



Universidad Nacional de Río Cuarto

Facultad de Agronomía y Veterinaria

Tesis para acceder al Título de Doctor en Ciencia,

Tecnología e Innovación Agropecuaria.

**“USO DE BURLANDA SECA EN LA ALIMENTACIÓN**

**DE**

**POLLOS DE CARNE”**

Doctorando: **Magíster Med. Vet. Armando Jesús Nilson**

**DIRECTOR : Dr. Raúl Daniel Miazzo. UNRC**

**CO-DIRECTORA : Dra. Cristina Amorim Ribeiro de Lima. UFRRJ.**

**Doctorado Binacional en Ciencia, Tecnología e Innovación Agropecuaria.**

**Universidad Nacional de Río Cuarto - Universidad Federal Rural de Río de Janeiro**

**Argentina-Brasil**

**2021**

**COMISIÓN ASESORA Y JURADO**

**Dr. Julián Melo:** .....

**Dr. Javier Aguilar:** .....

**MSc. Gabriel Mallo:** .....

**Director de Tesis:**

**Dr. Raúl D. Miazzo- UNRC** .....

**Co-Directora de Tesis:**

**Dra. Cristina Lim- UFRRJ:** .....

**DEFENSA ORAL Y PÚBLICA:**

**LUGAR Y FECHA:**.....Río Cuarto 12 de Agosto de 2021.....

**CALIFICACIÓN:**.....Sobresaliente 10 (diez).....

## **Agradecimientos:**

- + A Dios por iluminarme el camino.
- + A la **UNRC** por brindarme la oportunidad de formarme y crecer profesionalmente.
- + A la Facultad de Agronomía y Veterinaria, en la que continuo aprendiendo hace más de 20 años.
- + A mi Director el Dr. Raúl Miazso por su confianza, paciencia y su generosa guía.
- + A mi Co-Directora la Dra. Cristina Lima por su apoyo y confianza a pesar de la distancia. Por su generosa hospitalidad en mi estancia en la **UFRRJ**.
- + A Bioetanol Río Cuarto S.A. (**Bio 4**) por apoyar el desarrollo de la investigación con impacto regional, especialmente al Ing. Marcelo Otero por su predisposición y confianza.
- + A mi esposa María José y mis hijas, Cecilia y Juliana, por su apoyo, fe y ayuda durante todos estos años de aprendizaje.
- + A la Dra. Peralta por su compañerismo y ayuda en el desarrollo de los ensayos de investigación.
- + Al Dr. Mauro Homem Antunes por su acompañamiento y amistad.
- + A mis colegas del Instituto de Zootecnia de la UFRRJ; Felipe Dielis, Leonardo Wiliam, Debora Quaresma, Noédson Beltrao y Juan Palomino, quienes me ayudaron y enseñaron durante mi estancia en la UFRRJ.
- + A la Licenciada M. J. Berdullo, por sus importantes aportes durante la escritura de la Tesis.
- + A los integrantes de la comisión de tesis por los importantes aportes y sugerencias realizadas durante la escritura de esta Tesis.

## INDICE

<b>Índice de Tablas</b> -----	<b>7</b>
<b>Índice de Figuras</b> -----	<b>9</b>
<b>Resumen</b> -----	<b>11</b>
<b>Summary</b> -----	<b>13</b>
<b>Resumen en Portugués</b> -----	<b>15</b>
<b>Abreviaturas</b> -----	<b>17</b>
<b>Recursos Financieros</b> -----	<b>20</b>
<b>Capítulo 1- Introducción</b> -----	<b>21</b>
<b>1.1 Generalidades</b> -----	<b>22</b>
<b>1.2 Producción de Etanol y tipos de subproductos</b> -----	<b>28</b>
<b>1.2.1 Características nutricionales de los subproductos</b> -----	<b>31</b>
<b>1.3 Uso de Burlanda seca en la producción de pollos de carne</b> -----	<b>37</b>
<b>1.4 Los DDGS en la alimentación de pollos de carne y su evaluación         nutricional</b> -----	<b>45</b>
<b>1.5 Rendimiento y composición de la canal</b> -----	<b>55</b>
<b>Capítulo 2- Hipótesis y Objetivos</b> -----	<b>59</b>
<b>2.1 Hipótesis</b> -----	<b>60</b>
<b>2.2 Objetivos Generales</b> -----	<b>60</b>

<b>2.2.1 Objetivos específicos</b> -----	<b>60</b>
<b>Capítulo 3- Materiales y Métodos</b> -----	<b>62</b>
<b>3.1 Instalaciones</b> -----	<b>63</b>
<b>3.1.1 Aves</b> -----	<b>64</b>
<b>3.1.2 Raciones Utilizadas</b> -----	<b>65</b>
<b>3.1.3 Parámetros Evaluados</b> -----	<b>67</b>
<b>3.1.4 Sacrificio y despiece de las aves</b> -----	<b>68</b>
<b>3.1.5 Análisis estadísticos de los datos</b> -----	<b>68</b>
<b>3.2 Primer Experimento</b> -----	<b>69</b>
<b>3.2.1 Aves y diseño experimental</b> -----	<b>69</b>
<b>3.2.2 Dietas experimentales</b> -----	<b>71</b>
<b>3.3 Segundo experimento</b> -----	<b>75</b>
<b>3.3.1 Aves y diseño experimental</b> -----	<b>75</b>
<b>3.3.2 Dietas experimentales</b> -----	<b>77</b>
<b>3.4 Tercer experimento</b> -----	<b>79</b>
<b>3.4.1. Diseño experimental</b> -----	<b>81</b>
<b>3.5 Cuarto experimento</b> -----	<b>86</b>
<b>3.5.1 Aves y diseño experimental</b> -----	<b>86</b>

<b>3.5.2 Tratamientos y dietas experimentales-----</b>	<b>88</b>
<b>Capítulo 4- Resultados y Discusión-----</b>	<b>93</b>
<b>4.1 Resultados-----</b>	<b>94</b>
<b>4.1.1 Evaluación de dos niveles superiores de inclusión de Burlanda seca (15% y 30%), en raciones de pollo de carne y su efecto en la performance productiva y calidad de la canal-----</b>	<b>94</b>
<b>4.1.2 Evaluación de dos niveles inferiores de inclusión de Burlanda seca (10% y 20%), en raciones de pollo de carne y su efecto en la performance productiva y calidad de la canal-----</b>	<b>98</b>
<b>4.1.3 Determinación de los valores de energía metabolizable aparente en Burlanda seca-----</b>	<b>101</b>
<b>4.1.4 Efectos al variar los niveles de inclusión y los valores de EMA en la matriz nutricional de la Burlanda seca, sobre la performance productiva y calidad de la canal-----</b>	<b>103</b>
<b>4.2 Discusión-----</b>	<b>105</b>
<b>4.2.1 Inclusión de Burlanda seca a niveles superiores (15% y 30%) ---- -----</b>	<b>105</b>
<b>4.2.2 Inclusión de Burlanda seca a niveles inferiores (10% y 20%) ---- -----</b>	<b>109</b>
<b>4.2.3 Ensayo de determinación de EMA en Burlanda seca-----</b>	<b>112</b>
<b>4.2.4 Variaciones en los niveles de inclusión y valores nutricionales----- -----</b>	<b>113</b>

**Capítulo 5- Conclusiones-----122**

**Referencias Bibliográficas-----124**

## INDICE DE TABLAS

Tabla	página
1. Determinaciones de EMA y EMV promedio en DDGS de maíz, en especies de aves de corral informadas por diferentes autores.-----	32
2. Composición Nutricional de la Burlanda Seca (DDGS), adaptada de FEDNA 2012.-----	66
3. Composición porcentual y Análisis proximal estimado de las dietas iniciadoras, (TC, T1 y T2) utilizadas durante el primer experimento.-----	72
4. Composición porcentual y Análisis proximal estimado de las dietas Terminadoras de los diferentes tratamientos (TC, T1 y T2), utilizadas durante el primer experimento.-----	73
5. Composición del Núcleo Vitamínico-Mineral (N-VM) incorporado en las raciones de todos los experimentos realizados y Dosificación según categoría de ración.-----	74
6. Composición porcentual y análisis proximal de las Dietas iniciadoras utilizadas durante el segundo experimento.-----	77
7. Composición porcentual y análisis proximal de las Dietas terminadoras utilizadas durante el segundo experimento.-----	78
8. Composición porcentual y análisis proximal de la Dieta Preiniciadora consumida durante los primeros 13 días de vida de los pollitos.-----	80
9. Composición porcentual y análisis proximal de la ración de referencia – T1- consumida por los pollitos durante el ensayo de metabolismo.---	83
10. Matrices nutricionales utilizadas en el Experimento N° 4.-----	89

11. Composición porcentual y análisis proximal de las Dietas Preiniciadoras utilizadas en los diferentes tratamientos del experimento N° 4.-----90
12. Composición porcentual y análisis proximal de las Dietas Iniciadoras utilizadas en los diferentes tratamientos del experimento N° 4.-----91
13. Composición porcentual y análisis proximal de las Dietas Terminadoras utilizadas en los diferentes tratamientos del experimento N° 4.-----92
14. Indicadores Productivos y de Calidad de la Canal de dos niveles superiores de inclusión de Burlanda seca. (Primer experimento).-----96
15. Indicadores Productivos y de Calidad de la Canal de dos niveles inferiores de inclusión de Burlanda seca. (Segundo experimento).----99
16. Indicadores Productivos y de Calidad de la Canal en Tratamientos con diferentes niveles de incorporación de Burlanda y considerando las correcciones de la Matriz Nutricional para esta materia prima.-----104

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>página</b>
1. Representación Sistémica de repercusiones y respuestas de los sistemas alimentarios, agrícolas y energéticos, en relación a la producción de biocombustibles.-----	24
2. Materias primas y procesos para la producción de etanol y biodiesel----- -----	29
3. Vista exterior de la Unidad de Investigación Aviar. Cátedra de Producción Avícola. Departamento de Producción Animal. FAV-UNRC-----	63
4. Vista interior de la Unidad de Investigación Aviar. Cátedra de Producción Avícola. Departamento de Producción Animal. FAV-UNRC-----	64
5. Esquema del Diseño experimental del primer ensayo-----	71
6. Esquema del Diseño experimental del segundo ensayo-----	76
7. Jaulas metabólicas de la Unidad de Ambiente Controlado. UIA. Dpto Producción Animal. FAV- UNRC-----	81
8. Jaulas metabólicas de la Unidad de Ambiente Controlado. FAV. UNRC-----	82
9. Muestras de excretas secas previo a la molienda-----	84
10. Esquema del Diseño experimental del cuarto experimento-----	87
11. Evolución del peso vivo promedio, durante el período experimental, de los diferentes Tratamientos al variar los niveles de inclusión de Burlanda. (Primer experimento)-----	97

12. Evolución del peso vivo promedio, durante el período experimental, de los diferentes Tratamientos al variar los niveles de inclusión de Burlanda. (Segundo experimento) -----	100
13. Evolución del Peso Vivo promedio, según los días de vida, de los diferentes Tratamientos con 10% de inclusión de Burlanda, con diferentes matrices.-----	115
14. Evolución del peso vivo promedio de los diferentes Tratamientos con 10% de inclusión de Burlanda, con diferentes matrices. -----	118
15. Comparación en la evolución de los pesos semanales de los cuatro tratamientos durante el período experimental-----	120
16. Efecto del nivel de inclusión de Burlanda sobre el índice de conversión alimenticia-----	121

## RESUMEN

En un contexto actual de transformación de las matrices energéticas de la región Sur de la Provincia de Córdoba, emergen nuevas alternativas para aumentar la eficiencia del uso de los recursos para la producción animal. La generación de biocombustibles a partir de la fermentación del maíz está originando subproductos, como la Burlanda seca, que deben ser evaluados como materias primas para la elaboración de alimentos balanceados en las condiciones locales. Es importante poder generar información actualizada y adaptada a los contextos regionales sobre las posibilidades de uso la Burlanda, más allá de los abundantes datos aportados por investigaciones de otras partes del mundo. Los DDGS han sido utilizados por la producción avícola como parte de la elaboración de los alimentos balanceados con diferentes resultados. El objetivo principal de este trabajo ha sido evaluar diferentes niveles de inclusión de Burlanda seca en la alimentación de los pollos de carne y sus efectos en los parámetros productivos y la calidad de la canal. Para ello se diseñaron cuatro experimentos. En todos los ensayos se utilizaron pollos machos de líneas comerciales. Los mismos fueron alojados en la UIA de la FAV-UNRC, en condiciones adecuadas de temperatura y ventilación, siendo la alimentación *ad libitum*. El primer experimento se diseñó para analizar niveles superiores de inclusión (15%-30% DDGS). El segundo, para evaluar el efecto de niveles inferiores de incorporación (10%-20% DDGS) en las raciones. Luego se determinó la EMA de los DDGS en jaulas metabólicas, a fin de contrastar los aportes teóricos según la bibliografía y los reales. Finalmente, el cuarto experimento evaluó diferentes niveles de incorporación de DDGS (10% y 20%) con correcciones de las matrices nutricionales. Los resultados obtenidos indicaron que niveles de inclusión de DDGS mayores al 20% deterioraron las variables productivas (CA-PV-GMD-CMD) y la calidad de la canal (PP-PM-R%-PGA). También se lograron corregir las matrices de la Burlanda a partir del ensayo en jaulas metabólicas, bajando el aporte de EMA real en 500 Kcal/kg en comparación con la información obtenida de la bibliografía consultada. Una vez corregidas las matrices se observó, en el último ensayo, una mejor performance productiva y de calidad de la canal en las aves de esos tratamientos en relación a las dietas formuladas con los aportes teóricos de EMA de los DDGS. Es por esto, que los niveles de inclusión de DDGS no deberían superar el 20% para mantener óptimos los parámetros productivos y de calidad de

la canal. Por otro lado, la corrección de las matrices de DDGS mostró una sobreestimación teórica de los aportes de energía, que deben tenerse en cuenta para la formulación correcta de las raciones de pollos de carne. La corrección de los niveles EMA mejoró la respuesta de los parámetros productivos de las aves que consumieron dietas con matrices de Burlanda corregidas. También se observó una mejora, en relación al peso de la pechuga y de los muslos.

