/EB: Metabolicidad; DDGS: Burlanda seca de maíz; EE: error estándar de la media.

3.1.3 Aminoácidos totales, digestibles y coeficientes de digestibilidad

En el Cuadro 3.4 se puede apreciar el contenido porcentual de aminoácidos totales y digestibles, de los principales ingredientes utilizados. La HS presentó el mayor contenido de aminoácidos totales y digestibles, seguido por el DDGS y el MZ. De las materias primas analizadas, la que presentó menor digestibilidad promedio de los AA

fue el DDGS, que a la vez presentó la mayor variabilidad entre AA. El AA que presentó menor coeficiente de digestibilidad en el DDGS utilizado fue la lisina (Cuadro 3.5).

Cuadro 3.4. Contenido de aminoácidos totales y digestibles en los principales ingredientes utilizados

Aminoácidos	Ingredientes			
	DDGS	Maíz	Harina de soja	
Aminoácidos Totales (%)	Metionina	0,560	0,182	0,666
	Met + Cis	1,087	0,383	1,375
	Lisina	0,951	0,263	3,031
	Treonina	1,088	0,324	1,908
	Triptófano	0,248	0,068	0,677
	Arginina	1,332	0,411	3,552
	Isoleucina	1,035	0,313	2,196
	Leucina	3,166	1,156	3,655
	Valina	1,363	0,439	2,324
Aminoácidos Digestibles (%)	Metionina	0,482	0,171	0,600
	Met + Cis	0,924	0,345	1,155
	Lisina	0,619	0,242	2,697
	Treonina	0,783	0,275	1,584
	Triptófano	0,200	0,056	0,603
	Arginina	1,093	0,382	3,268
	Isoleucina	0,828	0,299	1,911
	Leucina	2,723	1,086	3,216
	Valina	1,063	0,403	2,022

Valores expresados en base seca. Met: metionina; Cis: cistina; DDGS: burlanda seca de maíz.

Cuadro 3.5. Coeficiente de digestibilidad (%) de los aminoácidos de los principales ingredientes utilizados

Aminoácidos	Ingredientes		
	DDGS	Maíz	Harina de soja
Metionina	86,08	94,27	90,09
Met + Cis	84,95	90,03	83,94
Lisina	65,03	92,07	88,99
Treonina	71,98	85,00	83,00
Triptófano	80,72	81,36	89,08
Arginina	82,04	92,96	91,99
Isoleucina	80,00	95,56	86,99
Leucina	86,01	93,89	88,01
Valina	77,96	91,82	87,02
Promedio	79,42	90,77	87,68
Coeficiente de variación (%)	8,81	5,15	3,25

Met: metionina; Cis: cistina; DDGS: burlanda seca de maíz; CV: coeficiente de variación %.

3.1.4. Otras determinaciones

Al analizar el color del DDGS utilizado, y comparar los datos resultantes con los presentes en la bibliografía (Fastinger *et al.*, 2006), los parámetros de luminosidad (L^*), nivel de amarillo (a^*) y rojo (b^*) del DDGS son similares a los de un DDGS de buena calidad (Cuadro 3.6).

Cuadro 3.6. Colorimetría del DDGS utilizado en el ensayo vs datos de la bibliografía

	DDGS Promedio±DE		
	ACABio	Buena Calidad*	Sobre-procesado* ¹
L^*	56,6±1,10	52,3±0,88	28,0±0,19
a^*	11,8±0,24	7,9±0,03	6,7±0,07
b^*	37,7±0,55	33,8±0,66	15,8±0,08

*Fastinger *et al.* (2006). DDGS: burlanda seca de maíz; DE: desvío estándar.

¹ Sobreprocesado por exceso de calor durante el secado.

La concentración de micotoxinas, determinadas para la muestra de los DDGS utilizados, estuvo por debajo de los niveles máximos de tolerancia establecidos para pollos de engorde, para todas ellas (Cuadro 3.7).

Cuadro 3.7. Concentración de micotoxinas del DDGS utilizado en el experimento

Micotoxina	Nivel detectado±DE	Nivel de tolerancia*
	ppb ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	ppb ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
Deoxinivalenol (DON)	2198±247	15000
Fumonisina B1	3926±1329	5000
Fumonisina B2	1113±480	20000
Fumonisina B3	645±74	20000

Valores expresados en base tal cual. DE: desvío estándar; ppb: partes por billón. *(Gimeno y Martins, 2011)

El contenido de macrominerales del DDGS presentó valores por debajo de valores medios presentados como referencia (Batal y Dale, 2003), salvo para el potasio, que estuvo por encima de los valores citados (Cuadro 3.8).

Cuadro 3.8. Contenido de macrominerales del DDGS utilizado y datos de la bibliografía

Minerales	DDGS ACABio	Batal y Dale, 2003 (%)
Potasio	1,36	0,91
Cloruros	0,41	
Sodio	0,16	0,25
Azufre asimilable	0,16	0,84
Fósforo total*	1,09	0,68
Fósforo Fítico*	0,27	
Disp. P.	75,0	

Valores expresados en base seca. *Valores estimados a través de espectroscopia del infrarrojo cercano *(NIRS) Disp P: disponibilidad de fósforo

3.2 Análisis de la composición nutricional de las dietas experimentales

Con la inclusión de DDGS en las dietas experimentales hubo cambios en la matriz de ingredientes (Cuadro 2.3 y Cuadro 2.4). En la medida que aumentó el nivel de inclusión de DDGS disminuyó el contenido porcentual de HS, MZ y harina de carne. Por el contrario, a mayor nivel de inclusión de DDGS aumentó la cantidad de aceite y de lípidos en la dieta. La lisina HCl fue el único AA sintético con una mayor inclusión en la medida que se incrementó el nivel de DDGS en la dieta.

La proporción de PB y lípidos que aporta a la dieta cada ingrediente varió según el nivel de inclusión de DDGS en la misma. En la medida que aumentó el nivel de DDGS en la dieta, la HS, el MZ y la harina de carne disminuyeron su participación relativa en la PB, mientras que la lisina aumentó (Cuadro 3.9). Para el contenido de lípidos pasó algo similar, donde al aumentar el nivel de inclusión de DDGS, su participación proporcional fue mayor, disminuyendo la participación relativa del MZ, la HS y la harina de carne en el total en la dieta (Cuadro 3.10) aceite aumentó su participación en el contenido total de lípidos, pero en menor grado.

Cuadro 3.9. Contribución relativa de cada ingrediente al contenido de la proteína bruta de las dietas experimentales de la fase terminación

Ingrediente (% de la PB)	Tratamiento			
	DDGS0	DDGS7	DDGS14	DDGS21
DDGS	0,00	9,02	18,04	27,06
Harina de Soja	65,75	59,08	52,41	45,74
Maíz	24,36	22,70	21,05	19,39
Harina de Carne	8,99	7,99	6,99	5,99
Lisina	0,18	0,48	0,79	1,09
DL-Metionina	0,61	0,58	0,55	0,52
Treonina	0,11	0,15	0,18	0,21

DDGS: burlanda seca de maíz; DE: desvío estándar; PB: proteína bruta.

Cuadro 3.10. Contribución relativa de cada ingrediente al contenido de lípidos de las dietas experimentales de la fase terminación

Ingrediente (% lípidos)	Tratamiento			
	DDGS0	DDGS7	DDGS14	DDGS21
DDGS	0,00	10,40	18,50	24,98
Maíz	37,65	30,72	25,33	21,01
Aceite de Soja	42,56	43,37	44,00	44,50
Harina de Soja	12,70	9,99	7,88	6,19
Harina de Carne	7,09	5,52	4,29	3,31

DDGS: burlanda seca de maíz

3.3 Parámetros Zootécnicos

3.3.1 Primera semana

En el Cuadro 3.11 se presentan los parámetros zootécnicos de los tratamientos evaluados durante la primera semana del experimento, donde los animales consumieron la misma dieta iniciadora, sin inclusión de DDGS. No se observaron diferencias estadísticamente significativas para ninguno de los parámetros analizados ($p > 0,05$).

Cuadro 3.11. Parámetros zootécnicos de la primera semana (0-7 días).

	Tratamientos				EE	p-valor
	DDGS0	DDGS7	DDGS14	DDGS21		
Consumo (g)	124	124	124	124	1,03	0,98
Peso vivo (g)	147	149	150	150	1,56	0,46
CAA	0,85	0,84	0,83	0,83	8,29	0,31
P/C	174	179	182	181	3,34	0,32

Medias ajustadas en la misma columna con diferente letra difieren significativamente ($p \leq 0,05$). DDGS: burlanda seca de maíz; EE: error estándar; CAA: conversión alimenticia acumulada; P/C: Relación peso/conversión.

3.3.2 Consumo acumulado

A partir de los 28 días de edad, las aves de los tratamientos con DDGS presentaron consumos más elevados que aquellas del tratamiento DDGS0, diferenciándose las de los tratamientos DDGS14 y DDGS21 (Cuadro 3.12, $p \leq 0,05$). A su vez, se encontró una respuesta de tipo lineal para esta variable ($p \leq 0,05$). A los 48 días el diferencial de consumo entre las aves de los tratamientos DDGS21 y DDGS0 fue de 281 g.

Cuadro 3.12. Consumo acumulado (g)

	Tratamientos				EE	p-valor				
	DDGS0	DDGS7	DDGS14	DDGS21		Rta.lin.	Rta.cd.	Trat. ¹	Edad ²	1 × 2
13	426	415	420	418	4,6	0,40	0,20			
20	1003	1019	1046	1041	13,9	0,01	0,13			
28	2012 ^b	2051 ^b	2125 ^a	2093 ^a	22,4	<0,01	0,12			
35	3265 ^b	3321 ^b	3409 ^a	3400 ^a	30,4	<0,01	0,39	<0,01	<0,01	<0,01
42	4781 ^b	4834 ^b	4964 ^a	5010 ^a	35,7	<0,01	0,99			
48	6217 ^b	6280 ^b	6458 ^a	6498 ^a	40,6	<0,01	0,86			

Medias ajustadas (Tratamiento*Edad) en la misma fila con diferente letra difieren significativamente ($p \leq 0,05$). DDGS: burlanda seca de maíz; EE: error estándar; Rta. Lin.: Respuesta lineal; Rta. Cd.: Respuesta cuadrática; Trat.: Tratamiento; 1x2: interacción tratamiento por edad.

3.3.3 Peso vivo

A los 13 y 20 días de vida, los pollos de los tratamientos con DDGS pesaron más que los del DDGS0, presentando diferencias significativas con respecto a estos últimos ($p \leq 0,05$; Cuadro 3.13). A los 35 días se mantuvo el mismo comportamiento de los tratamientos, observándose un diferencial de peso de 106 g entre los pollos del tratamiento DDGS14 (tratamiento con mayor peso) con respecto a los del DDGS0. A los 42 y 48 días las aves de los tratamientos DDGS14 y DDGS21 pesaron más que las de DDGS0, pero no resultaron en diferencias significativas ($p > 0,05$).

Cuadro 3.13. Peso vivo (g)

	Tratamientos					p-valor				
	DDGS0	DDGS7	DDGS14	DDGS21	EE	Rta.lin.	Rta.cd.	Trat. ¹	Edad ²	1 x 2
13	370 ^b	378 ^a	380 ^a	377 ^a	2,5	0,03	0,03			
20	764 ^b	784 ^a	799 ^a	803 ^a	7,9	<0,01	0,31			
28	1385	1429	1455	1426	17,9	0,07	0,04			
35	2107 ^b	2171 ^a	2213 ^a	2184 ^a	23,1	<0,01	0,05	0,03	<0,01	<0,01
42	2842	2829	2905	2931	29,5	<0,01	0,52			
48	3576	3606	3693	3656	29,5	0,01	0,26			

Medias ajustadas (Tratamiento*Edad) en la misma fila con diferente letra difieren significativamente ($p \leq 0,05$). DDGS: burlanda seca de maíz; EE: error estándar; Rta. Lin.: Respuesta lineal; Rta. Cd.: Respuesta cuadrática; Trat.: Tratamiento; 1x2: interacción tratamiento por edad.

3.3.4 Conversión alimenticia acumulada (CAA)

Solo se observaron diferencias estadísticamente significativas en CAA al comienzo y al final del ensayo. A los 13 días los pollos de los tratamientos con inclusión de DDGS presentaron mejor CAA que los del tratamiento DDGS0 ($p \leq 0,05$; Cuadro 3.14). Mientras que a los 48 días del ensayo los pollos del tratamiento DDGS21 tuvieron la peor conversión comparado con los del resto de los tratamientos ($p \leq 0,05$). La respuesta a los 13 días fue cuadrática y a los 48 lineal.

Cuadro 3.14. Conversión alimenticia acumulada (g/g)

	Tratamientos					p-valor				
	DDGS0	DDGS7	DDGS14	DDGS21	EE	Rta.lin.	Rta.cd.	Trat. ¹	Edad ²	1 x 2
13	1,15 ^a	1,10 ^b	1,11 ^b	1,11 ^b	0,007	<0,01	<0,01			
20	1,32	1,31	1,31	1,30	0,010	0,27	0,83			
28	1,45	1,44	1,46	1,47	0,012	0,23	0,22			
35	1,55	1,53	1,54	1,56	0,012	0,64	0,11	0,02	<0,01	<0,01
42	1,68	1,71	1,71	1,71	0,013	0,19	0,37			
48	1,74 ^b	1,74 ^b	1,75 ^b	1,78 ^a	0,009	<0,01	0,16			

Medias ajustadas (Tratamiento*Edad) en la misma fila con diferente letra difieren significativamente ($p \leq 0,05$). DDGS: burlanda seca de maíz; EE: error estándar; Rta. Lin.: Respuesta lineal; Rta. Cd.: Respuesta cuadrática; Trat.: Tratamiento; 1x2: interacción tratamiento por edad.

3.3.5 Conversión alimenticia semanal (CAS).

La CAS mostró el mismo comportamiento que la CAA, con diferencias significativas entre tratamientos a los 13 y 48 días de vida de las aves ($p \leq 0,05$; Cuadro 3.15). Se observó un elevado índice de conversión entre los 36 y 42 días de vida, de mayor magnitud aún que los valores de la semana siguiente ($p \leq 0,05$).

Cuadro 3.15. Conversión alimenticia semanal (g/g)

		Tratamientos					p-valor				
		DDGS0	DDGS7	DDGS14	DDGS21	EE	Rta.lin.	Rta.cd.	Trat. ¹	Edad ²	1 x 2
Edad (días)	8-13	1,36 ^a	1,26 ^b	1,28 ^b	1,29 ^b	0,01	<0,01	<0,01			
	14-20	1,47	1,51	1,51	1,47	0,02	0,94	0,03			
	21-28	1,65	1,60	1,64	1,71	0,03	0,11	0,05			
	29-35	1,74	1,71	1,70	1,73	0,04	0,82	0,42	<0,01	<0,01	<0,01
	36-42	2,10	2,34	2,30	2,19	0,08	0,54	0,04			
	43-48	1,97 ^b	1,87 ^b	1,92 ^b	2,07 ^a	0,05	0,11	<0,01			

Medias ajustadas (Tratamiento*Edad) en la misma fila con diferente letra difieren significativamente ($p \leq 0,05$). DDGS: burlanda seca de maíz; EE: error estándar; Rta. Lin.: Respuesta lineal; Rta. Cd.: Respuesta cuadrática; Trat.: Tratamiento; Ed: edad; 1x2: interacción tratamiento por edad.

3.3.6 Ganancia diaria de peso vivo (GDPV)

La GDPV no presentó interacción “Tratamiento × Edad” ($p > 0,05$; Cuadro 3.16), por lo que al comparar las GDPV promedio de cada tratamiento, se encontró que la mayor ganancia correspondió al tratamiento DDGS14 que difirió estadísticamente de DDGS0 ($p \leq 0,05$; Figura 3.1), y los tratamientos DDGS7 y DDGS21 resultaron con valores intermedios.

Cuadro 3.16. Ganancia diaria de peso vivo (g) en las distintas edades y tratamientos.

		Tratamientos					p-valor				
		DDGS0	DDGS7	DDGS14	DDGS21	EE	Rta.lin.	Rta.cd.	Trat. ¹	Edad ²	1 x 2
Edad (días)	8-13	29	33	33	32	0,54	<0,01	<0,01			
	14-20	57	58	59	60	0,84	<0,01	0,95			
	21-28	77	80	83	79	2,13	0,54	0,09			
	29-35	103	106	108	108	2,47	0,12	0,57	<0,01	<0,01	0,12
	36-42	105	94	99	107	3,95	0,55	0,02			
	43-48	122	130	131	121	3,17	0,83	0,01			

Medias ajustadas (Tratamiento×Edad) en la misma fila con diferente letra difieren significativamente ($p \leq 0,05$). DDGS: burlanda seca de maíz; EE: error estándar; Rta. Lin.: Respuesta lineal; Rta. Cd.: Respuesta cuadrática; Trat.: Tratamiento; Ed: edad; 1x2: interacción tratamiento por edad.

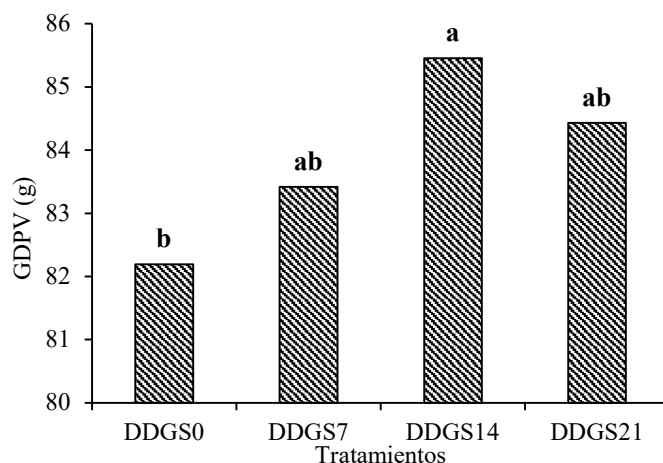


Figura 3.1. Ganancia diaria de peso vivo (g) media de los tratamientos. Barras con diferente letra indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,05$). DDGS: burlanda seca de maíz; GDPV: ganancia diaria de peso vivo.

3.3.7 Relación peso/conversión (P/C)

La relación P/C no presentó interacción “Tratamiento \times Edad” ($p > 0,05$; Cuadro 3.17) y en correspondencia con la GDPV, las aves del tratamiento DDGS14 presentaron la mayor relación P/C, diferenciándose significativamente de las del DDGS0 ($p \leq 0,05$; Figura 3.2. Relación Peso/conversión, media de los tratamientos. Figura 3.2).

Cuadro 3.17. Relación peso/conversión con los tratamientos evaluados

	Tratamientos				EE	p-valor												
	DDGS0	DDGS7	DDGS14	DDGS21		Rta.lin.	Rta.cd.	Trat. ¹	Edad ²	1 x 2								
Edad (días)	13	20	28	35	42	48	3,35	<0,01	<0,01									
	322	581	952	1358	1689	2056	345	601	999	1422	1438	1404	23,11	0,14	0,04	<0,01	<0,01	0,13
							343	608	972	1404	1716	2058	25,18	0,67	0,16			

Medias ajustadas (Tratamiento*Edad) en la misma fila con diferente letra difieren significativamente ($p \leq 0,05$). DDGS: burlanda seca de maíz; EE: error estándar; Rta. Lin.: Respuesta lineal; Rta. Cd.: Respuesta cuadrática; Trat.: Tratamiento; 1x2: interacción tratamiento por edad.

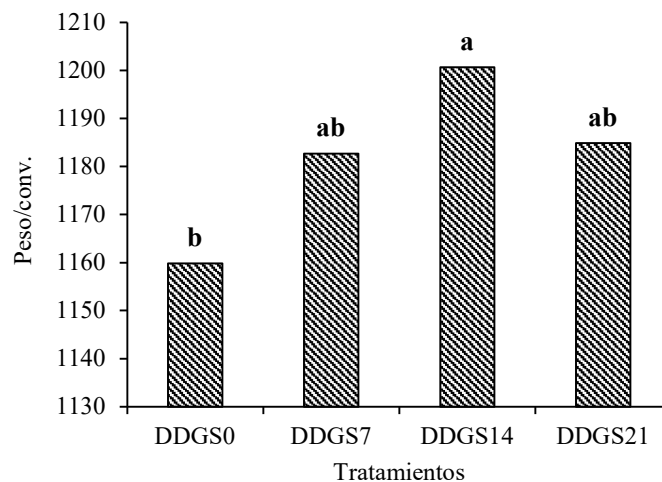


Figura 3.2. Relación Peso/conversión, media de los tratamientos. Barras con diferente letra indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,05$). DDGS: burlanda seca de maíz; Peso/conv: relación peso-conversión.

3.3.8 Edad a los 2800 g (edad a faena)

Con niveles crecientes de DDGS se redujo la edad para alcanzar un peso de 2800 g ($p \leq 0,05$,

Figura 3.3). Los pollos del tratamiento DDGS14 requirieron 0,83 días menos que los del DDGS0 para alcanzar este peso.

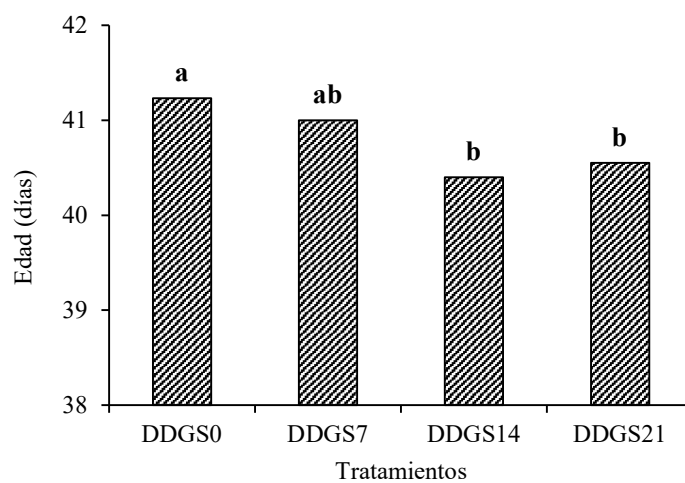


Figura 3.3. Edad a los 2800 g (edad a faena).

Barras con diferente letra indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,05$). DDGS: burlanda seca de maíz.

3.4 Otros parámetros zootécnicos

3.4.1 Nivel de pododermatitis plantar (PP)

Para grado de daño “A” (sin lesiones), los pollos de los tratamientos DDGS7 y DDGS14 presentaron menor porcentaje, con diferencias estadísticamente significativas con el tratamiento DDGS0 ($p \leq 0,05$; Figura 3.4. Nivel de pododermatitis plantar de cada tratamiento. Figura 3.4), en tanto que el tratamiento DDGS21 presentó los porcentajes más altos de patas sanas, no diferenciándose del tratamiento DDGS0 ($p > 0,05$), pero sí de los demás tratamientos con DDGS ($p \leq 0,05$). En grado de daño “B” (evidencias mínimas de pododermatitis) no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0,05$). En cuanto a grado de daño “C” (con evidencias de dermatitis plantar), el tratamiento DDGS14 fue el que presentó mayor porcentaje, diferenciándose estadísticamente de los de DDGS0 y DDGS21 ($p \leq 0,05$). En el tratamiento DDGS7 se encontró un porcentaje intermedio, no diferenciándose de los demás tratamientos ($p > 0,05$).

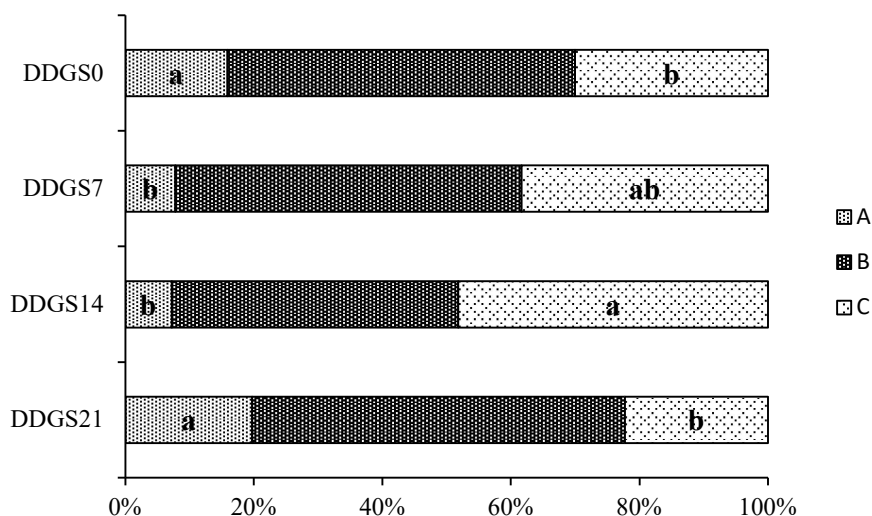


Figura 3.4. Nivel de pododermatitis plantar de cada tratamiento.

Barras con diferente letra indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,05$). A: Sin evidencia de pododermatitis; B: evidencias mínimas de pododermatitis; C: con evidencias de dermatitis plantar. DDGS: burlanda seca de maíz.

3.4.2 Humedad de cama y excretas

No se observó interacción “Tratamiento × Edad”, por lo que, al comparar el promedio de humedad de cama de cada tratamiento, la misma aumentó con la inclusión de DDGS en los tratamientos DDGS7 y DDGS14 ($p \leq 0,05$), no encontrándose

diferencias significativas entre los tratamientos DDGS21 y DDGS0 ($p > 0,05$; Figura 3.5).

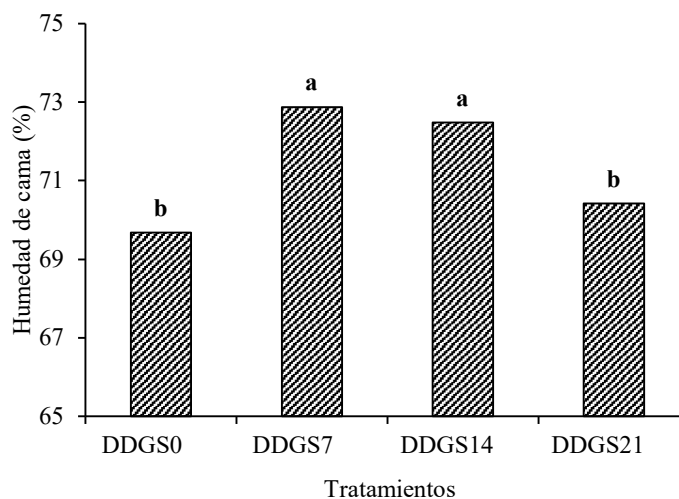


Figura 3.5. Humedad de cama en los distintos tratamientos. Barras con diferente letra indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,05$).

Los resultados de humedad de excretas presentaron un patrón similar al observado para humedad de cama, donde el tratamiento DDGS21 fue el que arrojó el menor valor, incluso menor al de DDGS0, observándose una reducción significativa respecto del resto de los tratamientos ($p \leq 0,05$; Figura 3.6).

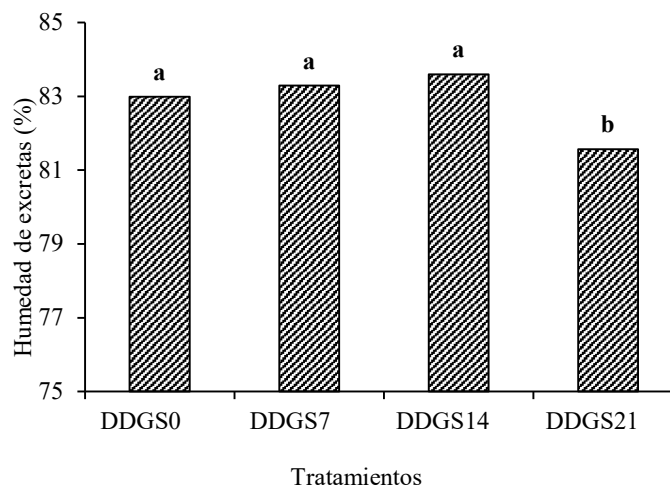


Figura 3.6. Humedad de excretas en los distintos tratamientos. Barras con diferente letra indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p \leq 0,05$). DDGS: burlanda seca de maíz.