El uso de Burlanda seca en la alimentación de pollos de engorde, con un nivel de inclusión de entre un 15% al 20%, mostró los mejores resultados, de acuerdo a los estándares de performance productiva y de calidad de la canal estudiados. En este punto es importante considerar que no solo el porcentaje de inclusión es influyente, si no que la valoración nutricional tiene un efecto relevante.

**Palabras Clave:** Nutrición- Pollos de Carne- Burlanda- DDGS- Nivel de inclusión.

## SUMMARY

In the actual context of energetic matrix transformation on the south of the province of Cordoba, new alternatives emerge to increase the efficiency of the use of animal production resources. The generation of biofuels from the corn's fermentation is originating subproducts, like DDGS, that must be evaluated as raw materials for the elaboration of balanced meals on the local conditions. It is important to be able to generate updated information and adapted to the regional context about the possibilities of the use of DDGS, beyond the plenty of data given by investigations from around the world. The DDGS have been used by avian production as a part of the elaboration of the balanced meals with different results. The main objective of this work was to evaluate different levels of inclusion of DDGS on the alimentation (feed) of broilers and their effects on the productive parameters and the carcass quality. For that, there were designed four experiments. All the essays used male broilers from commercial lines. All of them were hosted in the UIA of the FAV-UNRC, on proper condition of temperature and ventilation, and the feeding being *ad libitum*. The first experiment was designed to analyze the effect of higher incorporation levels (15%-30% DDGS). The second, to evaluate the effects of lower incorporation levels (10%-20% DDGS) on the rations. Then, the EMA of the DDGS was determined on metabolic cages, to contrast theoretical inputs according to the bibliography and the real inputs. Finally, the fourth experiment evaluated different levels of DDGS incorporation (10% and 20%) with nutritional matrix corrections. The obtained results showed that the DDGS inclusion levels higher than 20% spoiled the productive variables (CA-PV-GMD-CMD) and the carcass quality (PP-PM-R%-PGA). Also, the DDGS matrixes from the metabolic cages essay were corrected, lowering the real EMA input on 500 Kcal/kg compared to the data obtained on the consulted bibliography. Once the matrixes were corrected it was observed, on the last essay, a better productive performance and carcass quality on the birds of those treatments compared to the diets formulated with the theoretical input of EMA on the DDGS. That's why, DDGS inclusion levels should not surpass the 20% to keep optimum productive parameters and carcass quality. On the other side, the DDGS matrix correction showed a theoretical overestimation of the energy input, that must be considered for the right formulation of broiler chickens rations. The correction of the EMA levels improved the answer to the avian productive parameters that consumed diets using corrected DDGS matrix. It also showed an improvement, on the weight of the breast and the thigh.

The use of DDGS on the feeding of broilers, with an inclusion level between 15% and 20%, showed the best results, according to the standard productive performance and the studied carcass quality. At this point, it is important to consider that not only the inclusion percentage is influential, but the nutritional assessment has a relevant effect.

**Key words:** Nutrition – broiler chicken – DDGS – Inclusion level.

## RESUMEN en PORTUGUÊS

No atual contexto de transformação das matrizes energéticas da região sul da Província de Córdoba, novas alternativas estão surgindo para aumentar a eficiência do uso dos recursos para a produção animal. A geração de biocombustíveis a partir da fermentação do milho está dando origem a subprodutos, como o Burlanda Seca, que devem ser avaliados como matéria-prima para a produção de alimentos balanceados nas condições locais. É importante poder gerar informações atualizadas e adaptadas aos contextos regionais sobre as possibilidades de uso do Burlanda, além dos abundantes dados fornecidos por pesquisas de outras partes do mundo. DDGS tem sido usado pela produção avícola como parte da fabricação de rações com resultados diferentes. O principal objetivo deste trabalho foi avaliar diferentes níveis de inclusão de Burlanda seco na alimentação de frangos de corte e seus efeitos sobre os parâmetros produtivos e a qualidade da carcaça. Para isso, foram elaborados quatro experimentos. Frangos machos de linhagens comerciais foram usados em todos os ensaios. Eles foram alojados na UIA da FAV-UNRC, em condições adequadas de temperatura e ventilação, sendo a alimentação à vontade. O primeiro experimento foi projetado para analisar níveis mais elevados de inclusão (15% -30% DDGS). A segunda, para avaliar o efeito de menores níveis de incorporação (10% -20% DDGS) nas rações. Em seguida, foi determinada a EMA de DDGS em gaiolas metabólicas, a fim de contrastar as contribuições teóricas conforme a bibliografia e as reais. Por fim, o quarto experimento avaliou diferentes níveis de incorporação de DDGS (10% e 20%) com correções das matrizes nutricionais. Os resultados obtidos indicaram que níveis de inclusão de DDGS maiores que 20% deterioraram as variáveis produtivas (CA-PV-GMD-CMD) e a qualidade da carcaça (PP-PM-R% -PGA). Também foi possível corrigir as matrizes de Burlanda a partir do teste em gaiolas metabólicas, baixando a contribuição real da EMA em 500 Kcal / kg face à informação obtida na bibliografia consultada. Uma vez corrigidas as matrizes, no último experimento, observou-se um melhor desempenho produtivo e qualidade de carcaça nas aves desses tratamentos em relação às dietas formuladas com os aportes teóricos de EMA de DDGS. Por esse motivo, os níveis de inclusão de DDGS não devem ultrapassar 20% para manter os parâmetros de produção e a qualidade ideais da carcaça. Por outro lado, a correção das matrizes DDGS mostrou uma superestimativa teórica dos aportes energéticos,

que deve ser considerada para a correta formulação das rações para frangos de corte. A correção dos níveis de EMA melhorou a resposta dos parâmetros produtivos das aves que consumiram dietas com matrizes de Burlanda corrigidas. Também foi observada melhora, em relação ao peso do peito e coxas. O uso de Burlanda seco na alimentação de frangos de corte, com nível de inclusão entre 15% a 20%, apresentou os melhores resultados, de acordo com os padrões de desempenho produtivo e qualidade da carcaça estudados. Nesse ponto é importante considerar que não só o percentual de inclusão é influente, mas também o nível nutricional tem efeito relevante.

## **ABREVIATURAS**

AA: Aminoácidos.

AF: Aflatoxinas.

BAC: Box de ambiente controlado.

BS: Burlanda seca.

CA: Conversión Alimenticia

CDS: Solubles de destilerías condensados.

CMD: Consumo medio diario.

CoEdI: Comité de Ética de la Investigación.

DDGS: Granos secos de destilería con solubles.

DDG: Granos secos de destilería.

DON: Deoxinivalenol.

EE: Extracto etéreo.

EM: Energía metabolizable.

EMAn: Energía metabolizable aparente corregida por nitrógeno.

EMA: Energía metabolizable aparente.

EMV: Energía metabolizable verdadera.

EMVn: Energía metabolizable verdadera corregida por nitrógeno.

FAV: Facultad de Agronomía y Veterinaria.

FBs: Fumonisinás.

FDA: Fibra detergente ácido.

FDN : Fibra Detergente Neutro.

FEDNA: Fundación española de nutrición animal.

GB: Grasa bruta.

GMD: Ganancia media diaria.

IP: Índice de peróxidos

JM: Jaulas metabólicas.

MDA: malondialdehído.

MS: Materia Seca.

NRC: National Reserarch Council

PB: Proteína bruta.

PC: Peso de la canal

PGA: Peso de la grasa abdominal.

PM: Peso del muslo.

PNA: Polisacáridos no amiláceos.

PP: Peso de la Pechuga

PV: Peso vivo.

RC: Rendimiento de la canal.

SENASA : Servicio Nacional de Sanidad Agroalimentaria

TBARS: Sustancias reactivas del ácido tiobarbitúrico.

UIA: Unidad de Investigación Aviar.

UNRC: Universidad Nacional de Río Cuarto.

USA: Estados Unidos de América.

UE: Unión Europea.

WDG: Granos húmedos de destilería.

WDGS: Granos húmedos de destilería con solubles.

ZEN: Zeralenona

## **RECURSOS FINANCIEROS:**

Subsidios del proyecto: SECYT-UNRC dirigido por el Dr. Raúl Miazzo. DNI: 13060705. PROYECTO GC: Levadura de cerveza (*S. cerevisiae*), asociada a aminoácidos, naturales o sintéticos, y vitaminas en la alimentación de parrilleros

Convenio entre la UNRC-FAV y Bioetanol Río Cuarto BIO4 S.A. que de acuerdo al protocolo de trabajo con el Dr. Miazzo y el Mag. Nilson como directores técnicos por parte de la UNRC y , que aportó la Burlanda seca y el maíz para la ejecución de todos los ensayos.

## **CAPÍTULO 1:**

### **INTRODUCCIÓN.**

## 1.1 GENERALIDADES:

Las nuevas tecnologías, aplicadas a la producción de combustibles y la necesidad por encontrar fuentes de energía alternativas al petróleo han generado innovaciones, a partir de recursos biológicos.

La producción de biocombustibles, cuya una de sus materias primas es el maíz, se ha desarrollado en Estados Unidos (USA) durante el siglo pasado, destinando una parte de la producción de este cereal, a su industrialización, para la producción de energía. Este cambio de paradigma, a partir del cual un alimento es destinado a producir combustibles generó diversas posiciones políticas, éticas y económicas, que abrieron una nueva etapa en la utilización del maíz. Uno de los destinos de esos nuevos usos de este cereal es la generación de alcohol que se incorpora a los cortes de combustibles, en cierto porcentaje, acorde a las normativas de cada país. En Argentina todavía se ha logrado alcanzar el porcentaje admitido (12%) con la producción local de etanol, derivado del maíz y otras fuentes (FAO, 2012).

En función de estos avances científico-tecnológicos, la Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC), emplazada en el centro del país, donde la actividad agroindustrial ha tenido un desarrollo pujante en los últimos años, debe posicionarse, además, como alternativa de generación de conocimiento. La posición geopolítica, distancia a los principales puertos del país, trazado del corredor bioceánico y polos agroindustriales en la Provincia de Córdoba, pone a la UNRC en un lugar estratégico a la hora de aportar conocimientos de impronta regional con proyección internacional.

La producción de maíz en la zona central de país genera materia prima que puede ser convertida en proteína animal y energía. Es importante destacar que la interfase entre estas transformaciones es motivo de esta investigación.

Más del 70% del maíz producido en la Provincia de Córdoba no es procesado ni se le otorga valor agregado localmente. Las iniciativas productivas para transformar el grano en proteína animal o energía son una alternativa para multiplicar puestos de trabajo y desarrollo económico de la región. Acompañar estas innovaciones de manera sustentable y en un marco ético ambiental claro, para poner a disposición

otros usos de los subproductos derivados del maíz, da una nueva perspectiva a la generación del conocimiento.