También se registraron diferencias significativas entre edades de muestreo, siendo mayores las humedades a los 35 días que a los 42, tanto para humedad de cama como de excretas ($p \leq 0,05$; Figura 3.7)

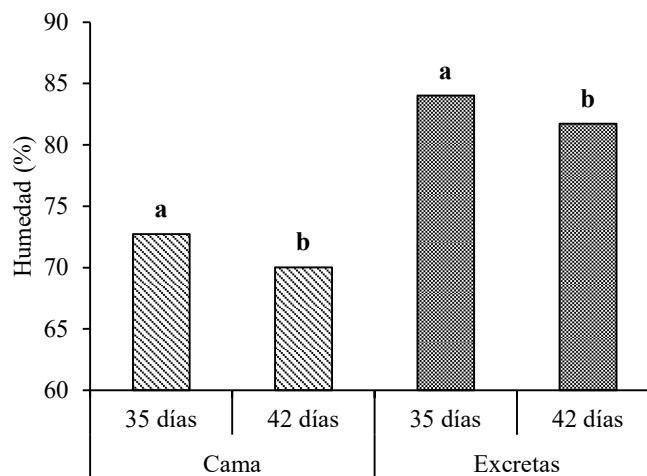


Figura 3.7. Humedad de cama y excretas a los 35 y 42 días de vida. Barras con diferente letra indican diferencias estadísticamente significativas entre edades ($p \leq 0,05$). DDGS: burlanda seca de maíz.

3.5 Composición corporal y perfil de ácidos grasos

3.5.1 Composición corporal

No se observaron diferencias entre tratamientos para ninguno de los parámetros evaluados ($p > 0,05$, Cuadro 3.18).

Cuadro 3.18. Composición corporal.

		Tratamientos				EE	p-valor		
		DDGS0	DDGS7	DDGS14	DDGS21		Rta.lin.	Rta.cd.	Trat.
Rend.	% PV	73,8	74,0	73,7	73,2	0,54	0,38	0,56	0,77
Pechuga	% Carc.	38,6	39,3	38,9	38,3	0,49	0,56	0,22	0,58
	% PV	28,5	29,0	28,7	28,0	0,46	0,39	0,23	0,51
Grasa	% Carc.	2,1	2,0	2,2	2,4	0,20	0,32	0,45	0,64
	% PV	1,6	1,5	1,6	1,7	0,14	0,36	0,38	0,64

Medias en la misma fila con diferente letra difieren significativamente ($p \leq 0,05$). DDGS: burlanda seca de maíz; Rend.: Rendimiento; PV: Peso vivo; Carc.: Carcasa; EE: error estándar; Rta. Lin.: Respuesta lineal; Rta. Cd.: Respuesta cuadrática; Trat.: Tratamiento.

3.5.2 Perfil de ácidos grasos del músculo de la pechuga (*pectoralis minor*) y pata (*gastrocnemius*)

En el Cuadro 3.19 se presenta el perfil de ácidos grasos de los lípidos del músculo PM en los tratamientos evaluados. De los 19 ácidos grasos analizados, 10 presentaron diferencias significativas entre los distintos niveles de inclusión de DDGS ($p \leq 0,05$). La concentración de ácido palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), palmitoleico (C16:1n-7) y oleico (C18:1n-9) disminuyó en la medida que se incrementó el nivel de inclusión de DDGS en la dieta. Los ácidos eláídico (C18:1 n-9), eicosaenoico (C20:1n-9), eicosatrienoico (C20:3n-6) y eicosapentaenoico (C20:5n-3), presentaron un comportamiento similar a los anteriores, pero su porcentaje es muy inferior al 1% del perfil. Por otro lado, en la medida que aumentó el porcentaje de inclusión de DDGS en la dieta se incrementaron significativamente los ácidos grasos linoleico (C18:2n-6) y alfa-linolénico (C18:3n-3).

Cuadro 3.19. Perfil de ácidos grasos en músculo *pectoralis minor* (pechuga) en los distintos tratamientos

Ácidos grasos (% de ésteres metílicos)	Tratamientos				EE	p-valor
	DDGS0	DDGS7	DDGS14	DDGS21		
Mirístico (C14:0)	0,44	0,56	0,36	0,34	0,08	0,24
Palmítico (C16:0)	20,66 ^a	19,63 ^b	17,85 ^c	17,45 ^c	0,27	<0,01
Heptadecanoico (C17:0)	0,73	0,79	0,76	0,63	0,08	0,48
Estearico (C18:0)	9,10 ^a	9,39 ^a	7,65 ^b	7,20 ^b	0,30	<0,01
Araquídico (C20:0)	0,06	0,07	0,06	0,04	0,01	0,44
Palmitoleico (C16:1n-7)	3,23 ^a	2,12 ^b	1,84 ^b	1,88 ^b	0,15	<0,01
Heptadecenoico (C17:1n-7)	0,63	0,67	0,74	0,60	0,06	0,41
Elaídico (C18:1n-9 <i>trans</i>)	0,39 ^a	0,36 ^{ab}	0,25 ^c	0,31 ^{bc}	0,03	<0,01
Oleico (C18:1n-9 <i>cis</i>)	27,33 ^a	24,38 ^b	24,05 ^b	24,62 ^b	0,75	0,03
Linoleico (C18:2n-6 <i>cis</i>)	27,02 ^c	30,40 ^b	35,52 ^a	36,80 ^a	0,75	<0,01
Gama-linolénico (C18:3n-6)	0,15	0,15	0,19	0,17	0,02	0,51
Alfa-linolénico (C18:3n-3)	2,07 ^c	2,23 ^{bc}	2,48 ^{ab}	2,66 ^a	0,12	0,01
Eicosanoico (C20:1n-9)	0,18 ^a	0,16 ^{ab}	0,12 ^b	0,13 ^b	0,02	0,05
Eicosadienoico (C20:2n-6)	0,52	0,64	0,66	0,63	0,07	0,43
Eicosatrienoico (C20:3n-6)	0,69 ^a	0,70 ^a	0,59 ^{ab}	0,50 ^b	0,05	0,04
Araquidónico (C20:4n-6)	4,85	5,67	5,02	4,46	0,54	0,47
Eicosapentaenoico (C20:5n-3)	0,14 ^a	0,11 ^{ab}	0,06 ^{bc}	0,04 ^c	0,02	<0,01
Docosatetraenoico (C22:4n-6)	1,13	1,34	1,19	1,01	0,15	0,44
Docosahexaenoico (C22:6n-3)	0,70	0,61	0,60	0,53	0,09	0,71

Medias en la misma fila con diferente letra difieren significativamente ($p \leq 0,05$). DDGS: burlanda seca de maíz; EE: error estándar.

El porcentaje total de ácidos grasos saturados (**AGS**) y monoinsaturados (**AGMI**) fue menor en los tratamientos con inclusión de DDGS comparados con el DDGS0 ($p \leq 0,05$; Figura 3.8), salvo para el porcentaje de AGS en el tratamiento DDGS7 que no difirió ($p > 0,05$). El porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados (**AGPI**) fue mayor en la medida que se incrementó el nivel de inclusión de DDGS en la dieta.

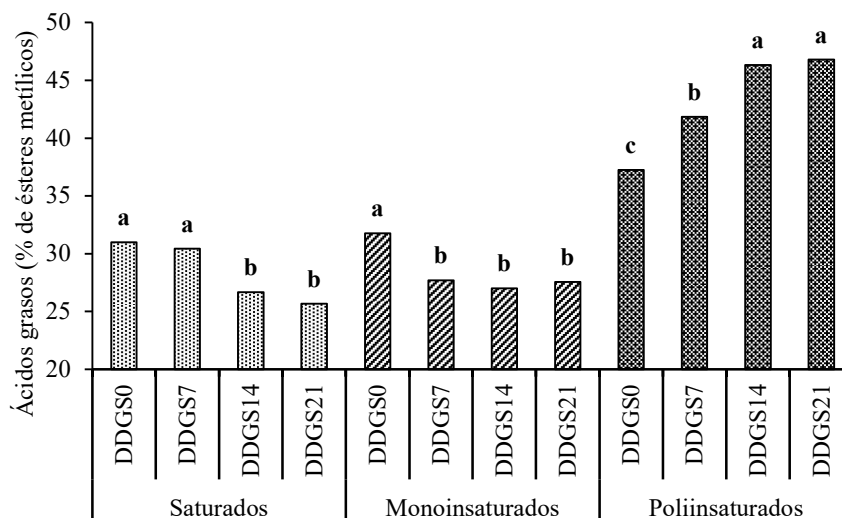


Figura 3.8. Porcentaje de ácidos grasos en el músculo de pechuga expresados como porcentaje de ácidos metílicos.

Barras dentro de un mismo grupo con diferente letra indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,05$).

En el Cuadro 3.20, se presenta el perfil de ácidos grasos de los lípidos del músculo GM (pata). De los 19 ácidos grasos analizados, 10 presentaron diferencias significativas entre los distintos niveles de inclusión de DDGS ($p \leq 0,05$). Las concentraciones de ácido palmítico (C16:0) y palmitoleico (C16:1n-7) disminuyeron en la medida que se incrementó el nivel de inclusión de DDGS en la dieta. Los ácidos mirístico (C14:0), heptadecanoico (C17:0) y eicosatrienoico (C20:3n-6) presentaron un comportamiento similar a los anteriores, pero su porcentaje es muy inferior al 1% del perfil. El porcentaje de ácido oleico (C18:1n-9) tendió a ser menor en los tratamientos con inclusión de DDGS comparados con el tratamiento DDGS0, pero no alcanzó a ser significativo ($p > 0,05$). Por otro lado, en la medida que aumentó el porcentaje de inclusión de DDGS en la dieta se incrementaron significativamente los ácidos grasos linoleico (C18:2n-6) y alfa-linolénico (C18:3n-3). Similares comportamientos presentaron los ácidos araquídico (C20:0) y eicosadienoico (C20:2n-6), pero representan un porcentaje inferior con respecto a los anteriores.

Cuadro 3.20. Perfil de ácidos grasos en músculo *gastrocnemius* (pata) en los distintos tratamientos

Ácidos grasos (% de esteres metílicos)	Tratamientos				EE	p-valor
	DDGS0	DDGS7	DDGS14	DDGS21		
Mirístico (C14:0)	0,48 ^a	0,41 ^b	0,35 ^{bc}	0,33 ^c	0,02	<0,01
Palmítico (C16:0)	20,73 ^a	19,13 ^b	17,13 ^c	16,88 ^c	0,18	<0,01
Heptadecanoico (C17:0)	0,84 ^a	0,74 ^{ab}	0,61 ^{bc}	0,51 ^c	0,06	<0,01
Estearico (C18:0)	7,66 ^b	9,61 ^a	8,70 ^{ab}	7,96 ^b	0,45	0,03
Araquídico (C20:0)	0,03 ^c	0,06 ^b	0,07 ^a	0,08 ^a	0,01	<0,01
Palmitoleico (C16:1n-7)	4,00 ^a	2,52 ^b	2,02 ^c	2,07 ^{bc}	0,17	<0,01
Heptadecenoico (C17:1n-7)	0,48	0,52	0,44	0,38	0,04	0,13
Elaídico (C18:1n-9 <i>trans</i>)	0,27	0,30	0,27	0,27	0,03	0,77
Oleico (C18:1n-9 <i>cis</i>)	26,16	23,37	24,02	23,93	0,72	0,07
Linoleico (C18:2n-6 <i>cis</i>)	29,75 ^c	32,03 ^b	35,84 ^a	37,51 ^a	0,70	<0,01
Gama-linolénico (C18:3n-6)	0,15	0,18	0,18	0,17	0,02	0,77
Alfa-linolénico (C18:3n-3)	2,24 ^b	2,35 ^b	2,64 ^{ab}	2,81 ^a	0,14	0,05
Eicosaenoico (C20:1n-9)	0,10	0,13	0,14	0,14	0,02	0,19
Eicosadienoico (C20:2n-6)	0,38 ^b	0,52 ^a	0,52 ^a	0,54 ^a	0,04	0,05
Eicosatrienoico (C20:3n-6)	0,55 ^{ab}	0,64 ^a	0,50 ^b	0,45 ^b	0,04	0,02
Araquidónico (C20:4n-6)	4,66	5,60	4,92	4,45	0,54	0,49
Eicosapentaenoico (C20:5n-3)	0,08	0,11	0,06	0,08	0,01	0,07
Docosatetraenoico (C22:4n-6)	0,93	1,22	0,98	0,91	0,12	0,25
Docosahexaenoico (C22:6n-3)	0,52	0,57	0,60	0,54	0,07	0,86

Medias en la misma fila con diferente letra difieren significativamente ($p \leq 0,05$). DDGS: burlanda seca de maíz; EE: error estándar.

Al igual que la pechuga, el porcentaje total de AGS y AGMI fue menor en los tratamientos con inclusión de DDGS comparados con el DDGS0 ($p \leq 0,05$), salvo para el porcentaje de AGS en el tratamiento DDGS7 que no se diferenció ($p > 0,05$; Figura 3.9). El porcentaje de AGPI en el perfil de este músculo, fue mayor en la medida que aumentó el nivel de inclusión de DDGS en la dieta.

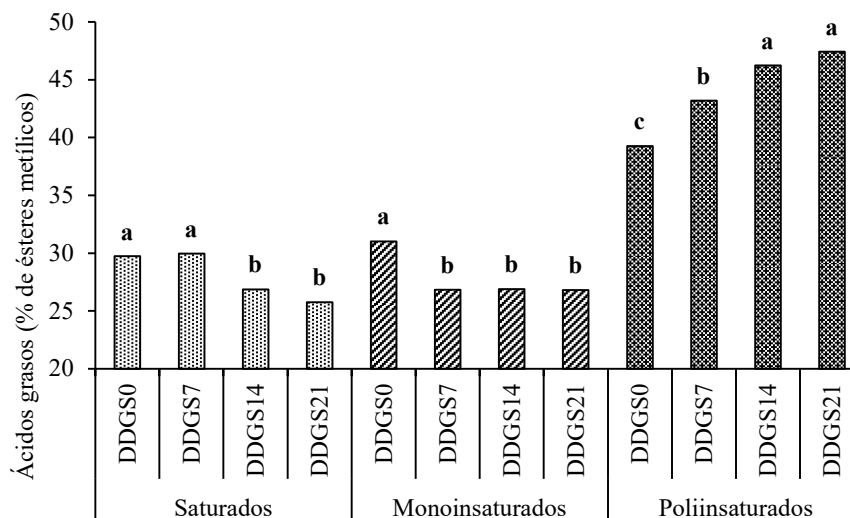


Figura 3.9. Porcentaje de ácidos grasos en el músculo *gastrocnemius*. Barras en un mismo grupo con diferente letra indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,05$).