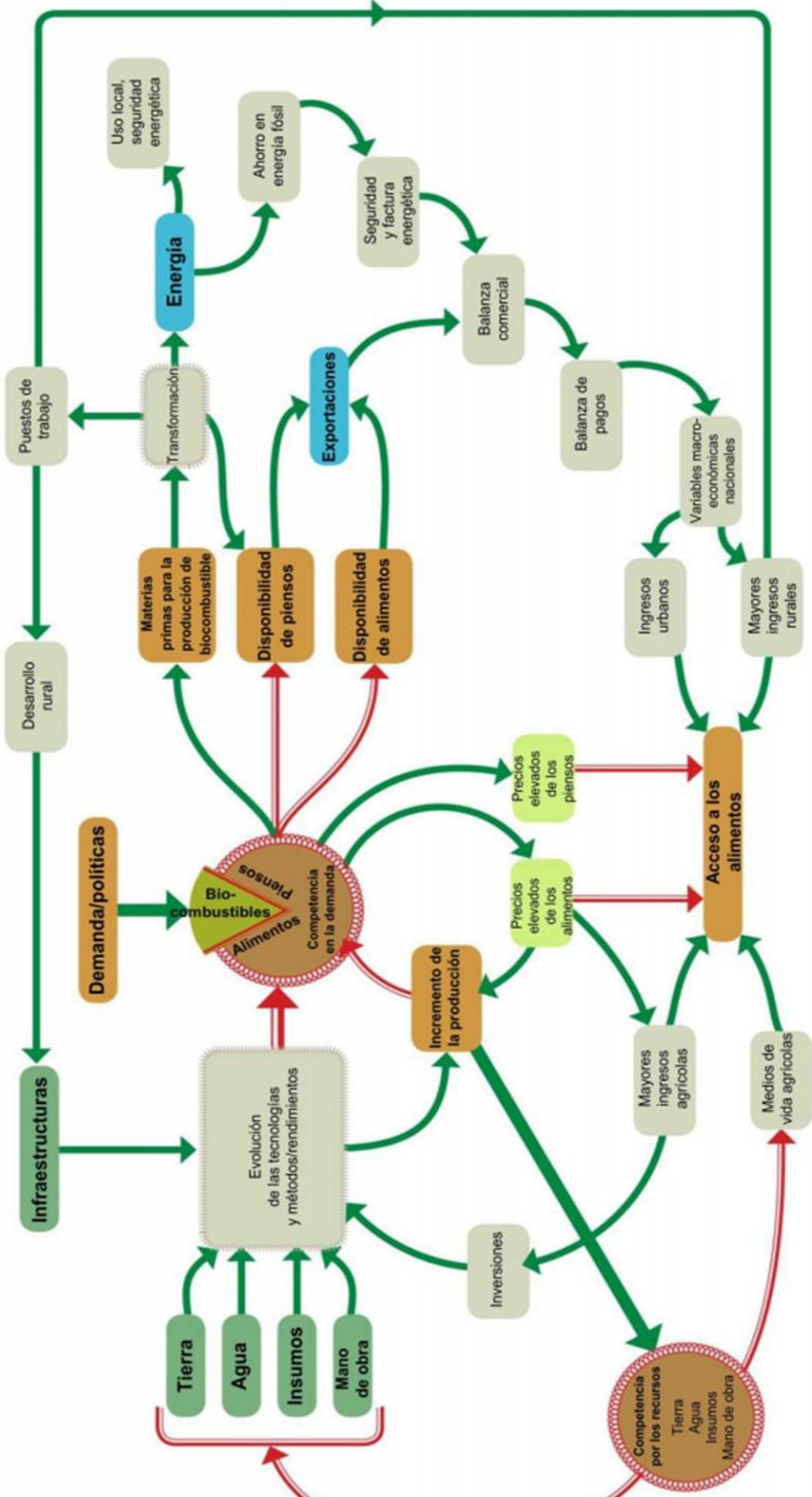
Resulta muy interesante analizar el esquema de la representación sistémica de la Figura N°1. Aquí los recursos naturales, las Demandas/Políticas, el acceso a los alimentos y la generación de energía juegan un rol central en la descripción de los distintos efectos (tanto positivos como negativos) de este sistema (HLPE, 2013).

El grado en que la promoción de los biocombustibles entra en competencia con la producción alimentaria y los consiguientes problemas que ello concita, en cuanto a la seguridad alimentaria, dependen de diversos factores:

- La elección de la materia prima.
- Los recursos naturales necesarios (prioritariamente el agua y la tierra).
- La eficiencia relativa de las diferentes materias primas (emisiones de gases de efecto invernadero, el rendimiento o el costo).
- Las tecnologías de elaboración adoptadas.

En este análisis de sistemas se observa como se comienza con la adopción de políticas o la demanda de biocombustible, que desencadena una mayor competencia respecto a los productos, lo cual se traduce a su vez en una serie de efectos. En primer lugar en el sistema de producción, por el aumento de la competencia por los recursos. Posteriormente en los hogares, tanto rurales como no rurales y finalmente en el desarrollo rural y la economía nacional. De todas formas en este análisis no se hace una distinción entre la magnitud de los distintos efectos, ni entre las repercusiones a largo y a corto plazo (HLPE, 2013).

Figura N° 1. Representación Sistémica de repercusiones y respuestas de los sistemas alimentarios, agrícolas y energéticos, en relación a la producción de biocombustibles.



Las cuestiones relativas a la competencia entre la producción de biocombustibles y de alimentos han sido motivo de gran preocupación, dado el uso desmesurado de cultivos alimentarios y forrajeros para la obtención de etanol y biodiésel. En el marco de las iniciativas de investigación sobre las tecnologías, se examinan una amplia gama de opciones para hacer frente a los factores enumerados anteriormente, con el fin de reducir al mínimo la posible competencia entre la producción de biocombustibles y de alimentos. Se ha analizado, asimismo, la situación actual del debate sobre estas cuestiones, así como el tiempo necesario para la adopción comercial de los diferentes procesos tecnológicos propuestos (FAO, 2012).

El apoyo al uso de biocombustibles ha suscitado controversias a medida que se han ido realizando estudios en los que se establecía un vínculo entre su rápido crecimiento y el alza de los precios de los alimentos. Se cuestionaba su capacidad de reemplazar a los combustibles fósiles y de reducir las emisiones de los agentes contaminantes señalando, asimismo, su posible contribución al monocultivo y a la deforestación (Wagstrom y Hill., 2012 y Lagi et al., 2011).

En las publicaciones científicas de los últimos años, se sigue examinando el balance energético neto de los biocombustibles, su contribución neta a la mitigación del cambio climático (especialmente cuando se tienen en cuenta los posibles efectos sobre el cambio del uso de la tierra y la pérdida de las existencias de carbono). Se analiza la asociación directa e indirecta de los biocombustibles con la deforestación o la destrucción de pastizales (Van Renssen, 2011 y EEA, 2011).

También, el uso de subproductos de biocombustibles como ingredientes alternativos en las dietas de aves y cerdos, ha sido evaluado en relación al uso del agua en los cultivos tanto de maíz como de soja (Benavides et al., 2020)

En la Unión Europea, teniendo en cuenta las restricciones en relación con otros combustibles alternativos, los biocombustibles adquirieron una importancia creciente dentro de la categoría de fuentes de energía renovable. Con respecto al transporte se convirtió en un tema central. Por esta razón, y a diferencia del Brasil y los Estados Unidos, el objetivo de la lucha contra el cambio climático fijado a raíz de los compromisos de Kyoto (Directiva europea sobre biocarburantes de 2003) fue un motor adicional inicial en la Unión Europea (UE) (además de la diversificación del suministro

energético y la búsqueda de nuevas salidas para el sector agrícola). Por ello, la política de la UE sobre biocombustibles es más global, además de ser muy sensible a las preocupaciones ambientales, que también se reflejan en las posiciones de la sociedad civil (Harvey y Pilgrim, 2011).

Para la producción de biocombustible se necesitan tierras, excepto cuando se obtienen a partir de residuos y desechos agrícolas; compite por lo tanto, por la tierra con otras actividades agrícolas, como la producción de formas alternativas de bioenergía, otras actividades económicas, como la urbanización por ejemplo. Existen cada vez más tensiones en relación al cumplimiento de objetivos ambientales, especialmente la protección de la biodiversidad y la retención de carbono (Searchinger et al., 2008).

Hay tres cuestiones básicas por las que las consideraciones sobre la utilización de la tierra y el cambio del uso de la misma son un factor clave en la disyuntiva entre los biocombustibles y la seguridad alimentaria.

En primer lugar, ¿hasta qué punto la disponibilidad de tierras supone una limitación para el desarrollo de los biocombustibles y para garantizar la seguridad alimentaria mundial?. En segunda instancia, ¿en qué medida fueron las adquisiciones de tierras a gran escala impulsadas por los planes de expansión de los biocombustibles?. Y por último, también reviste una gran importancia para la seguridad alimentaria la cuestión ampliamente debatida sobre el “cambio directo e indirecto del uso de la tierra”. Esto se planteó a raíz de la evaluación sobre la contribución de las políticas sobre biocombustibles a la mitigación del cambio climático, puesto que ello puede ocurrir a expensas de la producción de alimentos (Fargione et al., 2008 y Mitchell., 2008).

El debate sobre la disponibilidad de tierras, se orienta en gran medida, hacia la reflexión prospectiva sobre el tipo de tierra necesaria para producir una determinada cantidad de biocombustibles. Frente a la tierra “disponible” a nivel mundial se debe tener en cuenta la necesidad de aumentar la producción de alimentos para satisfacer una demanda creciente. Las respuestas a estas cuestiones se basan en hipótesis formuladas desde el punto de vista del rendimiento (de los cultivos o los biocombustibles) y en la información sobre la disponibilidad de tierras (FAO, 2012).

Los biocombustibles y la bioenergía en general compiten por la tierra y el agua con la producción de alimentos. La experiencia demuestra que esta competencia rara vez puede evitarse totalmente. En el concepto de “tierra disponible” a menudo no se tienen en cuenta los distintos sistemas de producción de cultivos, que por lo general son esenciales para garantizar la seguridad alimentaria de las poblaciones locales. En cuanto a la producción agrícola, el rendimiento de las materias primas y la eficiencia de la tecnología son cruciales para utilizar más adecuadamente las tierras y reducir la necesidad de cultivar más tierras. Para ello, es preciso realizar más estudios de investigación y, en concreto, estas actividades han de adaptarse a las necesidades y posibilidades de los países menos adelantados y de las comunidades locales (FAO, 2013).

En la Argentina la producción de animales para consumo se ha caracterizado por los altos niveles en cuanto a la ganadería bovina, pero en los últimos 20 años las producciones avícola y porcina han tomado relevancia. El consumo interno de la carne de pollo y de cerdo ha estado aumentando de manera permanente superándose año a año, también generando excedentes para la exportación. Esto último posibilitó la apertura de mercados debido al alto nivel sanitario y a la excelente calidad de la carne producida (SENASA, 2018)

Los sistemas de producción intensivos ponen especial atención sobre la alimentación del ganado, ya que una gran parte de los costos se explican por este rubro. La eficiencia en la conversión alimenticia, los sistemas de alimentación, el control de calidad, uso de aditivos alimentarios, entre otros, son parte de los diferentes recursos utilizados para hacer un sistema más rentable y eficiente. El uso de materias primas diferentes, de buen valor nutricional pero de menor valor económico, va generando la necesidad de explorar nuevas estrategias y combinación de ingredientes para lograr buenos resultados.

El maíz (*Zea mays*), es el cereal base para la elaboración de alimentos balanceados para las aves a nivel mundial. Este está compuesto por un 11% de germen, un 6% de pericarpio y un 83% de endospermo, la mitad del cual es de tipo vítreo. Este cereal se caracteriza por su alto contenido en grasa, que se acumula en el germen en forma de cuerpos grasos en el interior de la célula. También de almidón, que se almacena en gránulos homogéneos, de unas 20 micras, de forma poliédrica en el

endospermo vítreo y esférica en el endospermo harinoso. La relación entre amilosa y amilopectina es de 25:75, aunque se han encontrado variedades mutantes de maíz denominadas ceras prácticamente desprovistas de amilosa y otras con hasta un 70% de amilosa (Hoseney, 1991).

La fracción fibrosa es reducida, entre 8% y 9% de FDN (fibra detergente neutro) y se concentra en el salvado. Está constituida principalmente de celulosa con un grado de lignificación muy bajo, por lo que la digestibilidad de la fibra es superior en el maíz que en el resto de los cereales. Su contenido de polisacáridos no amiláceos (PNA) es reducido, especialmente en el caso de los beta-glucanos que son prácticamente inexistentes. Sin embargo los niveles de proteína son bajos (7-9% aproximadamente), que además no está bien equilibrada, siendo deficitario en lisina y triptófano (FEDNA, 1999).

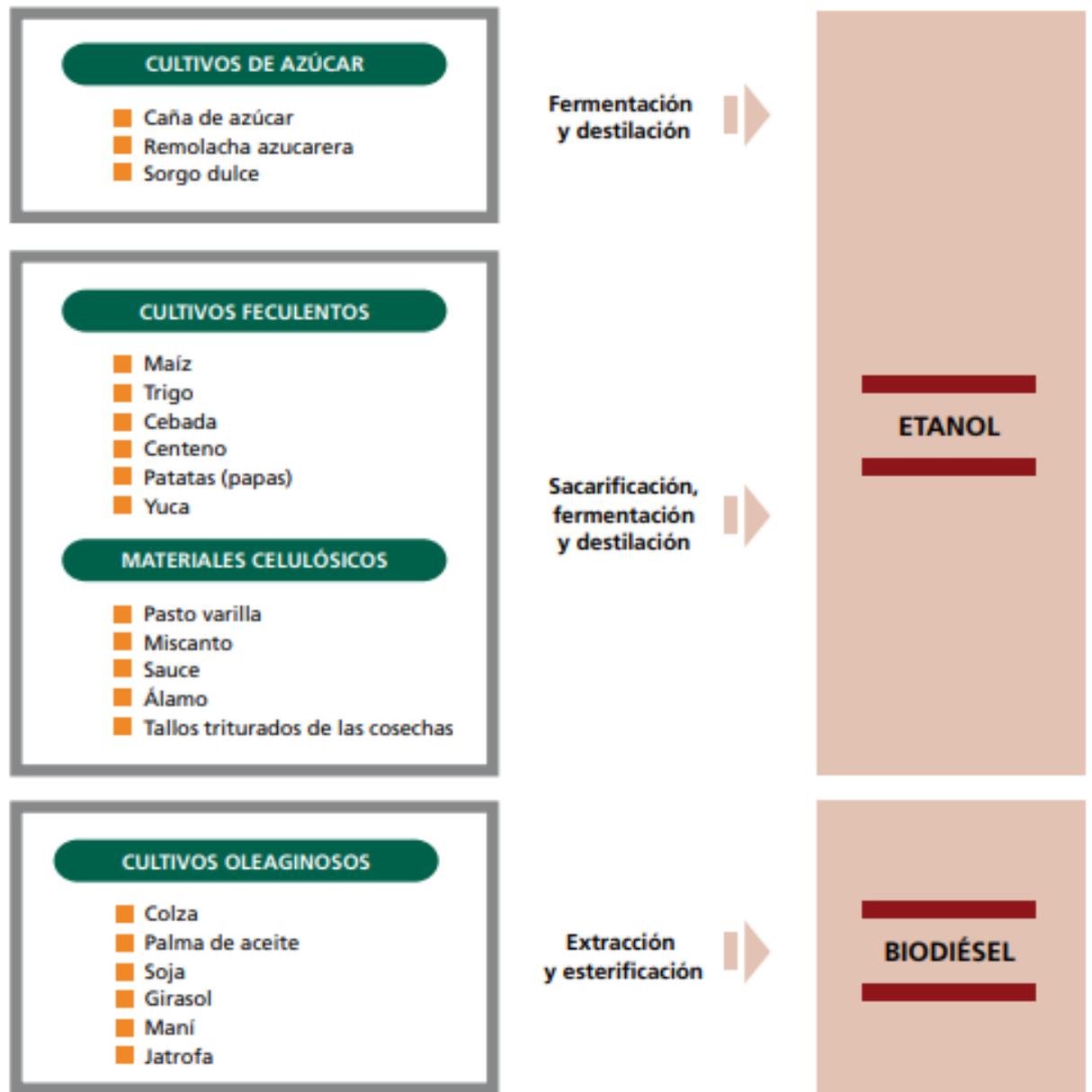
## 1.2. PRODUCCIÓN DE ETANOL Y TIPOS DE SUBPRODUCTOS:

El proceso de producción de etanol, a base de maíz, consiste en convertir los almidones y azúcares de la materia prima inicial en etanol. En el producto final se reduce marcadamente el contenido de hidratos de carbono no estructurales y se concentra proporcionalmente el porcentaje del resto de los nutrientes (FAO, 2013).

En la Figura N°2 podemos observar las materias primas que originan el etanol y el biodiesel. Los alcoholes se obtienen por la fermentación a diferencia del proceso de obtención de biodiesel que es por extracción y esterificación.

Figura N°2: Materias primas y procesos para la producción de Etanol y Biodiésel

(adaptado de FAO, 2013).



Los subproductos de destilería se logran mediante secado de los residuos del proceso de obtención de etanol como biocombustible, a partir de diversos ingredientes ricos en almidón. En la mayor parte de los procesos se utilizan cereales: maíz en USA, trigo en Canadá Occidental y cebada en los países nórdicos europeos.

Entre los subproductos derivados se encuentran:

- granos secos de destilería (Dried Distillers Grains - DDG),

- granos húmedos de destilería (Wheat Distillers Grains - WDG),
- granos húmedos de destilería con solubles (Wheat Distillers Grains with solubles - WDGS),
- solubles de destilería condensados (Condensed Distillery Soluble - CDS)
- granos secos de destilería con solubles (Dried Distillers Grains with Solubles – DDGS)

Los DDGS, también denominados Burlanda Seca (BS) en Argentina, pueden ser aprovechados para la formulación de raciones de animales de producción, ya que en general concentran entre 2,2 y 3 veces el contenido nutricional. La alta variación composicional ha sido uno de los mayores inconvenientes de este subproducto para poder ser incorporado en la alimentación animal (Liu et al., 2011).

Las características de la calidad del maíz influyen directamente sobre los aspectos nutricionales de los DDGS obtenidos, ya sea en cuanto a Proteína Bruta, Grasas y Fibra Bruta. Por ello, la importancia de los métodos de determinación de la composición nutricional para luego ser utilizados como materias primas de alimentos de animales de granja (Iram et al., 2020)

Existen investigaciones con otros tipos de granos, por ejemplo el trigo, las cuales han intentado establecer correlación entre las características físico- químicas y la digestibilidad, en dietas de pollos, aunque en nuestro país no es habitual la alimentación de estas aves, con trigo o sus derivados. Su inclusión en la alimentación animal reside en el alto contenido en fibra para todo tipo de rumiantes, así como caballos, cerdas gestantes y conejos. Sin embargo, puede ser integrado en las dietas de otros monogástricos. Entre las limitantes de su utilización se encuentra el desequilibrado perfil de aminoácidos, el contenido de grasa insaturada y la posible concentración de altos niveles de micotoxinas como aflatoxinas (AF), fumonisinas (FBs), deoxinivalenol (DON) y zearalenona (ZEN), las cuales pueden afectar la salud animal (Carre et al., 2002 y 2005).

### 1.2.1. CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES DE LOS SUBPRODUCTOS

Los granos de destilería se caracterizan por aumentar la concentración de nutrientes entre 2,2 y 3 veces el contenido en fibra, proteína, extracto etéreo y cenizas, en relación con el producto original. Las características de este tipo de subproductos dependen del producto inicial (tipo, variedad y calidad del grano, así como método de producción y cosecha) y de las condiciones del proceso (molienda, temperatura, tiempo de cocción, procesos de fermentación continua o por lotes, enfriamiento, destilación, deshidratación, además de mezclas de granos u otros ingredientes). Los DDGS contienen la mayor parte de los nutrientes insolubles en agua. El almidón fue transformado durante la fermentación. El contenido de proteína bruta, grasa y fibra es mayor que en el grano de maíz original. Para los rumiantes, el contenido de EM de los DDGS es ligeramente más alto que el del maíz, pero es más bajo para las aves de corral y los cerdos. No hay almidón ni sólidos solubles, pero como en el grano de maíz, las hemicelulosas, la celulosa y las proteínas insolubles permanecen. La composición de la grasa sigue siendo esencialmente la del maíz, porque el aceite no se extrae. El patrón de aminoácidos generalmente refleja la fuente de maíz. Los DDGS son una buena fuente de vitaminas B, algunas de las cuales han sido generadas por la levadura durante la fermentación (Jung et al., 2012).

El contenido mineral de DDGS es bajo, ya que no contiene aquellos que son solubles. Con respecto al fósforo, está presente principalmente en la forma fítica y debe considerarse como en cualquier otra fuente de origen vegetal. Sin embargo, se ha informado que cantidades considerables de fósforo están altamente disponibles en los DDGS (Nelson et al., 1968). Se encontró que el fósforo estaba disponible en un 43% en DDGS y en un 93% en solubles de destilería condensada. Durante el proceso de fermentación, la levadura aparentemente proporciona la enzima fitasa en cantidades suficientes, para hidrolizar los fitatos solubles a una forma inorgánica de fósforo disponible.

Las fuentes modernas de BS pueden poseer un contenido variable de Extracto Etéreo (EE) y como consecuencia generar una amplia gama de valores de energía metabolizable aparente corregida por nitrógeno (EMAn). Asimismo, el extracto etéreo no es un buen predictor de EMAn y, por lo tanto, no se incluye en algunos modelos. Se justifica la validación rigurosa de estos modelos con un conjunto

independiente de muestras de DDGS para verificar su valor práctico como ecuaciones de predicción para EMAn en las dietas de pollos de carne (Meloche., et al 2013). Respecto a la energía metabolizable, varios estudios proporcionan determinaciones del contenido (EMA y EMV) de la Burlanda Seca (BS) para aves de corral (Tabla N°1).

EN el caso de Lumpkins et al. (2004), informaron que el contenido de EMAn de una sola muestra de BS fue de 2.905 kcal / kg. En un estudio posterior, otros investigadores determinaron el contenido de EMAn en 17 muestras diferentes de BS que representan productos de seis plantas diferentes de etanol. Además, determinaron que los contenidos de EMAn variaron entre 2.490 a 3.190 kcal / kg con un valor medio de 2.820 kcal / kg y un coeficiente de variación asociado de 6,4% (Batal y Dale, 2006).

Tabla N°1: Determinaciones de EMA y EMV promedio en DDGS de maíz, en especies de aves de corral informadas por diferentes autores.

<i>Autores</i>	<i>Año</i>	<i>Niveles de EMA Kcal/Kg MS</i>	<i>Niveles de EMV</i>	<i>Especie estudiada</i>
<i>Potter</i>	1966	2880	SD	Pavos
<i>NRC</i>	1994	2480	2864	Pollos
<i>Roberson</i>	2003	2756	2800	Pavos
<i>Lumpkins et al.</i>	2004	ND	2905	Pollos
<i>Batal y Dale</i>	2004	ND	2831	Gallinas
<i>Noll et al.</i>	2005	2760	2980	Pavos
<i>Roberson et al.</i>	2005	2770	2884	Gallinas
<i>Parsons et al.</i>	2006	ND	2863	Gallinas

<i>Batal y Dale</i>	2006	ND	2820	Gallinas
<i>Fastinger et al.</i>	2006	ND	2871	Gallinas
<i>Waldroup et al.</i>	2007	2770	2851	Pollos
<i>Hong et al.</i>	2008	ND	2904	Pollos
<i>Applegate et al.</i>	2009	2526	ND	Pollos

(adaptada de Salim et al., 2010).

EMA: Energía Metabolizable Aparente. EMV: Energía Metabolizable Verdadera. ND: no determinado.

Mientras que, Fastinger et al. (2006<sup>a</sup>), concluyeron que el contenido de EMAN de BS promedió 2.871 kcal / kg y tuvo una variación considerable entre las muestras. Además, Parsons et al. (2006), reportaron una gran variación en los valores de EMAN de los BS. Estos determinaron el valor medio de EMAN de 20 muestras de BS en 2.863 kcal / kg  $\pm$  224 kcal / kg.

Por otra parte, el NRC (1994) para aves de corral, indica que los DDGS contienen 2.667 kcal / kg de EMAN y 3.330 kcal / kg de EMVn, sobre la base de materia seca. Sin embargo, estas estimaciones se derivan de los altos niveles de aceite (mayor 10% de grasa bruta- GB)) de los DDGS producidos en la industria del etanol hace más de 20 años. Hoy, la composición de los DDGS son sustancialmente diferentes, ya que la tecnología aplicada ha evolucionado y por lo tanto sus valores nutricionales.