Tanto para PM como para GM, el contenido relativo en el perfil de ácidos grasos omega 6 (**n-6**) y omega 3 (**n-3**) aumentó en la medida que aumentó el nivel de inclusión de DDGS en la dieta ($p \leq 0,05$; Cuadro 3.21). La relación **n-6/n-3** en PM fue significativamente mayor en los tratamientos con inclusión de DDGS, comparados con el tratamiento DDGS0 ($p \leq 0,05$), no encontrándose diferencias en el músculo GM.

Cuadro 3.21. Porcentaje de ácidos grasos omega 6 y 3 en *pectoralis minor* (pechuga) y *gastrocnemius* (pata)

Ac. Grasos (%)	Tratamientos				EE	p-valor
	DDGS0	DDGS7	DDGS14	DDGS21		
<i>pectoralis minor</i>	n-6	33,84 ^c	38,26 ^b	42,51 ^a	42,94 ^a	0,54 <0,01
	n-3	2,89 ^b	2,94 ^b	3,15 ^{ab}	3,24 ^a	0,09 0,05
	n-6/n-3	11,77 ^b	13,01 ^a	13,55 ^a	13,29 ^a	0,29 <0,01
<i>gastrocnemiu</i>	n-6	36,03 ^c	39,67 ^b	42,41 ^a	43,48 ^a	0,56 <0,01
	n-3	2,84 ^b	3,02 ^b	3,30 ^a	3,42 ^a	0,09 <0,01
	n-6/n-3	12,77	13,13	12,88	12,73	0,37 0,87

Medias en la misma fila con diferente letra difieren significativamente ($p \leq 0,05$). DDGS: burlanda seca de maíz; EE: error estándar.

4. DISCUSIÓN

4.1 Caracterización nutricional y composición de las dietas experimentales

Tanto para MZ como para HS, los resultados de la determinación de energía y el análisis proximal fueron similares a los citados en la bibliografía y en determinaciones previas del grupo (Bonino *et al.*, 1991; Schang *et al.*, 1999; Azcona *et al.*, 2007; Iglesias *et al.*, 2015).

La EMV determinada para el DDGS utilizado en el presente trabajo fue similar a la determinada por otros autores (Fastinger *et al.*, 2006; Parsons *et al.*, 2006). Sin embargo, los valores de EMV publicados para los DDGS, son en su mayoría, corregidos por retención nula de nitrógeno (EMVn), mientras que los determinados para este trabajo no lo fueron. Los animales en crecimiento tienen balance nitrogenado positivo, ya que retienen más nitrógeno del que excretan. Los gallos utilizados en los ensayos de EMV son animales adultos que han pasado por un ayuno, por lo que su balance nitrogenado es negativo en gran parte de la prueba (Muztar y Slinger, 1980). A igual consumo, los valores de EMVn tienden a ser menores que los de EMV, siendo más marcada esta diferencia cuando aumenta el contenido de PB en la materia prima o dieta analizada (Dale y Fuller, 1984). Estos últimos autores encontraron diferencias entre EMV vs EMVn del 5% para cereales como el MZ y de hasta 13,7% para concentrados proteicos como la HS. Esta diferencia es debida principalmente a la reducción de las pérdidas de energía endógena. Tanto los DDGS de MZ, como la HS presentan elevados porcentajes de PB, por lo que es posible que la EMV determinada haya sido sobreestimada. Además, dado que se utilizan animales adultos para estas determinaciones, a la hora de formular para categorías en crecimiento, algunos autores recomiendan reducir arbitrariamente la energía asignada al ingrediente, para tener así un margen de seguridad (Dale y Batal, 2003). Otras limitaciones de esta metodología son el bajo consumo, los prolongados ayunos, las condiciones anormales de digestión y fisiológicas y el cálculo de pérdidas endógenas (Francesh, 2001). A pesar de estas desventajas, la determinación de la EMV por el método propuesto por Sibbald (1976), es el método de referencia, dado su simpleza y resultados de gran relevancia biológica (Schang *et al.* 1982; Sibbald, 1986). Además, permite determinar el valor energético de un ingrediente puro evitando problemas de palatabilidad, y utilizando muestras relativamente pequeñas.

Los coeficientes de EMV/EB de la HS y de los DDGS resultaron similares, siendo el de la HS levemente superior (5,2 puntos porcentuales). A pesar de que los DDGS tienen una mayor EB comparada con la HS y el MZ, su utilización es marcadamente inferior. Esto está relacionado al mayor nivel de FDN (PNA+lignina) de los DDGS, fracción que representa los componentes de la pared celular de las plantas (Widyaratne y Zijlstra, 2007). Los valores de EMV determinados para las dietas experimentales de terminación no presentaron diferencias significativas entre tratamientos, y se correspondieron con el valor de EMV esperado (formulado). Sin embargo, los valores de EMV/EB presentaron diferencias entre tratamientos, evidenciándose un menor índice de utilización a mayor nivel de inclusión de DDGS. Esto estaría relacionado, como se mencionó previamente, por el aumento en la dieta de fracciones de escasa o nula digestibilidad presentes en los DDGS, como por ejemplo los PNA (Widyaratne y Zijlstra, 2007).

El contenido de PB determinado para el DDGS utilizado en el ensayo estuvo por debajo de los valores medios presentados en la bibliografía (Waldroup *et al.*, 2007; Salim *et al.*, 2010; Brunetti *et al.*, 2015; Loy y Lundy, 2019). Sin embargo, este valor se encuentra dentro de la variación esperada para esta materia prima. Algo similar ocurre con el contenido de lípidos, que es menor a la esperada (Waldroup *et al.*, 2007; Salim *et al.*, 2010; Díaz Royón y García, 2012; Brunetti *et al.*, 2015; Loy y Lundy, 2019). Esto se explicaría porque en el proceso de producción del DDGS utilizado, se extrajo un pequeño porcentaje de aceite (aproximadamente un 1% del total del maíz molido). Esta extracción se realiza mediante un proceso físico, utilizando un *tricanter*, que separa el producto en fases, extrayéndose el aceite del jarabe, una vez concentrado.

Los valores de FDN y FDA determinados para el DDGS utilizado en el presente ensayo difirieron de lo determinado por otros autores (Belyea *et al.*, 2010; Brunetti *et al.*, 2015). Si bien esto podría deberse a diferencias en composición del MZ utilizado, o variación en algún proceso de producción, lo más probable es que estas diferencias se deban a la metodología utilizada para la determinación de estos parámetros. Los valores de FDN y FDA varían dependiendo del protocolo experimental utilizado para su determinación analítica (Jaurena *et al.*, 2012). La FDN se determinó según la metodología propuesta por Goering y Van Soest (1970), con agregado de α -amilasa, por lo que el valor absoluto de este parámetro podría ser menor al determinado en otros trabajos. En la presente tesis no se determinó la fibra dietaria (**FD**) para los ingredientes utilizados. Esta expresión de la fibra se está comenzando a utilizar en monogástricos. La

FD total está compuesta por dos fracciones, la soluble y la insoluble, que tienen distintos efectos, negativos y positivos, en el desempeño de las aves (Hetland *et al.*, 2004). Para subproductos del MZ como lo son los DDGS, la FD total se correlaciona muy bien con el valor obtenido de FDN. Esto es así porque la mayoría de la FD del MZ es insoluble, correspondiéndose analíticamente con la fracción de fibra determinada como FDN (Gutiérrez *et al.*, 2014).

En cuanto al contenido y digestibilidad de AA de estos ingredientes. Si bien el contenido de lisina total del DDGS se corresponde con una concentración de más de tres veces con respecto al MZ, la lisina digestible es mucho menor y, por ende, el coeficiente de digestibilidad. Esta es una de las principales limitantes de la utilización de este coproducto en dietas para monogástricos. Lo cual se evidencia al analizar el contenido relativo de ingredientes en las distintas dietas, donde al incrementar el nivel de DDGS, aumentó la cantidad de lisina sintética en la fórmula (Cuadro 3.9). Este valor bajo de digestibilidad de la lisina coincide con lo publicado por otros autores (Parsons *et al.*, 1983; NRC, 1994) donde se analizaron muestras de DDGS provenientes de la industria de las bebidas alcohólicas o con un elevado daño por sobrecalentamiento durante el proceso de secado. El DDGS utilizado provino de una planta de bioetanol moderna, con muchos de sus procesos automatizados, incluido el secado, por lo que el daño por calor tendría que ser menor al de otras plantas. Para este tipo de plantas se esperan valores de digestibilidad para lisina del orden del 70 al 80% (Lumpkins y Batal, 2005; Batal y Dale, 2006). Si bien el daño por exceso de calor afecta la cantidad y disponibilidad de todos los aminoácidos, la lisina es la más afectada, esto debido a la presencia de un grupo amino libre, que reacciona fácilmente con el grupo carboxilo de un azúcar reductor (Nursten, 2005). El contenido y digestibilidad de AA se estimó mediante un equipo NIRS, por lo que los resultados dependen mucho de la curva de calibración usada, cuya calidad está relacionada con el número y diversidad de muestras que se analizaron para su desarrollo (Soto *et al.*, 2013). Esta metodología posee muchas ventajas, como son: rapidez de la determinación sin destruir la muestra, bajo costo y resultados más precisos que otras técnicas indirectas, como, por ejemplo, la regresión con el contenido de PB (Zhou *et al.*, 2012).

Los parámetros resultantes del análisis colorimétrico realizado al DDGS lo ubican como un DDGS de alta calidad, con un bajo grado de daño por sobreprocesado (altas temperaturas) durante el secado ($L^* > 50$). Ergul *et al.* (2003) encontraron correlaciones positivas elevadas entre el parámetro L^* y el porcentaje de lisina

digestible. Sin embargo, esto no se corresponde con la baja digestibilidad de la lisina determinada para el presente trabajo. Otros autores han encontrado poca o nula relación entre el color y el contenido y digestibilidad de la lisina y otros AA (Urriola *et al.*, 2013; Caldas *et al.*, 2020). Esto se podría deber a que el color de los DDGS no se relaciona solo al nivel de daño por calor, sino también a otros factores, como la cantidad de solubles añadidos y la concentración de pigmentos (USGC, 2018).

El análisis de micotoxinas reveló la presencia de 6 de estos compuestos en el DDGS utilizado en el ensayo. Todas las micotoxinas detectadas correspondieron a las producidas por el género *Fusarium sp.*, que afecta a nivel de campo a la mayoría de los cereales cultivados, y en especial al maíz. En la Argentina, este género es el que se encuentra con mayor frecuencia en alimentos con destino para la producción aviar, siendo *Fusarium moniliforme* la especie predominante (Dalcero *et al.*, 1998). Del grupo de los tricotecenos, el deoxinivalenol (DON o vomitoxina), fue una de las micotoxinas que presentó mayores niveles en la muestra analizada. Esto último se corresponde con datos de la bibliografía, ya que es una de las micotoxinas más encontradas en DDGS de otros países como los EUA (Zhang *et al.*; 2009). Además, se encontraron tres de las variantes de fumonisinas (B1, B2 y B3), micotoxina producida principalmente por *Fusarium moniliforme*. Dado los niveles de inclusión de DDGS utilizados en esta experiencia, la concentración de las micotoxinas encontradas estuvo por debajo de los niveles de tolerancia fijados para alimentos completos destinados a pollos de engorde (Gimeno, 2009; Gimeno y Martins, 2011). No se observaron signos relacionados con micotoxicosis a lo largo del ensayo. Como recomendación sobre este punto, el uso de secuestrantes de micotoxinas podría ser una medida precautoria a tener en cuenta, siempre que se utilice DDGS en la dieta. Esto último es de mayor importancia en alimentos pre-iniciadores e iniciadores (categorías de pollos más sensibles).

Los niveles crecientes de DDGS modificaron la proporción de los distintos ingredientes en la PB y los lípidos. Para PB, en la medida que aumentó el nivel de inclusión de DDGS, al ser este un concentrado proteico, reemplazo gran parte de la PB de otras fuentes de mejor valor biológico, por lo que para compensar esto se tuvo que agregar más AA sintéticos a la dieta. En cuanto a lípidos, las principales diferencias se debieron a la menor EMV/EB de los DDGS asociada al elevado contenido de FDN, compensando esta menor utilización de la energía con un mayor agregado de aceite a la dieta, que, sumado al contenido de aceite de los DDGS, hicieron que el contenido absoluto de lípidos de las dietas aumentara a medida que aumentaba el nivel de este

coproducto. Estos cambios podrían incrementar el costo de la dieta, ya que a mayor nivel de inclusión de DDGS mayor agregado de aceite y aminoácidos sintéticos, ingredientes que poseen un elevado costo. Dependiendo el costo relativo del DDGS con respecto a los ingredientes que reemplaza parcialmente (principalmente HS), la inclusión de DDGS puede o no aumentar el costo de la dieta.

4.2 Parámetros zootécnicos

A partir del fin de la fase de crecimiento (28 días), las aves de los tratamientos con DDGS presentaron consumos más elevados que aquellas del tratamiento DDGS0, siendo las diferencias significativas para los niveles de 14 y 21% de inclusión. Este efecto ya fue reportado por Wang *et al.* (2007a), quien especuló que podría deberse a una sobreestimación del contenido de energía, o a la menor densidad aparente del alimento. Al aumentar la inclusión de DDGS en la dieta su densidad aparente baja, disminuyendo indirectamente la relación entre energía y volumen, que afecta el consumo y la conversión (Mraz *et al.*, 1957; Shelton *et al.*, 2005). En el presente estudio, no se encontraron diferencias significativas de EMV entre las distintas dietas experimentales (muestra de alimento terminador), pero si en la EMV/EB de estas, por lo que la relación entre energía y volumen podría haber sido menor en la medida que aumento el nivel de DDGS en la dieta. Además, como fue mencionado anteriormente, se podría especular una sobreestimación de la EMV por no corregir por balance de nitrógeno, principalmente en los ingredientes con mayor contenido de proteína (HS y DDGS). A medida que aumenta el nivel de inclusión de DDGS, la proporción de concentrados proteicos en la dieta se incrementa por lo que es de esperar una mayor sobreestimación de la EMV en estas. Por esto, las dietas con mayor inclusión de DDGS pudieron tener una menor densidad energética con respecto a la del tratamiento DDGS0. En respuesta a una menor energía, los animales compensan aumentando el consumo para cubrir su requerimiento energético (Leeson *et al.*, 1996; Ferket y Gernat, 2006).