Diferentes estudios recientes han determinado la EMAN contenida en diferentes muestras de DDGS con concentraciones variables de GB. Para Rochell et al.,(2011) el valor de EMAN promedio informado fue de 2.678 kcal / kg de materia seca, y fue similar al valor reportado en NRC (1994). El rango de EMAN determinadas, entre las diferentes muestras de DDGS analizadas, fueron de 2.593 a 3.098 kcal / kg de materia seca, lo que fue una diferencia de 505 kcal / kg de materia seca entre diferentes muestras de DDGS con contenido similar de GB. Aunque solo se evaluaron seis muestras de DDGS en este estudio, el nivel de EMAN mostró una correlación con el nivel de energía bruta (EB), contenido de GB, PB, almidón, cenizas y FDA, pero mostró una correlación negativa con la FB y el contenido de FDN. Este el hallazgo

indicó que el nivel de fibra está más estrechamente asociado con la EMAn contenida de DDGS que el contenido de GB.

Recientemente, Dasmaceno et al. (2020), informaron que la incorporación de 16% de DDGS en dietas para pollos de entre 1 y 21 días no afectaron negativamente la performance de crecimiento ni la conformación de la carcasa. En este caso los investigadores consideraron que el aporte de EMA de la Burlanda fue de 2401 Kcal/Kg MS.

Por otro lado, Craft y Bobek (2019), evaluaron los DDGS de alto nivel proteico, en las dietas de pollos de engorde y concluyeron que su uso mantiene optimos desarrollo de las aves y evita aumentar la incorporación de aminoácidos sintéticos como lisina y metionina. En éste estudio se utilizaron niveles de EMA cercanos a las 2720 Kcal/kg MS.

En otras investigaciones, se realizaron evaluaciones del comportamiento de los DDGS en relación con la incorporación de enzimas o sin ellas. Respecto a esto, Dalolio et al. (2020) informaron aportes de EMA de 3641 Kcal/KG MS determinados por la ecuación de Matterson et al. (1965). Los mismo pueden verse mejorados con la incorporación de proteasas y de fitasas, aunque no de manera considerable.

Existen otros estudios, que indican que la BS puede constituir una materia prima de buen aporte proteico y energético para la elaboración de alimentos para pollos de carne (Lukasiewick et al., 2012).

Otros componentes a considerar son los carotenoides, que son una clase de pigmentos naturales que van desde el amarillo al rojo y desempeñan un papel crítico en diversos procesos biológicos (Isler, 1971). Son muy susceptibles a la luz, al oxígeno y a la temperatura (Karrer y Jucker, 1951). Las especies de aves y mamíferos no poseen la capacidad de sintetizar carotenoides y, por lo tanto, dependen totalmente de su incorporación en la dieta (Goodwin, 1984).

En las aves de corral, la deposición de carotenoides en la piel, el tejido adiposo o la yema de huevo genera una tonalidad amarilla que los hace más aceptable para los consumidores (Péres-Vendrell et al., 2001 y Leeson, 2004).

El grano de maíz contiene aproximadamente 20 ppm de xantofilas y se espera que la BS de maíz puedan ser una buena fuente de pigmento de xantofilas (luteína y zeaxantina), debido a su concentración del pigmento durante el proceso de producción. Sin embargo, el contenido real de xantofilas puede ser menor en la BS debido a la destrucción por el calor durante el secado (Leeson y Summers, 2005).

Roberson et al. (2005) analizaron dos muestras de BS y observaron 29,75 ppm de xantofilas en una de las muestras, pero solo 3,48 ppm en otra muestra de color oscuro que se consideró dañada por el calor.

Dado que la dieta típica de aves de producción basada en maíz y soja, no proporciona la cantidad y el tipo necesarios de xantofilas para producir el color amarillo intenso en la yema y en la piel, la BS puede ser una buena fuente de estos pigmentos, siempre que no hayan sido sobrecalentados durante el proceso de producción (Salim et al., 2010).

En cuanto a las características físicas de la BS es descripta principalmente en relación a la pigmentación, la cual puede variar desde ligeramente dorado a marrón oscuro, diferencias atribuidas al color inicial del grano, la cantidad de solubles añadidos, al tiempo y temperatura de secado utilizados. Esta última, puede variar de 127 a 621°C, en función de los procesos elaboradores de la fábrica de etanol, afectando a la digestibilidad de la proteína y de los aminoácidos, especialmente lisina.

El tamaño medio de partícula para la BS es de aprox. 700 micrones; la densidad varía de 368 a 561 kg/m<sup>3</sup> y el pH medio es de 4,1 (rango 3,6-5,0), (Wang et al., 2007<sup>a</sup>).

En otras investigaciones, Evans y Butts (1948), fueron los primeros en mostrar que el calentamiento excesivo de los ingredientes del alimento puede resultar en una unión de aminoácidos y proteínas a otros compuestos, como la fibra y reducir la digestibilidad de aminoácidos (especialmente lisina). Como resultado, el uso del color como indicador de calentamiento excesivo y la digestibilidad reducida de aminoácidos en DDGS, ha sido un objetivo en diversos estudios de investigación. La primera evidencia de la relación entre el color de los DDGS, el contenido de lisina y el rendimiento animal fue publicado por Cromwell et al. (1993). Esto demostró que las

concentraciones de lisina tendían a ser más altas en las fuentes de DDGS de color más claro, intermedias en el de color medio y más bajo en los DDGS de color más oscuro. Además, hubo una correlación significativa entre la coloración más clara y el aumento de peso en pollos. Cuando las fuentes de DDGS de puntajes de color similares, fueron mezclados y se alimentaron a cerdos, los resultados de rendimiento fueron similares a los observados en los estudios de pollos de carne.

Aunque, hay evidencia consistente de que el calentamiento excesivo durante el secado de DDGS reduce la digestibilidad de lisina y otros aminoácidos, puede aumentar la biodisponibilidad relativa de fósforo para las aves de corral. Por otro lado, Martinez et al. (2004 y 2007) sometieron a temperaturas crecientes a muestras de DDGS de color claro y observaron que se mejoró la biodisponibilidad relativa de fósforo. También notaron que la digestibilidad de los aminoácidos se redujo considerablemente. Esta es la primer evidencia que demuestra el calentamiento excesivo de los DDGS puede mejorar su valor nutricional, en ciertos aspectos, para las aves de corral al mejorar la utilización de fósforo.

Los DDGS contiene aproximadamente 5% a 13% de aceite y éste contiene altas concentraciones de ácidos grasos poliinsaturados (particularmente ácido linoleico) susceptible a la peroxidación lipídica. Las temperaturas de secado, utilizadas por las plantas elaboradoras de etanol, pueden variar sustancialmente (85 a 600 ° C) y tanto el tiempo de secado como la temperatura utilizada durante el proceso, acelera la peroxidación de los lípidos.

Las raciones con lípidos oxidados afectan negativamente la salud de los cerdos y de los pollos de engorde, así como su rendimiento y crecimiento (L'Estrange et al., 1967; Dibner et al., 1996; DeRouchey et al., 2004 y Hung et al., 2017).

Una investigación de Harrell et al. (2010) demostró que la alimentación de aceite de maíz peroxidado, a cerdos de cría, resultó en un menor rendimiento en comparación con los cerdos alimentados con aceite de maíz fresco (no oxidado).

Por otro lado, Song y Shurson (2013), determinaron las sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS) y el índice de peróxidos (IP), que son métodos analíticos comunes para medir la peroxidación. En 31 muestras de DDGS de maíz, se informó

que los TBARS variaron de 1.0 a 5.2 ng equivalentes de MDA / mg aceite y el IP varió de 4.2 a 84.1 meq / kg de aceite. Las muestras con los valores más altos de TBARS y IP fueron de 25 y 27 veces mayor, respectivamente, que las concentraciones encontradas en el lote. Estos resultados indican que esas fuentes de DDGS, más oscuras y menos amarillas, pueden tener mayor concentración de compuestos peroxidados que las de color más claro.

Además, otras investigaciones han intentado comprender la relación entre el color de los DDGS y sus características físicas. Estas últimas pueden afectar el almacenamiento y el procesamiento de los alimentos balanceados. Rosentrater (2006) fue el primero en informar que existe esta correlación con varias propiedades físicas: humedad, actividad del agua, conductividad y densidad aparente. Bhadra et al. (2007) confirmaron estos hallazgos y mostraron que tenían altas correlaciones con actividad de agua (AW). Es así como las propiedades colorimétricas de los DDGS pueden ser un indicador de las características físicas y también químicas.

Luego de analizar algunas investigaciones, se consideró que una fuente de DDGS es de alta calidad cuando contiene niveles aceptables de energía, nutrientes de alta digestibilidad y sea libre de factores antinutricionales como las micotoxinas. La energía, seguido por las proteínas (aminoácidos) y el fósforo, son los tres componentes nutricionales mas caros en alimentos para animales. Por lo tanto, lograr métodos precisos para determinar la energía metabolizable, aminoácidos digestibles y fósforo disponible, entre varias fuentes de DDGS, es imprescindible. Para lograr cálculos de EM con antofila y de predicción de aminoácidos digestibles, han sido desarrolladas diferentes ecuaciones, validadas y publicadas, para cerdos y aves de corral. En cambio, no han podido desarrollarse ecuaciones de predicción precisas para estimar fósforo digestible o disponible para cerdos y aves de corral, tampoco se han logrado ecuaciones de predicción que permitan estimar la energía neta, para los rumiantes.

### 1.3. USO DE BURLANDA SECA EN LA ALIMENTACIÓN DE POLLOS DE CARNE.

La inclusión de los granos de destilería en la alimentación de animales, particularmente los DDGS ha ido en aumento en las explotaciones pecuarias, ya que estos subproductos representan una alternativa de bajo costo. El motivo principal por el

que se emplean los DDGS en el consumo animal, es por el hecho de ser una fuente protéica (25- 32%) y energética (EM 2.15-2.21 Mcal/kg), que puede sustituir cerca del 2,5% de la soja y 9% del maíz, aproximadamente. Además presenta otras características nutritivas, como su contenido en fósforo total (0,78-1,08%) y lisina (0,64-0,83%). Los niveles de inclusión actualmente recomendados de DDGS (Dried Distillers Grains with Soluble), para las aves productoras de carne, son de 5-10% y para las aves ponedoras de 10-15%. Se pueden usar niveles más altos de DDGS con éxito, si se hacen los ajustes adecuados de la formulación de las dietas en cuanto a energía y aminoácidos. Cuando se formulan raciones que contienen DDGS, deben usarse los valores de aminoácidos digestibles, especialmente para lisina, metionina, cistina y treonina. La presencia de xantofilas en los DDGS (40 ppm) incrementan el color de la yema del huevo y de la piel de pollos, si bien no pueden sustituir por completo a los pigmentos artificiales para cubrir los requerimientos de color del mercado, sin embargo, permiten reducir su inclusión en un 50% (Noll et al., 2001)

Por otro lado, se ha visto, con respecto a los polisacáridos no amiláceos, que se debe hacer énfasis en la interrelación entre viscosidad y fermentación a lo largo del intestino de pollos parrilleros (Choct, 1996).

También se evaluó, el impacto sobre el desarrollo del sistema digestivo y calidad de la canal de codornices, logrando mantener la productividad con inclusiones de hasta un 30% de DDGS en las raciones (Konca et al., 2010).

En el momento de la eclosión, el sistema digestivo del pollito es inmaduro física y fisiológicamente, pero durante los primeros días de vida el desarrollo alométrico de los órganos digestivos es superior al del desarrollo corporal (Sell et al., 1996).

Por ello, las líneas genéticas seleccionadas para crecimientos elevados, tal como ocurre para la producción de carne, desarrollan precozmente el sistema digestivo. El crecimiento del tracto gastrointestinal es prioritario dentro del desarrollo general del pollito (Lilja et al., 1983 y Jin et al., 1998).

La mucosa intestinal está ya estructuralmente definida en el momento del nacimiento y aumenta rápidamente en los primeros estadios de vida, mediante una

rápida proliferación e hipertrófia celular con un crecimiento en la tasa de migración celular a través de las vellosidades (Iji et al., 2001). El desarrollo y la maduración intestinal se inicia 24 hs posterior al nacimiento alcanzando su máximo potencial a los 10 días ( Noy y Sklan, 1997).