Otros autores atribuyen este mayor nivel de consumo a un mayor contenido de PNA (Barekatin *et al.*, 2013; Sonu *et al.*, 2018). Sin embargo, los PNA se componen de distintas fracciones que generan diferentes respuestas en el desempeño de los animales, dependiendo principalmente de su solubilidad y viscosidad (Iji *et al.*, 2001). Los DDGS de MZ poseen una gran proporción de la fracción insoluble de los PNA, esto

debido principalmente al elevado contenido de esta fracción en el MZ (Gutiérrez *et al.*, 2014). Fracciones insolubles, como por ejemplo la celulosa, incrementan el consumo en pollos parrilleros (Shakouri *et al.*, 2006).

Por otra parte, a mayor nivel de inclusión de DDGS en la dieta (21%), disminuye la cantidad de HS, reemplazando hasta 8,81 puntos porcentuales de este ingrediente en la fórmula, comparada con el tratamiento DDGS0. La HS presenta numerosos factores antinutricionales, como por ejemplo inhibidores de proteasas, saponinas, oligosacáridos, etc. (Charriere, 2013; Iglesias *et al.*, 2013), que tienen un efecto negativo sobre el consumo (Ferket y Gernat, 2006). Por esto último, la inclusión de DDGS en las dietas podría incrementar, indirectamente, el nivel de consumo, por disminuir la cantidad de HS en la dieta. Cabe aclarar que la mayoría de los trabajos citados donde se evaluaron niveles crecientes de DDGS, tienen en común el uso de HS de tipo “HiPro” que tiene una menor cantidad de PNA que la utilizada en el presente trabajo, que fue una HS de tipo “LowPro” de origen nacional. La diferencia entre estas dos HS esta relaciona a su proceso de producción. A la HS LowPro se le agrega la “cascarilla” que se retiró en el proceso de descascarado, mientras que a la HiPro no, por lo que el contenido de fibra es menor y el de proteína mayor (Azcona *et al.*, 2012; Cuniberti y Herrero, 2018). Además, dependiendo del país de origen, la HS puede tener distinta concentración de alguno de los factores antinutricionales, como inhibidores de tripsina y oligosacáridos (Thakur y Hurburgh, 2007; González *et al.*, 2009).

Otro punto a tener en cuenta es que durante el proceso de secado del DDGS habría destrucción del fosforo fítico (Martínez Amezcua y Parsons, 2007), lo que podría explicar, en parte, el aumento de consumo observado. Otros factores que podrían influir sobre el consumo son el tamaño de partícula (Liu, 2008) y la tasa de pasaje. Rochell *et al.* (2012) determinaron, utilizando oxido de titanio, la tasa de pasaje de dos dietas a base de MZ y HS, con y sin inclusión de DDGS (5%), no encontrando diferencias para esta variable entre estos tratamientos. Sin embargo, no evaluaron que pasaría con niveles de inclusión mayores, como los del presente trabajo.

Trabajos similares al presente no han reportado diferencias estadísticamente significativas sobre esta variable, si bien se pueden observar diferencias numéricas que evidencian un mayor consumo en dietas con inclusión de DDGS (Choi *et al.*, 2008). Esto podría deberse al rigor estadístico tenido en cuenta en cada ensayo (número de repeticiones por tratamiento, variabilidad entre animales, etc.) que no permitió captar la significancia estadística en esta variable. Por el contrario, otros trabajos han encontrado

diferencias estadísticamente significativas o tendencias a la disminución del consumo con elevadas inclusiones de DDGS en la dieta (Loar *et al.*, 2010; Oryschak *et al.*, 2010; Loar *et al.*, 2012; Kim *et al.* 2018). Estos aseveran que por encima de niveles de 15 a 20% de inclusión de DDGS se afectaría negativamente no solo el consumo, sino también el resto de los parámetros zootécnicos.

Probablemente el efecto de la inclusión de DDGS sobre el nivel de consumo de los pollos parrilleros, observado en este ensayo, tenga que ver no solo con uno de los factores antes mencionados en forma aislada, sino por una interacción entre varios de ellos.

En cuanto a la variable PV, entre los 13 y 35 días, los pollos que consumieron DDGS pesaron más que los del tratamiento DDGS0, manteniéndose esta tendencia hasta los 48 días, pero sin diferencias estadísticamente significativas. El mayor crecimiento alcanzado en los tratamientos con DDGS se explicaría en gran medida por el mayor consumo observado. Shim *et al.* (2011) observaron una respuesta similar, donde los pollos de los tratamientos con inclusión de DDGS pesaron más que los que consumieron una dieta control en base a MZ y HS. Esta respuesta fue significativa en fases de alimentación temprana (iniciador, 18 días), pero a los 42 días no se encontraron diferencias. Ghazalah *et al.* (2012), al reemplazar parte de la HS por DDGS tuvieron una mejora en el PV a los 42 días con niveles de reemplazo de 40%, pero con 60% de reemplazo la performance se redujo. Otros autores han concluido que pollos con mayor grado de desarrollo pueden usar de manera más eficiente dietas con altos niveles de DDGS, por lo que la inclusión de este ingrediente en etapas tempranas repercutiría negativamente en el PV final (Lumpkins *et al.*, 2004; Wang *et al.*, 2008). Cabe recordar que, en el presente ensayo, las dietas experimentales se comenzaron a dar a partir de los 7 días de edad de los pollos, por lo que se pudo haber evitado un efecto negativo de los DDGS en etapas tempranas, que podría haber repercutido negativamente en el peso final de las aves. Además, los pollos de los distintos tratamientos en la primera semana no presentaron diferencias estadísticamente significativas para todos los parámetros zootécnicos, por lo que las diferencias posteriores no se debieron a este período (Cuadro 3.11).

En cuanto a CAA, cuando se incluyó DDGS en la dieta, se observó una mejora en la etapa inicial con respecto al tratamiento sin DDGS y en general, no difirió durante el resto de la experiencia, exceptuando los animales del tratamiento DDGS21 que presentaron peor conversión que el resto de los tratamientos al final de la prueba.

Algunos autores han encontrado peor conversión en pollos alimentados desde el primer día con dietas con elevada inclusión de DDGS, confirmando un efecto negativo de este coproducto en etapas tempranas de crecimiento (Lumpinkas *et al.*, 2004; Loar *et al.*, 2012; Alizadeh *et al.*, 2016). Shim *et al.* (2011) no encontraron diferencias con niveles de hasta 15% de inclusión, aseverando que las diferencias observadas en otros trabajos se debieron a que las dietas se formularon en base a AA totales y no se tuvieron en cuenta los AA digestibles. En el presente trabajo se formuló en base a AA digestibles, por lo que la peor CAA en el tratamiento DDGS21 se podría explicar por la deficiencia marginal de algún aminoácido esencial que no ha sido tenido en cuenta en la formulación, la cual se expresa con altos niveles de inclusión de DDGS (Wang, *et al.*, 2007b).

La CAS tuvo un comportamiento similar a la CAA. El cálculo de esta variable permitió detectar una peor CAS en los pollos de todos los tratamientos a los 42 días. Esta baja en la performance se relacionó a bajas temperaturas que ocurrieron en ese período (ver Anexo), que incrementaron el consumo de las aves en detrimento de la eficiencia de conversión.

La GDPV promedio y la relación P/C tuvieron una respuesta similar, donde los pollos del tratamiento DDGS14 presentaron los valores más altos en estos indicadores, diferenciándose estadísticamente de los del de DDGS0. Estos indicadores están muy influenciados por los antes descritos (PV, consumo y conversión), y de su análisis se desprende que el nivel de inclusión que tuvo una mejor performance en todo el ensayo fue el de 14% de DDGS. Este tratamiento redujo la edad para alcanzar un peso de faena de 2800g en casi un día (0,83 días) menos que el tratamiento DDGS0. Esta respuesta se dio principalmente por un aumento del consumo, que, al no haber cambios en la CAA, repercutió positivamente en el peso de las aves. Siendo este nivel de inclusión similar a los recomendados por varios autores en la bibliografía consultada (Wang *et al.*, 2007a; Wang *et al.*, 2007b; Shim *et al.*, 2011; Foltyn *et al.*, 2013; Min *et al.*, 2015)

4.3 Otros parámetros zootécnicos

En el tratamiento DDGS21 se observó una reducción significativa en el contenido de humedad de excretas respecto del resto de los tratamientos. Algo similar ocurrió con la humedad de cama que presentó los menores valores en los tratamientos DDGS0 y DDGS21. A su vez, los pollos de estos tratamientos fueron los que presentaron menor nivel de PP, teniendo la mayor proporción de nivel A de daño (sin

evidencia de PP) y la menor de nivel C (evidencia de PP). La PP es un problema sanitario que afecta el correcto desempeño de los animales, así como su bienestar (Martland, 1985; Shepherd y Fairchild, 2010), además del daño que se produce a un producto de gran valor comercial para el mercado oriental como lo son las “garras”. La cama húmeda es una de las principales causas de la PP, por lo que los resultados del nivel de daño del presente ensayo son coherentes con los resultados hallados en humedad de cama.

Al aumentar el nivel de inclusión de DDGS en la dieta, bajó la cantidad de HS en esta, por lo que lo esperable sería una baja en el nivel de PP, ya que está demostrado que la HS por su elevado nivel de PNA, oligosacáridos y otros factores antinutricionales, propicia la aparición de estos problemas (Nagaraj *et al.*, 2007; Collett, 2012). Pero esto no ocurrió, y el tratamiento DDGS0, con el mayor nivel de HS fue de los que menor nivel de daño presentó. Los DDGS también poseen gran cantidad de PNA, pero su composición es distinta con respecto a los de la HS. La mayor proporción de PNA en los DDGS corresponde a la fracción insoluble (Gutiérrez *et al.* 2013; Pedersen *et al.*, 2014), mientras que la HS tiene una mayor proporción de la fracción soluble de estos (Choct *et al.*, 2010). La fracción soluble de los PNA es la responsable del incremento de la viscosidad del contenido del tracto gastrointestinal, y de las heces, aumentando la capacidad de retención de agua de estas (Francesch y Brufau, 2004). En cambio, la fracción insoluble de los PNA tendría un efecto opuesto. Dependiendo de la cantidad y la fuente de PNA insolubles en la dieta, el efecto sobre la humedad de excretas es distinto, no necesariamente la humedad de excretas va a disminuir en dietas con agregado de PNA insolubles, sino que a niveles bajos de inclusión se produce el efecto contrario (Mateos *et al.*, 2012; Jiménez Moreno *et al.*, 2016; Jiménez Moreno *et al.*, 2019). Esto podría explicar, en parte, la respuesta observada en el presente ensayo. El mayor consumo puede ser también otra de las causas del aumento de la humedad de excretas, ya que el consumo de agua aumenta proporcionalmente al consumo de MS (Schoorlemmer y Evered, 2002). Con la información generada en el presente ensayo no se pueden precisar las causas que llevaron a las variaciones en la humedad de excretas y cama, y que finalmente afectó la calidad de garras, por lo que será necesaria mayor investigación a futuro sobre este tema.

4.4 Composición corporal y perfil de ácidos grasos

No se registraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados, para los distintos parámetros de composición corporal determinados a los 49 días de vida. Esto coincide con resultados de trabajos similares (Lumpkins, *et al.*, 2004; Shim *et al.*, 2011). Sin embargo, otros autores encontraron diferencias significativas para estas variables, Wang *et al.* (2007a), encontraron un menor rendimiento de carcasa en tratamientos con 15 y 25% de inclusión de DDGS, comparados con una dieta control en base a MZ y HS. Estas diferencias pudieron deberse a que formularon las dietas utilizando una matriz nutricional promedio de varias muestras de DDGS, por lo que se pudo sobrestimar el porcentaje de lisina digestible, que es el aminoácido que está más relacionado con el rendimiento de carcasa y pechuga (Kidd *et al.*, 1998). En un trabajo posterior (Wang *et al.*, 2008b), encontraron una reducción lineal del rendimiento de carcasa y pechuga en la medida que se incrementaba la inclusión de DDGS en la dieta, utilizando niveles de hasta 50% de inclusión de este coproducto. Los resultados de este último trabajo están más relacionados con que las dietas no fueron isoenergéticas, y a medida que aumentó el porcentaje de inclusión de DDGS, la energía de la dieta disminuyó. Tanto el rendimiento de carcasa como el de pechuga, están relacionados con la densidad energética de la dieta, disminuyendo cuando esta es menor (Tang *et al.*, 2007). Anteriormente en la presente discusión, se especuló que se pudo haber sobreestimado la EMV del DDGS, y esto se agrava a medida que aumenta el nivel de DDGS en las dietas, por lo que se esperaría, por lo antes dicho, observar un efecto de los tratamientos sobre los parámetros de composición corporal, sin embargo, esto no ocurrió. La mayoría de los trabajos citados faenó un mayor número de animales por tratamiento, comparado a los faenados para esta tesis, en el cual, por limitaciones en personal y equipamiento, solo se pudo faenar un animal por repetición. Esta podría ser la causa de por qué no se encontraron diferencias en estas variables, que presentan una alta variabilidad, por lo que la cantidad de repeticiones es importante para aumentar la potencia del análisis estadístico.

El perfil de ácidos grasos de los dos tejidos analizados en el presente ensayo (pechuga y la pata), fue similar a lo reportado en la bibliografía para pollos producidos en la Argentina, donde los AGPI y AGMI son los más abundantes, con porcentajes similares, mientras que los AGS están en menor proporción (Gallinger *et al.*, 2016).