En el momento de la eclosión, el sistema digestivo del pollito es inmaduro e incapaz de digerir eficientemente la mayoría de los nutrientes (Bedford, 1996 y Sklan y Noy, 2000). La digestibilidad mejora rápidamente durante la primera semana de vida debido a una mayor y más homogénea secreción de enzimas y ácidos biliares (Dunnington y Siegel, 1995).

Los primeros días post nacimiento son momentos de profundos cambios en el organismo del pollito. La tasa de crecimiento aumenta gradualmente desde los 0 a los 7 días de vida, con un crecimiento alométrico del tracto gastrointestinal ( Nitsan et al., 1991 y Nir et al., 1993). En este período crítico tiene lugar además una transición brusca en el origen del suministro energético, que pasa de ser de naturaleza lipídica (yema) a provenir del almidón de la ración (Sell et al., 1991).

La capacidad del pollito para utilizar la energía contenida en los alimentos mejora con la edad, lo que indica que en los primeros estadios de vida su sistema digestivo es fisiológicamente inmaduro. Así, numerosos autores han observado que el contenido de EMA de las raciones, grasas y otros nutrientes es superior en aves adultas que en las aves jóvenes (Zelenka, 1968 y 1997; Sell et al., 1986 y Wiseman y Salvador, 1991).

En tanto que, Mossab et al. (2000) observaron que el contenido de EMAn de una ración experimental era de 2600 a 2670 Kcal/kg en pollitos de 1 a 3 semanas de edad, cuando teóricamente debieran ser de 2800 Kcal/kg. La disminución del valor de la EM en los primeros días de vida, se justificó por un lado, con la desaparición del contenido del saco vitelino en el intestino, que gracias a los fosfolípidos que contiene ayuda a digerir grasas. Por otro lado, también existe un aumento del consumo del alimento con la edad. El crecimiento gradual de la EM, con la edad, a partir de los 7-9 días de vida podría deberse por lo tanto a la mayor capacidad del pollito para digerir los alimentos.

Se puede afirmar que almidón es el carbohidrato principal en la alimentación de las aves de producción. Los gránulos de almidón son digeridos por la alfa-amilasa pancreática, en el intestino delgado. Las vellosidades de los enterocitos se proyectan hacia la superficie intentando captar la mucina producida por las células caliciformes cercanas. El desarrollo de las células entéricas durante la embriogénesis es fundamental para una posterior eficiencia en el metabolismo digestivo (Morán, 1985).

Las raciones para aves contienen entre un 32 a 36% de almidón, siendo los cereales la principal fuente del mismo. De hecho, más del 50% de la energía de las dietas para aves, es aportada por el almidón. En la práctica es común la utilización de niveles altos de grasa en detrimento de los hidratos de carbono, cuando interesa aumentar la concentración energética de la ración (Peebles et al., 1997). Sin embargo, la glucosa es un carbohidrato clave como fuente energética, para todas las funciones celulares y el almidón es la mejor fuente de glucosa que la grasa. Tras la eclosión, las reservas de glucógeno hepático del pollito y la disponibilidad de glucosa se reducen, por lo que la inclusión de carbohidratos del tipo del almidón, en las raciones iniciales, podrían mejorar el desarrollo neonatal (Moran, 1978 y 1988; Moran, 1990 y Donaldson y Christensen, 1991).

Una fuente viable como aporte de glucosa es el almidón, cuya digestibilidad es alta y cercana al 90%, a los 4 días de edad. Además de energía, los cereales aportan proteína y fibra, que también deben ser tenidos en cuenta, sobre todo en el caso de que se utilicen tratamientos tecnológicos, ya que estos afectan no solo al almidón, si no también a estos otros nutrientes (Noy y Sklan, 1995 y 1996).

Un estudio de Shim et al (2011), menciona que las aves alimentadas con dietas que incluyan los DDGS de buena calidad, se desarrollan aceptablemente, siempre que las formulaciones estén debidamente equilibradas sobre una base de aminoácidos digestibles.

En relación a la formulación de las dietas, algunas investigaciones muestran que, debido a la concentración de determinados componentes nutricionales, una cantidad determinada de sub-producto (DDGS), puede desplazar de la formulación, mayor cantidad de la masa equivalente de maíz o harina de soja, en algunas raciones animales (RFA, 2012).

Los DDGS se han utilizado en todo el mundo como ingredientes y esto ha requerido que se realicen más investigaciones sobre su calidad, valores nutritivos y recomendaciones para la alimentación de aves de corral. Los DDGS, provenientes de maíces de buena calidad, generan un excelente recurso para ser utilizado en la alimentación de las aves de producción (Salim et al., 2010).

En distintas investigaciones, se ha observado que los niveles máximos utilizados de DDGS, en dietas iniciadoras, no deberían superar el 6% de inclusión, aunque podrían incorporarse niveles mayores, siempre y cuando no superen el 12 %. Ya en dietas terminadoras, es factible incrementar los niveles al 15% de inclusión (Lumpkins et al, 2004).

Tanto los DDGS como la harina de canola pueden ser utilizados como fuentes de energía y proteína en raciones de pollos de carne, pero ambos ingredientes de la ración deben ser formulados en base a los aminoácidos digestibles (Min et al., 2010).

También Wang et al. (2007b), mencionaron que la incorporación de DDGS en un 30% de la dieta iniciadora y de crecimiento, produce aves con menor peso corporal, donde la conversión alimenticia empeora, y por lo general, una reducción del desarrollo de la pechuga, comparado con aves que consumieron dietas con un 15% de inclusión de DDGS en la ración. Es posible, que algunos aminoácidos esenciales no hayan sido considerados eficientemente en la formulación de las dietas, pudiendo ser marginales o deficientes en raciones con un 30% de DDGS.

Asimismo, Wang et al. (2007c), plantean que los resultados de ensayos, en los que se alimentaron pollos de carne con dietas con un 15% de inclusión de DDGS (que se formularon en base a aminoácidos digestibles), no afectaron los indicadores productivos ni la calidad de la canal. Pero niveles de uso del 30% de DDGS, reducen el rendimiento general y afectan la conformación de la canal. Esto puede deberse, en parte, a la deficiencia de algunos aminoácidos esenciales que no se tuvieron en cuenta al momento de la formulación.

Por otra parte, Youssef et al. (2008), realizaron ensayos que no presentaron aumento de la ingesta de ración, incremento de peso, ni alteración de las características

de las excretas, en aves que consumieron dietas con niveles de DDGS cercanos al 15%, aunque si se mostró una tendencia a desmejorar los índices de conversión alimenticia.

Los DDGS de maíz contienen aproximadamente el 85% del valor energético presente en el maíz, niveles moderados de digestión de aminoácidos esenciales y tiene un alto contenido de fósforo disponible. Las dietas para pollos de carne, pueden contener fácilmente hasta 10% de DDGS, siempre ajustando la formulación para energía y aminoácidos. En este caso, Swiatkiewicz y Korelski (2008) concluyeron que los DDGS son ingredientes aceptables para su uso en dietas avícolas y se puede agregar de forma segura a niveles de 5 a 8%, en pollos de carne en dietas iniciales, y 12 a 15% en dietas terminadoras. Sin embargo, estas son tasas conservadoras de inclusión en las dietas y de acuerdo a la formulación de las mismas, basadas en aminoácidos totales en lugar de digestibles. De acuerdo a otras investigaciones, Shim et al. (2011); Loar et al. (2010) y Masa'deh et al. (2011) han mostrado que se puede incluir en las dietas de aves de corral, porcentajes mayores, por ejemplo, más del 20%, siempre que sean precisos los valores de energía y aminoácidos digestibles, que se usan cuando se formulan las dietas.

También se han realizado evaluaciones de a inclusión de 10% y 15% de DDGS de trigo, en alimentos pollos de carne criados hasta los 42 días de edad. No se observaron efectos significativos en el crecimiento, en comparación con el grupo de control (0% de DDG). La inclusión de un 20% de DDGS de trigo en la alimentación, redujo sustancialmente el peso vivo de los pollos en un 6,1% frente a los controles. Los pollos alimentados con raciones, con inclusiones del 15% y 20% de DDG de trigo, resultaron en una reducción estadísticamente significativa en el peso de la pechuga, de los muslos y del rendimiento al sacrificio, comparado con los controles, al final del ensayo. La inclusión de un 20% de DDG en la ración, también dio como resultado un peso de la pechuga, estadísticamente significativo, más bajo que en los controles. La inclusión de DDG en la alimentación para pollos de engorde, no influyó significativamente en la composición química de la carne (Ivanova et al., 2013).

Por su parte Hassan, et al. (2015) sugieren que los DDGS se pueden agregar de manera segura a la dieta como una fuente alternativa de proteínas y energía de 1 a 35 días de edad hasta el 10.0% sin un efecto negativo en el rendimiento productivo de los pollos de engorde.

Por otro lado, se desarrollaron estudios sobre el sistema inmunitario de pollos de carne que consumieron dietas con DDGS. En éstos, se pudo determinar que el consumo de DDGS en las dietas, puede mejorar la inmunidad humoral, a través de la acción de los beta-glucanos de la levadura, que estimularía el sistema inmune, lo que sería muy beneficioso para las aves que consumieran este tipo de subproducto (Min et al., 2015).

También se determinó, que las dietas con diferentes niveles de inclusión de DDGS, pueden tener efectos sobre el sistema inmune de las aves que lo consumen. Esto es debido al nivel de biomasa de levaduras que se utilizan para la fermentación, durante el procesado del maíz, para la obtención de etanol. Además, estas dietas mejoraron el desarrollo intestinal, al aumentar la altura de las vellosidades y densidad de las células calciformes del íleon (Alizadeh, M, 2016).

Se ha visto que los DDGS poseen altos niveles de polisacáridos no amiláceos (PNA), PB, GB y minerales, en comparación con el grano de maíz original. Sin embargo, los monogástricos no digieren alimentos altos en PNA de manera eficiente. En la actualidad, existen exo-enzimas que se fabrican específicamente para uso alimentario y que pueden clasificarse en general como carbohidratasas, proteasas y lipasas. Hay un interés creciente en su potencial para mejorar la digestibilidad de proteínas tanto de origen vegetal como animal. También se han realizado diversos estudios sobre la capacidad de aumentar de la digestibilidad de varias fracciones de carbohidratos de cereales y proteínas vegetales (Kawsar A. Ghaly et al., 2017).

Los DDGS no son materias primas completamente homogéneas. Las diferencias en los procedimientos de procesamiento y las características del grano de maíz, pueden llevar a grandes variaciones en el valor nutricional de los DDGS (Belyea et al., 2010 y Cromwell et al., 1993).

Además, la composición variable de los DDGS y la calidad inestable pueden, en última instancia, limitar su uso en dietas para aves. Algunas investigaciones demostraron que la calidad de los DDGS puede evaluarse basándose en el color y la composición química, debido a que el contenido más oscuro y alto de fibra de los DDGS da lugar a una menor energía metabolizable y una menor digestibilidad de aminoácidos (Fastinger et al., 2006b; Fastinger et al., 2006<sup>a</sup> y Pahm et al., 2009). Sin embargo, hay poca información sobre la correlación entre el contenido de energía

metabolizable y la composición química de los DDGS. Algunos estudios previos han indicado que el contenido de EMV (energía metabolizable verdadera) de los DDGS varió de 2.490 a 3.190 kcal / kg. Sobre la base de la calidad inestable de los DDGS, es importante para los vendedores y compradores desarrollar un método rápido para evaluar la EM de los DDGS.

La calidad de los DDGS de maíz según Jie et al. (2013) muestra variaciones en comparación con otros estudios anteriores. El contenido de energía metabolizable tuvo relación con la composición química y la puntuación de color. Este estudio sugirió que la medición de la composición química y la puntuación de color de una muestra de DDGS de maíz puede proporcionar un parámetro de calidad.

También existen estudios realizados en ganado porcino. Con respecto a esto, es esencial que en las dietas con DDGS la concentración de PB no aumente, por lo que deben ser formuladas, basándose en la concentración de Aminoácidos Digestibles y de Fósforo disponible. Los DDGS sólo deben emplearse si la concentración de lisina, respecto a la Proteína Bruta es superior a 2,80 %, por lo que es necesario medir estas concentraciones antes de incluirlos en la dieta del ganado porcino (Stein, H. H., 2006).

Seguramente, en el futuro, estarán disponibles nuevos subproductos de la industria del etanol para su uso en la alimentación animal. Éstos, deberán ser caracterizados en términos de concentración y digestibilidad de la energía y nutrientes, antes de que se incluyan en las dietas del ganado porcino y aves de producción. En la actualidad, existen muchas investigaciones a nivel internacional con el objetivo de mejorar los procesos de destilación de maíz, enfocados en destacar el subproducto de alto nivel proteico que se obtiene del mismo (Kim et al., 2008).