Tanto para el músculo PM como el GM, a medida que aumentó el porcentaje de inclusión de DDGS, hubo un aumento significativo del contenido de AGPI en su perfil lipídico. Gran parte de este aumento en los AGPI se debió al aumento del ácido linoleico (C18:2n-6 *cis*) y en menor medida del ácido alfa-linolénico (C18:3n-3). Además, se redujo la proporción de ácidos AGS y AGMI. Estas diferencias se podrían deber al cambio del origen de la energía de la dieta, mientras que en el tratamiento DDGS0 hay una gran proporción de la energía aportada por el almidón del MZ, a medida que se incrementa el nivel de DDGS en la dieta, baja la inclusión de maíz y se debe incrementar el de aceite para compensar la pérdida energética. El origen de la grasa presente en los tejidos de las aves, puede ser exógeno (grasa de la dieta) o endógeno, sintetizados principalmente por el tejido hepático a partir de fuentes glucídicas y en menor medida por el tejido óseo (Tumová y Teimouri, 2010). A consecuencia de esto, en dietas con elevados niveles de AGPI, aumenta el contenido de estos en los tejidos (grasa intramuscular y abdominal), en detrimento del contenido de AGS y AGMI (Tumová y Teimouri, 2010). Los DDGS de MZ poseen un elevado porcentaje de ácido linoleico (C18:2n-6), superando el 50% del perfil, siguiéndole en importancia el ácido oleico (C18:1n-9 *cis*), promediando un 25%, y el palmítico (C16:0) con un 16% (Iglesias, 2010; Díaz Royón y García, 2012). El aceite de soja, presenta un perfil de ácidos grasos similar al del MZ, diferenciándose por un mayor porcentaje de ácido alfa-linolénico (C18:3n-3) que puede llegar al 10% (Iglesias, 2010). Cabe destacar que el ácido linoleico (C18:2n-6) es un AG esencial para las aves, ya que el organismo de estas no lo puede producir (Baiao y Lara, 2005). Resultados similares han sido reportados por otros autores (Corzo *et al.*, 2009; Schilling *et al.*, 2010), estos analizaron el perfil de ácidos grasos de la pata-muslo, de pollos alimentados con una dieta control, en base a MZ y HS, versus dietas con distintos niveles inclusión de DDGS. Ambos trabajos encontraron que, en la medida que aumentó el nivel de inclusión de DDGS en la dieta, hubo un incremento en el porcentaje de ácido linoleico (C18:2n-6) y de AGPI. También encontraron, en los tratamientos con mayores niveles de inclusión de DDGS (18 y 24%), un aumento significativo de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS, por sus siglas en inglés), a los 5 días de almacenamiento a 4°C. Esto último tuvo una alta correlación con el contenido de AGPI. Los TBARS son un probado indicador del nivel de oxidación de los AG en tejidos animales (Cortinas *et al.*, 2005), ya que se correlacionan con los productos de estas reacciones (aldehídos). Todo esto señalaría que el aumento en el porcentaje de AGPI en los tratamientos con elevada

inclusión de DDGS, podría resultar en una disminución de la vida útil de la canal, por un mayor potencial de oxidación de los lípidos del tejido muscular. La rancidez oxidativa se produce debido a la oxidación de los dobles enlaces en los AGMI y AGPI, formando peróxidos o hidroperóxidos que se polimerizan y descomponen produciendo aldehídos, cetonas y AG de bajo peso molecular (Baiao y Lara, 2005). La oxidación sería de mayor importancia en el músculo GM, por el mayor contenido porcentual de grasa intra e intermuscular, con respecto al músculo PM. Para el presente ensayo no se determinó el contenido total de lípidos en los tejidos analizados, por lo que se infiere esto de otros ensayos similares (Iglesias, 2010; Gallinger *et al.*, 2016).

A pesar del efecto negativo del aumento de los AGPI sobre la vida útil de la canal y las características organolépticas de la carne de pollo, estos podrían tener un efecto positivo en la salud de los consumidores. Los AG esenciales, linoleico y alfa-linolénico pertenecen a dos grupos funcionales o familias, los n-6 y n-3, respectivamente. Estas dos familias se diferencian por la posición del primer doble enlace, contando a partir del extremo metilo de la molécula del ácido graso (Yurkanis Bruice, 2008). El consumo de los ácidos grasos n-6 y n-3 debe ser balanceado, ya que un exceso en cualquiera de ellos afecta el metabolismo del otro, por competencia de enzimas comunes, reduciendo su incorporación a los tejidos y alterando sus efectos biológicos (Rodríguez Cruz *et al.*, 2005). El contenido de AG n-6 y n-3 fue mayor para los tratamientos con inclusión de DDGS, comparados con el tratamiento DDGS0, tanto para el perfil de la pechuga como para el de pata. Sin embargo, para la pechuga, el aumento del porcentaje de ácidos n-3 en el perfil, fue de menor magnitud que el aumento de los ácidos n-6. Esto se observa en la relación entre estos ácidos (n-6 y n-3), que fue mayor en los tratamientos con inclusión de DDGS. La proporción óptima en la dieta humana de n-6/n-3 varía de 1:1 a 4:1 (Simopoulos, 2002; 2004). Los resultados de los tratamientos del presente estudio están muy por encima de las recomendaciones para el consumo humano, con relaciones n-6/n-3 por encima de 10:1. Si bien los tratamientos con inclusión de DDGS tuvieron un mayor porcentaje de AG n-3, debido a la mayor inclusión de aceite de soja en estas dietas, el incremento en igual o mayor magnitud de los AG n-6 diluyó este posible efecto beneficioso. Igualmente, a pesar de que se encontraron diferencias estadísticamente significativas, estas son de escasa magnitud para tener un efecto positivo o negativo sobre la salud del consumidor. El principal AG n-3 del perfil fue el ácido alfa-linolénico (18:3n-3), que es un precursor de los AG eicosapentaenoico (EPA; C20:5n-3) y docosahexaenoico (DHA; C22:6n-3), formas

reconocidas como alimentos funcionales con numerosos efectos benéficos para la salud humana (Simopoulos, 2002; 2004).

5. CONCLUSIÓN

De los resultados del presente ensayo se concluye que:

La matriz nutricional del DDGS utilizado en este ensayo no difirió, en gran medida, de la presentada en publicaciones internacionales y locales. Los valores de EMV determinados fueron similares a los presentados en la bibliografía, pero para esta materia prima convendría tener en cuenta realizar la corrección por retención nula de nitrógeno para evitar sobreestimaciones en este parámetro.

El DDGS de maíz es una materia prima muy interesante a incorporar a la matriz de ingredientes utilizada en la Argentina para animales monogástricos, ya que reemplaza a gran parte a los concentrados proteicos derivados de la soja, que presentan factores antinutricionales. Su inclusión tiene efectos positivos como el aumento del CA de las aves, una mayor ganancia de PV y relación P/C que repercuten directamente en una reducción de la edad a faena (2800 g) de hasta casi 1 día. La CAA mejoró en la etapa inicial, y luego en general, no se vio afectada por la inclusión de niveles hasta 21% de DDGS en la dieta.

Para las condiciones de este ensayo, el nivel inclusión de 14% de DDGS en la dieta fue el que presentó el mejor desempeño zootécnico a lo largo de la experiencia. Sin embargo, con el nivel máximo de inclusión no se observó un mal desempeño de las aves, por lo que sería factible utilizar niveles de hasta un 21% de inclusión, siempre y cuando se utilicen aceite y AA sintéticos para compensar la falta de energía y AA en las dietas.

Los efectos sobre la humedad de excretas, humedad de cama y el nivel de pododermatitis plantar dependen del porcentaje de inclusión, encontrándose con 21% de DDGS los valores más bajos. Sin embargo, los resultados no son concluyentes por lo que sería necesario realizar nuevos estudios para un mejor entendimiento de estas variables.

La composición corporal no se vio afectada por los distintos tratamientos. A mayor nivel de inclusión de DDGS, el perfil de ácidos grasos se modificó significativamente, observándose un aumento de los AGPI. Esto podría afectar la vida útil en góndola de la carne de pollo, por lo que sería importante a futuro más estudios sobre este tema.

A modo de síntesis, mientras se formule teniendo en cuenta los aminoácidos digestibles, el DDGS de maíz es un ingrediente con gran potencial de formar parte de las dietas para pollos parrilleros, con grandes ventajas para los sistemas de producción de nuestro país.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AACC International. 1995. Method 08-01.01. Ash-basic method. En Approved Methods of Analysis, 11th Ed. Aprobado 1995. AACC International, St.Paul, MN, USA.
- AACC International. 1995. Method 30-25.01. Crude fat in wheat, corn, and soy flour, feeds, and mixed feeds. En Approved Methods of Analysis, 11th Ed. Aprobado 1995. AACC International, St.Paul, MN, USA.
- AACC International. 1995. Method 32-10.01. Crude fiber in flours, feeds, and feedstuffs. En Approved Methods of Analysis, 11th Ed. Aprobado 1995. AACC International, St.Paul, MN, USA.
- AACC International. 1995. Method 44-16.01. Moisture-air-oven (aluminum-plate) method. En Approved Methods of Analysis, 11th Ed. Aprobado 1995. AACC International, St.Paul, MN, USA.
- AACC International. 1995. Method 46-12.01. Crude protein-Kjeldahl method, boric acid modification. En Approved Methods of Analysis, 11th Ed. Aprobado 1995. AACC International, St.Paul, MN, USA.
- Alizadeh, M.; Rodriguez-Lecompte, J.C.; Rogiewicz, A.; Patterson, R. and Slominski B.A. 2016. Effect of yeast-derived products and distillers dried grains with solubles (DDGS) on growth performance, gut morphology, and gene expression of pattern recognition receptors and cytokines in broiler chickens. *Poultry Science* 95: 507-517.
- AOAC. 1990. Official methods of analysis. Method 975.03: Metal implants (15th ed.). Arlington, VA: The Association of Official Analytical Chemists.
- AOCS. 1997. Official Method Ce 2-66. Preparation of methyl esters of fatty acids. Alternate method for fats and oils. Aprobado 1997. The American Oil Chemists' Society, Urbana, IL, USA.
- Aristizabal Rivera, D.P. 2017. Uso de coproductos de la industria del Etanol en la alimentación animal. Colombia. *Zoociencia* 3(2): 4-14.
- Arroquy, J.; Berruhet, F.; Martínez Ferrer, J.; Pasinato, A. y Brunetti, M. 2014. Uso de subproductos del destilado de granos en bovinos para carne. 5ta Jornada Nacional de Forrajes Conservados. Recopilación de presentaciones técnicas. INTA-EEA Manfredi, Córdoba. Pp 157-188.

- ASTM International. 1987. ASTM Standard D 2015-85. Standard test method for gross calorific value of coal and coke by the adiabatic bomb calorimeter. West Conshohocken, PA, USA. ASTM International.
- Azcona, J.O.; Iglesias, B.F.; Morao, L.R. y Schang, M.J. 2007. Composición de ingredientes argentinos: maíz y soja. I Congreso Argentino de Nutrición Animal, CAENA, Pp 89-96.
- Azcona, J.O.; Iglesias, B.F.; Morao, L. y Charrière, MV. 2012. Inhibidores de tripsina en complejo soja: Relevamiento. Primera Jornada de Calidad Industrial de Soja, Salto (BA). 6 Pp.
- Babcock, B.A.; Hayes, D.J. and Lawrence, J.D. 2008. Using Distillers Grains in the U.S. and International Livestock and Poultry Industries. Midwest Agribusiness Trade Research and Information Center , Iowa State University. 259 pp.
- Baiao, N.C. and Lara, L.J.C. 2005. Oil and fat in broiler nutrition. Brazilian Journal of Poultry Science 7: 129-141.
- Barragán, J.I. 2013. Impacto de la nutrición sobre el coste del pollo. Revista Selecciones Avícolas. [En línea] <https://seleccionesavicolas.com/avicultura/2013/06/impacto-de-la-nutricion-sobre-el-coste-del-pollo>
- Barekatain. M.R.; Antipatis. C.; Choct. M and Iji P.A. 2013. Interaction between protease and xylanase in broiler chicken diets containing sorghum distillers' dried grains with soluble. Animal Feed Science and Technology 182: 71-81.
- Batal A.B. and Dale N.M. 2003. Mineral composition of distillers dried grains with solubles. Journal of Applied Poultry Research 12: 400-403.
- Batal, A.B. and Dale, N.M. 2006. True metabolizable energy and amino acid digestibility of distillers dried grains with solubles. Journal of Applied Poultry Research 15: 89-93.
- Behnke, K.C. 2007. Feed manufacturing considerations for using DDGS in poultry and livestock diets. 5th Mid-Atlantic Nutrition Conference. N. G. Zimmermann (ed.). University of Maryland, College Park, MD, USA. Pp 77-81.
- Belyea, R.L.; Rausch, K.D. and Tumbleson M.E. 2004. Composition of corn and distillers dried grains 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. and Tumbleson, M.E. 2010. Sources of variation in composition of DDGS. Animal Feed Science and Technology 159(3-4): 122-130.

- Bonino, M.; Schang, M.; Azcona, J.O.; Sceglío, O; Terzaghi, A.; Pascual, G. y Lago, C. 1991. Tablas de composición de ingredientes argentinos. *Balancedos Argentinos* 63: 32-70.
- Bothast, R.J. and Schlicher, M.A. 2005. Biotechnological processes for conversion of corn into ethanol. *Applied Microbiology and Biotechnology* 167: 19-25.
- Bragachini, M.A.; Ustarroz, F.; Saavedra, A.E.; Mendez, J.M.; Mathier, D.F.; Bragachini, A.M.; Sosa, N.; Alladio, R.M.; Accoroni, C. y Hennig, H.H. 2017. Evolución del sistema productivo agropecuario argentino. Ediciones INTA. 124 Pp.
- Brun, E.L. and Dudley, J.W. 1989. Breeding potential in the USA and Argentina of corn populations containing different proportions of Flint and dent germplasm. *Crop Science* 29(3): 570.
- Brunetti, M.A.; Frossasco, G. y Martínez Ferrer, J. 2015. Composición química de los granos de destilería. Sitio Argentino de Producción [En línea]. https://www.produccionanimal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/132-Composicion_destileria.pdf. Acceso: 12-feb-2020.
- Caldas, J.V.; Hilton, K.; Mullenix, G.; Xuemei, D.; England, J. and Coon, C. 2020. Corn distillers dried grains with solubles: nutrient analysis, metabolizable energy, and amino acid digestibility in broilers. *Journal of applied poultry research*, 29, 1068-1083.
- Camps, M.; Hernández, F. y Marcos, F. 2008. Los biocombustibles. 2da ed, Colección Energías Renovables. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. 384 Pp.
- Charriere, M.V. 2013. Valor nutricional de la soja y efecto de los inhibidores de tripsina sobre el desempeño de las aves. Carrera De Especialización En Producción Avícola, [Trabajo Final Integrador] Universidad Nacional De Luján. 56 Pp.
- Chrenková, M.; Čerešňáková, Z.; Formelová, Z.; Poláčiková, M.; Mlyneková, Z. and Flak, P. 2012. Chemical and nutritional characteristics of different types of DDGS for ruminants. *Journal of Animal and Feed Sciences* 21: 425-435.
- Chidiak, M.; Rozemberg, R.; Filipello, C.; Affranchino, M. y Rozenwurcel, G. 2012. Sostenibilidad de biocombustibles e indicadores GBEP: Un análisis de su relevancia y aplicabilidad en Argentina. Documento de IDEAS. Buenos Aires: UNSAM. 64 Pp.
- Choct, M.; Dersjant-Li, Y.; McLeish, J. and Peisker, M. 2010. Soy oligosaccharides and soluble non-starch polysaccharides: A review of digestion, nutritive and anti-

- nutritive effects in pigs and poultry. *Asian-Australasian Journal of Animal Science* 23(10): 1386-1398.
- Choi, H.S.; Lee, H.L.; Shin, M.H.; Jo, C.; Lee, S.K. and Lee, B.D. 2008. Nutritive values of corn distiller's dried grains with solubles in broiler diets. *Asian-Australasian Journal of Animal Science* 21: 414-419.
- Ciani, M. 2019. Boletín informativo mensual de biocombustibles y productos relacionados con su elaboración. Dirección de Agro-energía Presidencia de la Nación, Argentina. [En línea]
[https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/bioenergia/informes/_archivos//000003_Informes%20Biocombustibles%202019/190400_Informe%20biocombustibles%20\(Abril%202019\).pdf](https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/bioenergia/informes/_archivos//000003_Informes%20Biocombustibles%202019/190400_Informe%20biocombustibles%20(Abril%202019).pdf). Acceso: 3-nov-2019.
- CICUAE - INTA. 2010. Guía para cuidado y uso de animales de experimentación - versión 1. INTA, Centro de Investigación en Ciencias Veterinarias. Morón: INTA. 90 Pp.
- Cobb. 2012. Guía de manejo del pollo de engorde. Cobb-vantress. 73 Pp.
- Cobb. 2015. Suplemento informativo de rendimiento y nutrición del pollo de engorde. Cobb500. Cobb-vantress. 14 Pp.
- Collett, S.R. 2012. Nutrition and wet litter problems in poultry. *Animal Feed Science and Technology* 173: 65-75.
- Copia, P.A.; Oviedo, M.S.; Benedit, P.; Fernández, M. y Presello D.A. 2014. Rendimiento de etanol a partir de granos de maíz afectados por *Fusarium verticillioides* y acumulación de fumonisinas en los DDGS. Congreso Nacional de Maíz. Rosario, Argentina.
- Cortinas, L; Barroeta, A.; Villaverde, C.; Galobart, J.; Guardiola, F. and Baucells M.D. 2005. Influence of the dietary polyunsaturation level on chicken meat quality: lipid oxidation. *Poultry Science* 84: 48-55.
- Corzo, A.; Schilling, M.W.; Loar, R.E.; Jackson, V.; Kin, S. and Radhakrishnan, V. 2009. The effects of feeding distillers dried grains with solubles on broiler meat quality. *Poultry Science* 88(2): 432-439.
- Cuniberti, M. y Herrero, R. 2018. Problemática de la baja proteína de la soja. En: Informe de Actualización Técnico en línea N° 12 - Septiembre 2018 [En Línea] https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_soja_actualizacion2018.pdf. Acceso: 12-nov-2018.

- Dalcero, A.; Magnoli, C.; Luna, M.; Ancasi, G.; Reynoso, M.M.; Chiacchiera, S.; Miazzi, R. and Palacio G. 1998. Mycoflora and naturally occurring mycotoxins in poultry feeds in Argentina. *Mycopathologia* 141(1): 37-43.
- Dale, N. and Batal, A. 2003. Nutritional value of distillers dried grains and solubles for poultry. In: 19th Annual Carolina Nutrition Conference, Research Triangle, NC. Pp 1-6.
- Dale, N. and Fuller, H.L. 1984. Correlation of protein content of feedstuffs with the magnitude of nitrogen correction in true metabolizable energy determinations. *Poultry Science* 63: 1008-1012.
- DAPP. 2003. N-utrition 2.0. [software de formulación]. Colón, Entre Ríos, Argentina.
- De Blas, C.; Mateos G.G. y Rebollar P.G. 2003. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la formulación de piensos compuestos (2ª ed.). Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid, España. 423 Pp.
- Deluchi, P. 2015. Uso de DDGS de maíz en dietas para pollos parrilleros. V Congreso Argentino de Nutrición Animal, CAENA, Buenos Aires, Argentina. Pp 59-61.
- Díaz-Royón, F. y Garcia, A. 2012. Características de los lípidos en los granos de destilería. *Albéitar* 154: 38-40.
- Di Rienzo, J.A.; Macchiavelli. R.E. y Casanoves, F. 2011. Modelos lineales mixtos: aplicaciones en InfoStat. 1ra. ed. Córdoba: Grupo Infostat, 2011. 193 Pp.
- Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; Gonzalez, L.; Tablada, M. y Robledo, C.W. 2017. [software estadístico]. InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat, FCA, UNC, Córdoba, Argentina.
- Ergul, T.; Martinez Amezuca, C.; Parsons C.M.; B. Walters, B.; Brannon, J. and Noll, S.L. 2003. Amino acid digestibility in corn distillers dried grains with solubles. *Poultry Science* 82(Suppl. 1): 70.
- Fastinger, N.D.; Latshaw, J.D. and Mahan, D.C. 2006. Amino acid availability and true metabolizable energy content of corn distillers dried grains with solubles in adult cecectomized roosters. *Poultry Science* 85(7): 1212-1216.
- FEDNA, 2010. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos (3rd 166 ed.), de Blas, J.C., Mateos, G. G., García, P. y Rebollar, P. (eds). Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, 168 Madrid.

- Ferket, P.R. and Gernat, A.G. 2006. Factors that affect feed intake of meat birds: a review. *International Journal of Poultry Science* 5(10): 905-911.
- Foltyn, M.; Rada, V.; Lichovniková, M. and Dračková, E. 2013. Effect of corn DDGS on broilers performance and meat quality. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* 61(1): 59-64.
- Fontaine, J.; Zimmer, U.; Moughan, P.J., and Rutherford, S.M. 2007. Effect of heat damage in an autoclave on the reactive lysine contents of soy products and corn distillers dried grains with solubles. Use of the results to check on lysine damage in common qualities of these ingredients. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55(26): 10737-10743.
- Francesh, M. 2001. Sistemas para la valoración energética de los alimentos en aves. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 9(1): 35-42.
- Francesh, M. and Brufau, J. 2004. Nutritional factors affecting excreta/litter moisture and quality. *World's Poultry Science Journal* 60: 64-75.
- Gallinger, C.I.; Federico, F.J.; Pighin, D.G.; Cazaux, N.; Trossero, M.; Marsó, A. y Sinesi, C. 2016. Determinación de la composición nutricional de la carne de pollo argentina. *Diaeta* 34(156): 10-18.
- Ganesan, V.; Muthukumarappan, K. and Rosentrater, K.A. 2008. Effect of moisture content and soluble level on the physical, chemical, and flow properties of distillers dried grains with solubles (DDGS). *Cereal Chemistry* 85: 464-470.
- García, J.M. 2018. Record mundial de bioetanol en 2018. [En línea] <https://www.agrodigital.com/wp-content/uploads/2018/07/bioetanol2018.pdf>. Acceso: 3-nov-2019.
- Geard, J. 2006. El cultivo de maíz en Argentina. Serie de Informes Especiales de ILSI Argentina, Vol. II: Maíz y Nutrición. Pp 4-8.
- Ghazalahl, A.A.; Abd-Elsameel, M.O.; Abd El-Hakim, A.S. and Ibrahim, M.M. 2012. Evaluation of using distillers dried grains with solubles (DDGS) in broiler diets. *Egypt Poultry Science* 32(2): 381-397.
- Gimeno, A. 2009. Revisión de las concentraciones máximas tolerables para ciertas micotoxinas. [En línea] <https://www.engormix.com/micotoxinas/articulos/revision-concentraciones-maximas-tolerables-t28031.htm>. Acceso 22-ago-2019.
- Gimeno, A. y Martins, M.L. 2011. Micotoxinas y Micotoxicosis en Animales y Humanos. 3ra ed. Special Nutrients Inc., Miami (FL), USA. 127 pp.

- Goering, H.K. and Van Soest, P.J. 1970. Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures, and some applications). Agriculture Handbook n° 379. Agricultural Research Service, USDA. Washington (DC), USA. 20 pp.
- Goldemberg, J. 2007. Ethanol for a sustainable energy future. *Science* 315(5813): 808-810.
- González, M.; Hermida, M.; Sueiro, S.; Serrano, M.P. y Mateos, G.G. 2009. Estudio comparativo del contenido en azúcares (sacarosa, estaquiosa y rafinosa) de la harina de soja según procedencia. XIII Jornadas sobre Producción Animal 1: 211-213.
- Goñi, S.M. and Salvadori, V.O. 2015. CIELAB color measurement from digital images. CIDCA, CCT-CONICET La Plata - Univ. Nacional de La Plata. 10 Pp.
- Gutierrez, N.A.; Serão, N.V.L.; Kerr, B.J.; Zijlstra, R.T. and Patience J.F. 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): 4505-4517.
- Gutierrez, N.A.; Kerr, B.J. and Patience J.F. 2013. Effect of insoluble-low fermentable fiber from corn-ethanol distillation origin on energy, fiber, and amino acid digestibility, hindgut degradability of fiber, and growth performance of pigs. *Journal of Animal Science* 91(11): 5314-5325.
- Hetland, H.; Choct, M and Svihus, B. 2004. Role of insoluble non-starch polysaccharides in poultry nutrition. *World's Poultry Science Journal* 60: 415-422.
- Iglesias, B.F. 2010. Efecto de Diferentes Procesos Aplicados a la Semilla de Chía sobre la Producción de Carne de Pollo Enriquecida en Ácidos Grasos Omega-3. Tesis para optar por el título de Doctor en Cs. Veterinarias. UNLP. 247 Pp.
- Iglesias, B.F.; Azcona, J.O y Charriere, M.V. 2013. Inhibidores de tripsina: Sus efectos sobre el desempeño de pollos parrilleros. *Agroindustria* 31(127):19-23.
- Iglesias, B.F.; Azcona, J.O.; Schang, M.J. y Charriere, M.V. 2015. Avances en la caracterización nutricional de maíz y soja. V Congreso Argentino de Nutrición Animal, CAENA, Buenos Aires, Argentina. Pp 52-56.
- Iji, P.A.; Saki, A.A. and Tivey, D.R. 2001. Intestinal development and body growth of broiler chicks on diets supplemented with non-starch polysaccharides. *Animal Feed Science and Technology* 89: 175-188.

- Jaurena, G.; Wawrzekiewicz, M. y Colombatto, D. 2012. Propuesta de terminología para los reportes de laboratorios de nutrición animal. Nota Técnica. Revista Argentina de Producción Animal 32: 135-147.
- Jiang, W; Nie, S.; Qu, Z.; Bi, C. and Shan, A. 2014. The effects of conjugated linoleic acid on growth performance, carcass traits, meat quality, antioxidant capacity, and fatty acid composition of broilers fed corn dried distillers grains with solubles. Poultry Science 93: 1202-1210.
- Jiménez-Moreno, E.; de Coca-Sinova, A.; González-Alvarado, J.M. and Mateos, G.G. 2016. Inclusion of insoluble fiber sources in mash or pellet diets for young broilers. 1. Effects on growth performance and water intake. Poultry Science 95(1): 41-52.
- Jiménez-Moreno, E.; González-Alvarado, J.M.; de Coca-Sinova, A.; Lázaro, R.P.; Cámara, L. and Mateos, G.G. 2019. Insoluble fiber sources in mash or pellets diets for young broilers. 2. Effects on gastrointestinal tract development and nutrient digestibility. Poultry Science 98(6): 2531-2547.
- Kerr, B.J. and Shurson, G.C. 2013. Strategies to improve fiber utilization in swine. Journal of Animal Science and Biotechnology 4: 11.
- Kidd, M.T.; Kerr, B.J.; Halpin, K.M.; McWard, G.W. and Quarles, C.L. 1998. Lysine levels in starter and grower-finisher diets affect broiler performance and carcass traits. The Journal of Applied Poultry Research 7(4): 351-358.
- Kim, J.S.; Hosseindoust, A.R.; Shim, Y.H.; Lee, S.H.; Choi, Y.H.; Kim, M.J.; Oh S.M.; Ham, H.B.; Kumar A and Chae, B.J. 2018. Processing diets containing corn distillers' dried grains with solubles in growing broiler chickens: effects on performance, pellet quality, ileal amino acids digestibility, and intestinal microbiota. Poultry Science 97(7): 2411-2418.
- Leeson, S.; Caston, L. and Summers, J.D. 1996. Broiler response to diet energy. Poultry Science 75: 529-535.
- Liu, K. 2008. Particle size distribution of distillers dried grains with solubles (DDGS) and relationships to compositional and color properties. Bioresource Technology 99: 8421-8428.
- Loar, R.E.; Moritz, J.S.; Donaldson, J.R. and Corzo, A. 2010. Effects of feeding distillers dried grains with solubles to broilers from 0 to 28 days posthatch on broiler performance, feed manufacturing efficiency, and selected intestinal characteristics. Poultry Science 89: 2242-2250.