Por otro lado, Rochell (2018) mencionó que los niveles de inclusión de DDGS utilizados habitualmente en alimentos comerciales para aves pueden tener impacto mínimo en algunas enfermedades gastrointestinales a las que se enfrentan comúnmente en los pollos de engorde. La información sobre la interacción entre los DDGS de maíz y la salud gastrointestinal en las aves de corral son relativamente escasas. Pérez et al., (2011) informaron que la alimentación con 10% o 20% de DDGS no influyó en la infección por coccidiosis en pollos de engorde, pero desplazó la microbiota ileal hacia una población más diversa y saludable. También se observó un mayor índice de riqueza

de la microbiota cecal, lo que indica una mayor diversidad de bacterias, que generalmente se considera un beneficio para la salud gastrointestinal.

Basándose en algunas investigaciones, se puede afirmar que los lechones lactantes, en transición y los cerdos en terminación, pueden alimentarse con raciones que contengan hasta un 20% de DDGS, siempre que éstos sean de buena calidad. Con respecto a éste último punto, recordemos que los aspectos de la calidad de los DDGS dependen de varios parámetros y el sistema productivo de la fábrica de etanol influye de sobremanera. En relación a los alimentos destinados a las cerdas gestantes pueden contener hasta un 40% de DDGS. Sin embargo, se han realizado experimentos en los que cantidades superiores de DDGS no han comprometido el rendimiento de los animales (Stein, 2006).

La cantidad de DDGS disponibles para la nutrición animal cada vez es mayor, por lo que es importante que se perfeccionen las estrategias para incluir estos productos en las dietas del ganado porcino.

#### 1.4. LOS DDGS EN LA ALIMENTACIÓN DE POLLOS DE CARNE Y SU EVALUACIÓN NUTRICIONAL

Los DDGS se han utilizado como ingredientes alimentarios para reemplazar parcialmente el maíz y la soja en las dietas de aves de corral, durante décadas (Swiatkiewicz and Koreleski, 2008 y Wamsley et al., 2013). Sin embargo, la alta variabilidad del contenido de nutrientes y la digestibilidad ileal estandarizada de los aminoácidos, entre las diferentes fuentes de DDGS, limitan la precisión de la formulación de las dietas y el uso de DDGS en las dietas de aves de corral (Adeola et al., 2016).

Desde el año 2006, se han realizado más de 30 estudios para determinar la digestibilidad ileal aparente o estandarizada de aminoácidos entre diferentes fuentes de DDGS en aves de corral. Sin embargo, el uso de estos valores, de un solo experimento, tiende a ser inexacto porque los experimentos individuales tienen un mayor error de muestreo y no se pueden aplicar ampliamente en la práctica (Tahir y Pesti, 2012 ).

En general, los experimentos de digestibilidad, in vivo, necesitan mucho tiempo, son costosos, requieren mano de obra y un proceso intensivo. Los resultados

finalmente se aplican a las fuentes de ingredientes específicos evaluados (Kim et al., 2009 y Messad et al., 2017). Es por esto, que las ecuaciones de predicción basadas en la composición química, brindan una estimación rápida y de bajo costo del contenido digestible ileal estandarizado de los nutrientes. Así, se genera la oportunidad de utilizar esta información dinámica y actualizada en las formulaciones de alimentos, bajo condiciones comerciales.

Se ha puesto un énfasis creciente en el uso del metanálisis en la literatura de ciencia veterinaria y animal para resumir los datos adquiridos a través de estudios previamente publicados. Este tipo de abordaje es especialmente útil cuando los resultados de los estudios individuales son limitados debido a que algunos de ellos se amalgaman (Lean et al., 2009) y permite integrar los datos recopilados de múltiples estudios, para tener en cuenta los efectos experimentales en modelos estadísticos (Messad et al., 2015). Sin embargo, no se han publicado masivamente estudios que resuman la digestibilidad de los aminoácidos de DDGS, en aves de corral.

Los programas de alimentación, ya sean *ad libitum*, controlada o con restricción, son establecidos a partir de exigencias estimadas de energía. Las estrategias nutricionales y de alimentación tienen como objetivo optimizar aspectos productivos, económicos y ambientales en la producción aviar. Existen dos maneras de determinar las exigencias de energía: el primer método más empírico evaluado a través de dosis: respuesta, y el segundo a partir de predicciones. La energía, en forma química, ofrecida a las aves, a través del alimento, puede ser transformada en calor, cuando es utilizada en procesos vitales o depositada como componente químico del crecimiento y la producción (Sakomura et al., 2014).

Por otro lado, Blaxter et al. (1972), describieron el concepto de mantenimiento, como un estado de equilibrio del ave en el cual no ocurre ninguna ganancia ni pérdida de reservas corporales. Las exigencias para mantenimiento son la cantidad de energía necesaria para el anabolismo y el catabolismo, con una retención de energía igual a cero. Este concepto es aplicable a aves adultas y no en crecimiento. En el caso de éstas últimas, es la cantidad de energía necesaria para mantener el equilibrio dinámico de turnover proteico y lipídico, a temperatura corporal y actividad física normal.

Al respecto, existen diferentes factores que pueden afectar las exigencias de mantenimiento, como por ejemplo la edad de los animales, peso vivo, composición corporal, tamaño de los órganos o período productivo (Blaxter et al., 1989). La temperatura y el plumaje han sido considerados como factores importantes al momento de estimar las exigencias de mantenimiento (Sakomura, 2004).

La producción de calor se incluye en las exigencias de energía para mantenimiento, ya que cambia de acuerdo a las variaciones ambientales. Las aves poseen una zona termoneutral en la cual el metabolismo es mínimo. Por arriba o debajo de esa zona termoneutral, las aves generan disipación o aumento de la producción de calor, respectivamente. Estos puntos de quiebre donde el metabolismo requiere de una tasa mínima o un gasto activo se denominó límite crítico de temperatura. (NRC, 1981).

En condiciones de termoneutralidad, entre un 30-40% de la energía consumida es destinada a mantenimiento, en condiciones de temperatura extrema ese valor puede llegar hasta un 60% (Sakomura et al., 2005)

Se ha demostrado también, que el estado del plumaje es un importante factor para la energía de mantenimiento. Animales con buen plumaje reducen sus necesidades de energía, aunque es complejo poder estimar las características del plumaje de una población numerosa de aves (Oneill et al., 1971).

Las exigencias de energía de mantenimiento y crecimiento han sido considerados como procesos diferentes. En primera instancia, deben ser atendidas las necesidades de mantenimiento y luego podría ser depositada en forma de tejidos, muscular o grasa, en ese orden, de lo contrario se iniciará un catabolismo. (Black, 2000)

La composición del cuerpo de las aves necesita un aporte de adecuados niveles de proteínas. Éstas últimas están compuestas por 23 aminoácidos combinados en diferentes formas y proporciones, siendo 11 de ellos considerados dietéticamente esenciales para las aves. Estos necesitan ser abastecidos por medio de la alimentación. De esta forma, las aves necesitan ingerir, digerir, absorber, transportar y metabolizar los aminoácidos, contenidos en la proteína de la dieta, para luego sintetizar las proteínas orgánicas propias (Bertechini, 2006).

De la composición de los ingredientes de las raciones depende el límite de los aminoácidos esenciales. Los aminoácidos limitantes son definidos como aquellos que están presentes en la ración en niveles inferiores a los exigidos, para que los animales desarrollen su máximo potencial de producción. En la mayoría de las dietas de pollos de carne, la metionina, la lisina y la treonina se presentan como los primeros aminoácidos limitantes. En algunas investigaciones recientes, la valina es considerada como el siguiente aminoácido limitante luego de la treonina, especialmente en dietas que no poseen materias primas de origen animal (Thornton et al., 2006).

Estos aminoácidos deben balancearse de forma adecuada para que las aves tengan cubiertas sus exigencias necesarias de mantenimiento y producción, pero sin ser excesivos. Este concepto se denomina Proteína Ideal. El uso de este concepto, permite adaptarlo a diferentes condiciones y substituye la formulación de proteína bruta mínima por restricciones individuales basadas en otros aminoácidos potencialmente limitantes (Berres et al., 2010).

Los pollos de carne seleccionados para mayor ganancia de peso, mejor conversión alimenticia y mayor rendimiento de pechuga han posibilitado entender el gran impacto que posee la lisina para el crecimiento muscular y la deposición de la proteína corporal. Leclercq (1998) afirma que la lisina ejerce efectos específicos en la composición corporal. Este aminoácido es utilizado como referencia para el perfil de la Proteína Ideal y las cantidades de todos los otros aminoácidos serán establecidas en relación a ésta. Así, que cualquier error en la determinación del requerimiento de lisina, resultará en errores de las necesidades de todos los otros aminoácidos, con consecuencias sobre el desarrollo de la carcasa.

Con respecto a los niveles de energía de la dieta, es considerado el punto de partida de la formulación de raciones para aves, por su influencia en el consumo, desempeño y costo de producción. Bertechini (2011), resalta la importancia del contenido de energía en una dieta, en el momento de formulación, en función del consumo diario para mantener constante la energía ingerida. El nivel energético de la ración es uno de los limitantes de consumo, esto es debido a que está involucrada en procesos metabólicos y debe garantizar el aporte energético para mantenimiento y el máximo potencial productivo de las aves (Fischer et al., 1998). Existen diferentes formas de expresar la energía presente en el alimento, siendo la Energía Metabolizable

la que mejor expresa la disponibilidad de energía para las aves, pudiendo ser expresada como aparente (EMA) o también corregida por balance de nitrógeno (EMAn) (Hill et al., 1959).

Por otro lado, varias investigaciones demostraron que el nivel de energía no es el único factor que podría influir sobre el consumo. Parr y Summmer (1991) postularon que el consumo tiene una alta influencia de las exigencias de aminoácidos esenciales y su perfil proteico, afectando la eficiencia de la deposición de tejidos y la excreción de nitrógeno. Un exceso de proteína disminuye la eficiencia de utilización de aminoácidos, en función del alto costo metabólico de la excreción del nitrógeno (MacLeod et al., 1997).

Leeson et al. (1992), observaron en pollos de 5 a 6 semanas de vida, que la dilución de la dieta aumentaba el consumo hasta un 70%. Esta mayor capacidad de ingestión permite, al pollo de carne, regular su consumo energético a partir de los 30 días de vida. Así, en el caso de la incorporación de la Burlanda a la ración, es importante poder contar con valores ajustados de energía que puedan disminuir el error en la formulación. Otro factor de relevancia, es el nivel de fibra bruta que contiene la Burlanda, que si bien es variable, la oscilación se mantiene entre valores elevados. Este nutriente puede generar dilución de la concentración de energía y de proteína bruta en las raciones, lo que puede llevar a un aumento del consumo, por parte de las aves, para intentar compensar el déficit energético, pero con consecuencias de retroalimentación negativa, ya que el incremento del consumo tiene límites físicos, y a mayor consumo el nivel de fibra ingerido también aumenta (Denbow et al., 1994).

Esta circunstancia se une al hecho de que el 80% del consumo energético total se realiza entre los 21 a 42 días de vida. Cada fase de alimentación, intenta cubrir requerimientos de acuerdo a diferentes conceptos de crecimiento, ambientales, sanitarios e incluso de nivel tecnológico, pero en casi todos los casos los niveles de aporte energético aumentan hacia el final del ciclo productivo, donde los gastos energéticos de mantenimiento se incrementan (Steenfelt et al., 1998).

El epitelio intestinal posee una característica diferencial al resto de los tejidos, ya que es la más alta tasa de renovación celular (Macari et al., 2002). Su desarrollo es el resultado de sucesivos eventos de destrucción y descamación de la punta de las

vellosidades. La tasa de renovación constante, por la mitosis, que ocurre en las células de la cripta, posteriormente se produce una migración de los enterocitos a la extremidad de la vellosidad. Este desarrollo de la mucosa, es también estimulado por por agentes tróficos. Sin embargo, el intestino también responde a agentes que causan desequilibrios del proceso de renovación produciendo una alteración en la altura de las vellosidades (Maiorka et al., 2000).

En las aves, la selección del alimento es una de las características diferenciales, por la magnitud que representa en gallinas, donde la acentuación de este tipo de conducta puede generar alteraciones nutricionales marcadas. La captura del alimento con el pico es lo que se denomina prehensión, que en el caso de las aves puede variar de acuerdo al hábito de alimentación y la estructura morfológica del pico y la lengua. Estudios evidencian que el tamaño de la partícula del alimento, o ración, puede influenciar en la prehensión, la ingestión y el desempeño productivo del pollo de carne (Reece et al., 1986).