- Loar, R.E.; Donaldson, J.R. and Corzo, A. 2012. Effects of feeding distillers dried grains with solubles to broilers from 0 to 42 days posthatch on broiler performance, carcass characteristics, and selected intestinal characteristics. *Journal of Applied Poultry Research* 21: 48-62.
- Loy, D.D. and Lundy E.L. 2019. Chapter 23 - Nutritional properties and feeding value of corn and its coproducts. In: *Corn*. 3rd ed. Serna-Saldivar, S.O. (Ed.), AACC International Press. Woodhead Publishing, Duxford, UK. Pp 633-659.
- Lukaszewicz, E. and Kowalczyk, A. 2014. Slaughter yield and breast meat quality of chicken broilers in relation to sex and level of dietary maize distillers dried grains with solubles (DDGS). *Revue de Médecine Vétérinaire* 165(5-6): 176-182.
- Lumpkins, B.S. and Batal, A.B. 2005. The bioavailability of lysine and phosphorus in distillers dried grains with solubles. *Poultry Science* 84: 581-586.
- Lumpkins, B.S.; Batal, A.B. and Dale, N.M. 2004. Evaluation of distillers dried grains with solubles as a feed ingredient for broilers. *Poultry Science* 83(11): 1891-1896.
- Mair G y Beczkowski G. 2019. Boletín Avícola – Anuario 2018. Ministerio de Agroindustria. Año XXI n° 81. 18 Pp.
- Martínez Amezcua, C. and Parsons, C.M. 2007. Effect of increased heat processing and particle size on phosphorus bioavailability in corn distillers dried grains with solubles. *Poultry Science* 86(2): 331-337.
- Martland M.F. 1985. Ulcerative dermatitis in broiler chickens: The effects of wet litter. *Avian Pathology* 14: 353-364.
- Mateos, G.G.; Jiménez-Moreno, E.; Serrano, M.P. and Lázaro, R.P. 2012. Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics. *The Journal of Applied Poultry Research* 21(1): 156-174.
- Min, Y.N.; Li, L.L.; Liu, S.K.; Zhang, J.; Gao, Y.P. and Liu, F.Z. 2015. Effects of dietary distillers dried grains with solubles (DDGS) on growth performance, oxidative stress, and immune function in broiler chickens. *The Journal of Applied Poultry Research* 24(1): 23-29.
- MINAGRI. 2020. Boletín Avícola, anuario 2019. Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca. Año XXII n° 82. 23 Pp. [EN LINEA]:
[https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/aves/informes/boletines/_archivos//000082_Nro%2082%20Abril%202020%20\(Anuario%202019\).pdf](https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/aves/informes/boletines/_archivos//000082_Nro%2082%20Abril%202020%20(Anuario%202019).pdf)

- Mraz, F.R.; Boucher, R.V. and McCartney, M.G. 1957. The Influence of the energy:volume ratio on growth response in chickens. Poultry Science Association, Annual Meeting, Cornell University, Ithaca, N.Y. Pp 1217-1221.
- Muztar A.J. and Slinger S.J. 1980. An evaluation of the nitrogen correction in the true metabolizable energy assay. Poultry Science 60: 835-839.
- Nagaraj, M.; Wilson, C.A.P.; Hess, J.B. and Bilgili, S.F. 2007. Effect of high-protein and all-vegetable diets on the incidence and severity of pododermatitis in broiler chickens. The Journal of Applied Poultry Research 16(3): 304-312.
- NRC - National Research Council. 1994. Nutrient requirements of poultry (9th rev. ed.) National Academic Press. Washington, DC. 176 Pp.
- Noll, S.E.; Parsons, C.M. and Dozier III, W.A. 2007. Formulating poultry diets with DDGS—How far can we go. 5th Mid-Atlantic Nutrition Conference. N. G. Zimmermann (ed.). University of Maryland, College Park, MD, USA. Pp 91-99.
- Nursten H. 2005. The Maillard reaction. Chemistry, biochemistry, and implications. Royal Society of Chemistry. Cambridge, United Kingdom. 208 Pp.
- OCDE/FAO - Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos/Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2017. Biocombustibles. En OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2017-2026, Éditions OCDE, París, Francia. Pp 130-132.
- Oryschak, M.; Korver, D.; Zuidhof, M.; Meng, X. and Beltranena, E. 2010. Comparative feeding value of extruded and nonextruded wheat and corn distillers dried grains with solubles for broilers. Poultry Science 89: 2183-2196.
- Parsons, C.M.; Baker, D.H. and Harter, J.M. 1983. Distillers dried grains with solubles as a protein source for the chick. Poultry Science 62(12): 2445-2451.
- Parsons, C.M.; Martinez, C.; Singh, V.; Radhadkrishman, S. and Noll, S. 2006. Nutritional value of conventional and modified DDGS for poultry. Proc. Multi-State Poult. Nutr. Feeding Conf. Indianapolis IN. 8 Pp.
- Pedersen, M.B.; Dalsgaard, S.; Bach Knudsen, K.E.; Yua, S. and Lærke, H.N. 2014. Compositional profile and variation of Distillers Dried Grains with Solubles from various origins with focus on non-starch polysaccharides. Animal Feed Science and Technology 197: 130-141.
- R Core Team. 2013. R: A language and environment for statistical. Viena, Austria. 201 Pp.

- Rochell, S.J.; Applegate T.J.; Kim, E.J and Dozier III, W.A. 2012. Effects of diet type and ingredient composition on rate of passage and apparent ileal amino acid digestibility in broiler chicks. *Poultry Science* 91: 1647-1653.
- Rodríguez Cruz, M.; Tovar, A.R; Del Prado, M. y Torres N. 2005. Mecanismos moleculares de acción de los ácidos grasos poliinsaturados y sus beneficios en la salud. *Revista de Investigación Clínica* 57(3): 457-472.
- Salim, H.M.; Kruk, Z.A. and Lee, B.D. 2010. Nutritive value of corn distillers dried grains with solubles as an ingredient of poultry diets: A review. *World's Poultry Science Journal* 66: 411-432.
- Schang, M.J.; Sibbald, I.R. and Hamilton, R.M.G. 1982. Comparison of two direct bioassays using young chicks and two internal indicators for estimating the metabolizable energy content of feeding stuffs. *Poultry Science*. 62: 117-124.
- Schang, M.; Azcona, J.O.; Sceglio, O.; Borrás, F.; Rodríguez, S. y Yanigro, S. 1999. Tabla de composición de ingredientes argentinos. *Jornadas de Nutrición y Genética de Aves de Producción*. Facultad de Ciencias Veterinarias, UBA, Buenos Aires, Argentina.
- Schilling, M.W.; Battula, V.; Loar, R.E.; Jackson, V.; Kin, S. and Corzo, A. 2010. Dietary inclusion level effects of distillers dried grains with solubles on broiler meat quality. *Poultry Science* 89(4): 752-760.
- Schoorlemmer, G.H.M. and Evered, M.D. 2002. Reduced feeding during water deprivation depends on hydration of the gut. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 283(5): R1061-R1069.
- Schuck Paula Beatriz. 2019. Sistema de costeo por procesos para la empresa Granjas Carnave. Trabajo Final de Graduación Contador Público. Universidad siglo 21. 151 Pp.
- Shakouri, M.D.; Kermanshahi, H. and Mohsenzadeh, M. 2006. Effect of different non starch polysaccharides in semi purified diets on performance and intestinal microflora of young broiler chickens. *International Journal of Poultry Science* 5: 557-561.
- Shalash, S.M.M.; Ali, M.N.; Sayed, M.A.M.; El-Gabry, H.E. and Shabaan M. 2009. Novel method for improving the utilization of corn dried distillers grains with solubles in broiler diets. *International Journal of Poultry Science* 8(6): 545-552.

- Shelton, J.L.; Dean, D.W.; Southern, L.L. and Bidner, T.D. 2005. Effect of protein and energy sources and bulk density of diets on growth performance of chicks. *Poultry Science* 84: 1547-1554.
- Shepherd, E.M. and Fairchild, B.D. 2010. Footpad dermatitis in poultry. *Poultry Science*, 89(10): 2043-2051.
- Shim Y.; Pesti G.M.; Bakalli R.I.; Tillman P.B. and Payne R.L. 2011. Evaluation of corn distillers dried grains with solubles as an alternative ingredient for broilers. *Poultry Science* 90: 369-376.
- Simopoulos, A.P. 2002. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomedicine and Pharmacotherapy* 56: 365-379.
- Simopoulos, A.P. 2004. Omega-6/Omega-3 essential fatty acid ratio and chronic diseases. *Food Reviews International* 20(1): 77-90.
- Sibbald IR. 1976. A bioassay for true metabolizable energy in feeding stuffs. *Poultry Science* 55: 303-308.
- Sibbald IR. 1986. The TME system of feed evaluation: methodology, feed composition data and bibliography. Research Branch, Agriculture Canada. 114 Pp.
- Sonatti, F. 2017. Producción Avícola en Argentina. Revista MOTIVAR. Edición N° 174. [En Línea] <https://motiviar.com.ar/2017/06/produccion-avicola-en-argentina/>
- Sonu; Sihag, Z.S.; Ahlawat, P.K. and Dalal R. 2018. Effect of replacement of soybean meal with DDGS on the performance and digestibility of broilers supplemented with phytase enzyme. *The Pharma Innovation Journal* 7(5): 159-163.
- Soto, C.; Avila, E; Arce, J.; Rosas, F. and McIntyre, D. 2013. Evaluation of different strategies for broiler feed formulation using near infrared reflectance spectroscopy as a source of information for determination of amino acids and metabolizable energy. *The Journal of Applied Poultry Research* 22(4): 730-737.
- St. James, C. 2009. La Argentina y los biocombustibles de segunda y tercera generación. Cámara Argentina de Energías Renovables. [En línea] <http://ecaths1.s3.amazonaws.com/ctsfacena/466622368.BiocombustiblesGeneraciones.pdf>.
- Świątkiewicz, S. and Koreleski, J. 2008. The use of distillers dried grains with solubles (DDGS) in poultry nutrition. *World's Poultry Science Journal* 64(2): 257-266.
- Tang, M.Y.; Ma, Q.G.; Chen, X.D. and Ji, C. 2007. Effects of dietary metabolizable energy and lysine on carcass characteristics and meat quality in Arbor Acres broilers. *Asian-Australasian Journal of Animal Science* 20: 1865-1873.

- Thakur, M. and Hurburgh, C.R. 2007. Quality of US soybean meal compared to the quality of soybean meal from other origins. *Journal of American Oil Chemistry Society* 84: 835-843.
- Tumová, E. and Teimouri, A. 2010. Fat deposition in the broiler chicken: A review. *Scientia Agriculturae Bohemica* 41(2): 121-128.
- Urbanchuk, J.M. 2018. Contribution of the Ethanol Industry to the Economy of the United States in 2017. ABF Economics – Agriculture and BioFuels Consulting LLP. Doylestown (PA) USA. 16 Pp.
- Urriola, P.E.; Johnston, L.J.; Stein, H.H.; and Shurson, G.C. 2013. Prediction of the concentration of standardized ileal digestible amino acids in distillers dried grains with solubles. *Journal of Animal Science*. 91:4389-4396.
- U.S. Grains Council. 2012. A guide to distiller's dried grains with solubles (DDGS). 3rd ed. U. S. Grains Council, Washington (DC), USA. 406 Pp.
- U.S. Grains Council. 2018. 4th Revised Edition of the U.S. Grains Council DDGS User Handbook – Precision DDGS Nutrition. 375Pp.
- Van Soest, P.J. 1963. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. 2. A rapid method for the determination of fiber and lignin. *Journal of the Association of Official Agricultural Chemists* 46: 829-835.
- Waldroup, P.W.; Owen, J.A.; Ramsey, B.E. and Welchel, D.L. 1981. The use of high levels of distillers dried grains plus solubles in broiler diets. *Poultry Science* 60(7): 1479-1484.
- Waldroup, P.W.; Wang, Z.; Coto, C.; Cerrate, S. and Yan, F. 2007. Development of a standardized nutrient matrix for corn distillers dried grains with solubles. *International Journal of Poultry Science* 6(7): 478-483.
- Wang, Z.; Cerrate, S.; Coto, C.; Yan, F. and Waldroup, P.W. 2007a. Utilization of distillers dried grains with solubles (DDGS) in broiler diets using a standardized nutrient matrix. *International Journal of Poultry Science* 6(7): 470-477.
- Wang, Z.; Cerrate, S.; Coto, C.; Yan, F. and Waldroup, P.W. 2007b. Use of constant or increasing levels of distillers dried grains with solubles (DDGS) in broiler diets. *International Journal of Poultry Science* 6(7): 501-507.
- Wang, Z.; Cerrate, S.; Coto, C.; Yan, F.; Costa, F.P.; Abdel-Maksoud, A. and Waldroup, P.W. 2008a. Evaluation of corn distillers dried grains with solubles in broiler diets formulated to be isocaloric at industry energy levels or formulated to

- optimum density with constant 1% fat. *International Journal of Poultry Science* 7(7): 630-637.
- Wang, Z.; Cerrate, S.; Coto, C.; Yan, F. and Waldroup, P.W. 2008. Evaluation of high levels of distillers dried grains with solubles (DDGS) in broiler diets. *International Journal of Poultry Science* 7(10): 990-996.
- Welfare Quality project office. 2009. Welfare quality network. Retrieved 07 01, 2017, from Welfare Quality Network. [En Línea]
http://www.welfarequalitynetwork.net/download_attachment/45627/21652/Poultry%20Protocol.pdf . Acceso 04-jun-2018.
- Widyaratne, G. and Zijlstra, R. 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: 103-104.
- Yurkanis Bruice, P. 2008. *Química orgánica*. 5ta ed. Pearson Educación, México. 1448 Pp.
- Zhang, Y.; Caupert, J.; Imerman, P.M.; Richard, J.L. and Shurson, G.C. 2009. The occurrence and concentration of mycotoxins in U.S. distillers dried grains with solubles. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57: 9828-9837.
- Zhou, L.J.; Zhang, L.Y.; Zhang, E.X.; Li, J.T.; Yang, W.J. and Wang, ZY. 2012. Rapid determination of swine available energy and amino acids in corn distillers dried grains with solubles by near-infrared reflectance spectroscopy. *Animal Feed Science and Technology* 175: 198-202.

7 ANEXO

7.1 Temperatura y humedad relativa durante la prueba de crecimiento

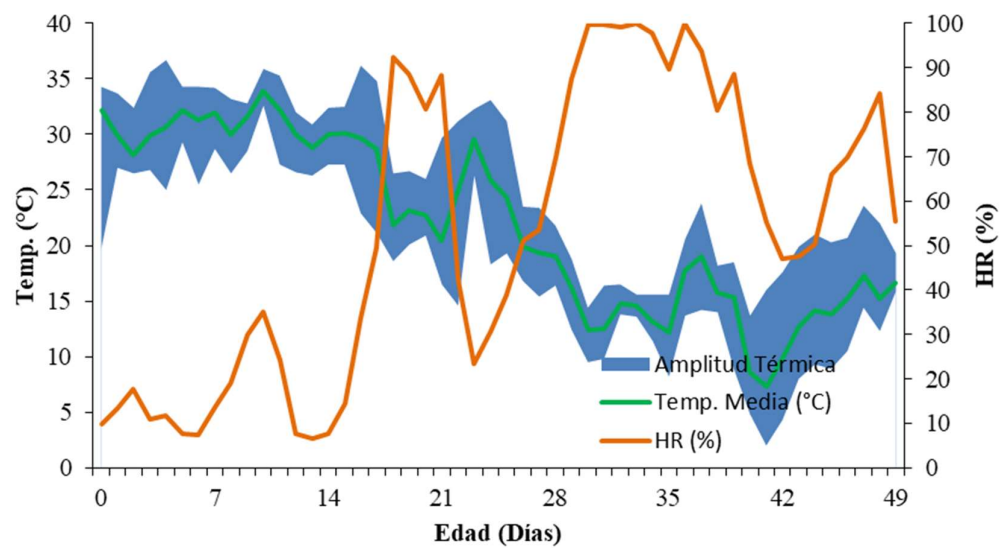


Figura 7.1. Registro de las condiciones ambientales del galpón experimental durante el presente ensayo (temperatura media, amplitud térmica y humedad relativa (HR))