El tiempo de tránsito gastrointestinal de las aves es calculado por el tiempo de pasaje no absorbible y no digerible por el tracto. Generalmente en gallinas, los marcadores aparecen en las heces 2 a 3 horas posteriores a la ingestión. Este tránsito puede ser influenciado por diferentes variables: consistencia del alimento, dureza, tamaño de las partículas, contenido de humedad, entre otros. El pasaje de líquidos es más rápido que de sólidos, de fibras más lento que de sólidos y los alimentos peletizados más rápidamente que las harinas. Desde el punto de vista nutricional, la composición de la dieta es el factor más importante que afecta el tiempo de pasaje. En estudios realizados por Turk (1982), se verificó que las lesiones en el epitelio intestinal aumentan la velocidad del pasaje por el tracto digestivo.

Es fundamental que los aportes proteicos estén garantizados durante el crecimiento de los pollos de carne, para poder expresar su máximo potencial genético. Tanto animales como plantas, sintetizan proteínas conteniendo 22 aminoácidos. Sin embargo, a diferencia de las plantas, los animales no pueden sintetizar todos los aminoácidos. Los aminoácidos que no pueden ser sintetizados por los animales son denominados esenciales. Éstos deben estar presentes en las raciones, pues los animales no son capaces de sintetizarlos en cantidad o velocidad suficiente, para permitir el completo desarrollo de la función fisiológica buscada: crecimiento, reproducción,

postura, etc. Leeson y Summers (2001), sugieren que los aminoácidos esenciales para las aves pueden ser agrupados en diferentes categorías, dependiendo de la habilidad de las mismas para su síntesis, pero en el caso de la lisina y la treonina es necesario que la ración aporte el 100% de las necesidades, por no poseer precursores intermediarios.

Los aminoácidos no esenciales son aquellos que pueden ser fácilmente sintetizados, a partir de metabolitos intermedios o de aminoácidos no esenciales similares. En el caso de la Burlanda, es de destacar, que a pesar de tener un nivel de proteína bruta considerable, podemos entender que como subproducto del maíz, los niveles de lisina son deficientes, a la hora de aportarlos para la formulación de dietas con altos requerimientos. Sabiendo que el maíz no se caracteriza por un alto nivel de aporte de lisina, es necesario tener en cuenta que este subproducto puede reemplazar a otros aportantes naturales de proteína, como la soja, pero el perfil de aminoácidos diferente, en relación a los esenciales, deberá ser de extrema atención en los aportes nutricionales, para cumplir con el concepto de Proteína Ideal (Larbier, 1994).

Existen aminoácidos con mayor limitación que otros, en los casos de las formulaciones de la mayoría de los países de Iatiónamerica, en que las raciones para pollos de carne contienen como base maíz y harina de soja. Los tres aminoácidos limitantes que son generalmente aceptados son: metionina, lisina y treonina. El orden de limitación de los aminoácidos, para un animal, depende de las exigencias nutricionales, del contenido y la digestibilidad de los aminoácidos de los diversos ingredientes utilizados, en la composición de las dietas. El concepto de Proteína Ideal, permite la adaptación a diferentes situaciones una vez que las exigencias de diferentes aminoácidos son establecidas como una proporción a los requerimientos de lisina. De acuerdo a Berres et al., (2010) este concepto es una herramienta versátil, utilizando los niveles de aminoácidos digestibles. En tanto, para que este concepto pueda ser utilizado con éxito, las exigencias de aminoácidos y sus relaciones con la lisina deben ser actualizados en función de los avances productivos, de las diferentes líneas genéticas. Asimismo, existe la posibilidad de suplementar con fuentes de aminoácidos sintéticos industriales. Según Sabino et al. (2004) , la reducción de los niveles protéicos de las raciones han sido vistas como una alternativa para la reducción de costos de producción.

La metionina es considerada el primer aminoácido limitante, en las raciones para aves a base de maíz y harina de soja. Casi todas las dietas de pollos de carne son suplementadas con metionina industrial. El aporte de este aminoácido es importante para el sistema inmunitario, el emplume y la performance productiva (Rostagno et al., 2005).

Según Leclercq et al. (1998), la lisina es considerada un aminoácido fisiológicamente esencial para el mantenimiento, crecimiento y producción de las aves, teniendo como principal función la síntesis de proteína muscular, ejerciendo efectos específicos sobre la composición corporal. En un estudio realizado por Berres et al., (2010), indicaron que el aumento del nivel dietético de lisina mejora la ganancia de peso, la conversión alimenticia y el rendimiento de la carcasa. También tiene gran influencia en la deposición de los músculos de la pechuga.

Con una concentración más baja de lisina, los resultados confirman que los valores de AA para DDGS se ven afectados principalmente por el contenido de AA de las fuentes de grano, de las que se originaron (Ravindran et al., 2005; Huang et al., 2007 y Fontaine et al., 2007). Además, dado que los DDGS son un coproducto de la producción de etanol, que utiliza levadura para fermentar el almidón al etanol, contiene biomasa de levadura que contribuye a una parte del contenido total de AA de DDGS (Belyea et al., 2004). Asimismo, Han y Liu (2010), utilizaron un modelo de regresión lineal múltiple, para estimar que la contribución de la levadura, al total de proteínas de los DDGS, era aproximadamente del 20%. Por lo tanto, la composición de AA en los DDGS también puede verse afectada, por la contribución relativa de la proteína de la levadura al DDGS total (Zhu et al., 2018).

La concentración relativamente alta de fibra en los DDGS se considera un factor que reduce la digestibilidad de AA en los DDGS (Urriola y Stein, 2010). La fibra dietética aumenta las pérdidas de nutrientes endógenos y la tasa de pasaje de la ingesta, en el tracto gastrointestinal (Souffrant et al., 2001). Sin embargo, ni el contenido de FDA (Fibra Detergente Ácida) ni de FDN (Fibra Detergente Neutra) se observaron como predictores significativos, en los modelos para estimar el digestibilidad ileal estandarizada de AA en DDGS para aves de corral (Zhu et al., 2018).

Algunos estudios mostraron resultados que indican que las propiedades fisicoquímicas y de la digestibilidad, tanto de la Proteína Bruta como de la mayoría de los Aminoácidos, presentan gran variabilidad de acuerdo al tipo de maíz que originó los DDGS analizados. Existen intenciones de desarrollar ecuaciones de predicción de la digestibilidad en base a las características fisicoquímicas del maíz, una valoración por su coloración y también por el contenido de micotoxinas (Wang et al., 2020).

Los efectos negativos de la alta utilización de DDGS, fue observada en la performance de crecimiento de pollos de carne en varios estudios, asociado a una disminución de la utilización de energía y otros nutrientes. Por ejemplo, Lumpkins et al. (2004), mostró un deterioro en la ganancia de peso y en la conversión alimenticia, durante el período de inicial de crecimiento, cuando utilizó niveles de 18% de DDGS en reemplazo parcial de la harina de soja. Similar a lo demostrado en otros experimentos, donde el rendimiento de la canal, la performance productiva y la digestibilidad de aminoácidos disminuyó, en aves alimentadas con dietas con altos niveles de inclusión de DDGS (Swiatkiewicz et al., 2014).

Respecto a la treonina, ésta es considerada como el tercer aminoácido limitante. Es encontrada en altas concentraciones en corazón, músculos, y sistema nervioso central. Es necesaria para la formación de proteínas y mantenimiento del turnover proteico corporal, además de colaborar en la formación de colágeno (Sá et al., 2007). La treonina está involucrada en otras funciones, tanto en el sistema digestivo como en la inmunidad (Bisinoto et al., 2007). El mucus producido por las células de la mucosa gastrointestinal están compuestas de 95% de agua y 5% de glicoproteínas, de alto peso molecular, ricas en treonina. Esta mucina contiene 16,3% de treonina, mucho mas que el 2,3% de lisina (Bernal., 2014). Las inmunoglobulinas también contienen grandes cantidades de treonina en su composición, lo que explica el aumento de las exigencias de este aminoácido en situaciones de mayor desafío inmunológico.

Algunos estudios aseguran que la valina es el cuarto aminoácido limitante en los pollos de carne, que consumen raciones a base de maíz y harina de soja (Corzo et al., 2009). Éstos evaluaron el orden de limitancia para la valina, isoleucina, arginina y glicina en dietas vegetales, a base de maíz y harina de soja, para pollos de carne entre los 22 y 42 días de vida. Lograron observar una reducción del crecimiento, el deterioro de la conversión alimenticia y aumento de la grasa abdominal. Estos resultados

evidenciaron la importancia de utilizar relaciones mínimas de todos los aminoácidos limitantes, al momento de la formulación de las raciones.

Las formulaciones de alimentos balanceados, basadas en el contenido de aminoácidos digestibles de las materias primas, han demostrado mejorar la tasa de crecimiento, el consumo y la composición de la carcasa de los pollos de carne (Rostagno et al., 1995 y Fernández et al., 1995), comparado con una formulación sobre una base de aminoácidos totales. Aunque muchos nutricionistas avícolas, asumen que los valores de digestibilidad obtenidos de ensayos con gallos son similares entre varias especies de aves, (tales como, pollos de carne, ponedoras, patos y pavos), Tahir y Pesti (2012), mostraron que esta suposición es incorrecta. Estos investigadores mostraron que los valores de aminoácidos digestibles fueron de 6 a 14% mayores entre 20 materias primas evaluadas, cuando las estimaciones se derivaron de ensayos con gallos, comparado con valores de los mismos ingredientes, usando ensayos con pollos de carne. Otros investigadores, asumen que cuando el contenido de GB de los DDGS disminuye, el contenido de PB y AA aumentan. Esto no sería válido porque este cambio en la composición no ocurre consistentemente entre diferentes fuentes de DDGS, con contenido variable de GB. Por ejemplo, aunque la lisina total y el contenido de treonina tiende a aumentar a medida que el contenido de GB disminuye, el nivel de triptófano y metionina generalmente se mantiene. La digestibilidad ileal aparente para lisina, metionina, treonina y triptófano fue menor en DDGS con bajo contenido de aceite. Estas investigaciones sugieren entonces, que el contenido de GB de los DDGS afectan la digestibilidad de algunos aminoácidos para las aves de corral (Dozier et al., 2015).

Por otro lado Fries-Craft et al. (2019) informaron sobre el uso de los DDGS como ingrediente en las dietas de pollos de engorde. Éstos indicaron que los productores que deseen utilizar DDGS las raciones deben considerar el costo de la dieta y las correcciones de AA. Los niveles de inclusión de los DDGS utilizados en este estudio superaron el 10% se observó que podría lograrse un mejor equilibrio con la suplementación de Lys y Arg a través de fuentes sintéticas o de inclusión de harina de soja.

### 1.3.1. RENDIMIENTO Y COMPOSICIÓN DE LA CANAL:

La composición de la canal es una información muy importante, no solo para el consumidor sino también para la industria, al determinar las formas de comercialización e incluso el tratamiento culinario de la carne. En general, la tendencia actual procura incrementar la cantidad de tejido muscular, en especial pechuga y muslos, y disminuir el porcentaje de tejido graso en la canal. Para la concreción de este objetivo es fundamental el mantenimiento equilibrado de la relación energía: proteína de la dieta (Bedford y Summers, 1985 y Hickling et al., 1990).

Por otro lado, muchas experiencias demuestran los efectos de diferentes factores que interactuando con la dieta, directa o indirectamente, afectan el rendimiento y la calidad de la canal. El efecto del sexo sobre dichas variables ha sido estudiado por varios autores como Almeida et al., (2002) y Kaminska et al., (2003), que demostraron que cuando se administraron dietas conteniendo entre un 70% y 120% de los valores de aminoácidos recomendados por NRC (1994), produjeron un leve efecto sobre el porcentaje de grasa total y grasa abdominal en hembras. En cambio en machos, cuando los niveles aportados fueron menos del 100%, de la recomendación, la grasa abdominal aumentó significativamente.

Si se incrementa el nivel de Proteína Bruta y aminoácidos esenciales de la dieta, aumenta la deposición de proteína hasta alcanzar el máximo potencial genético, disminuyendo la deposición de grasa total, con la disminución significativa en el porcentaje de grasa abdominal (Rezaei et al., 2004). Al contrario, cuando se reduce el aporte de Proteína Bruta en la dieta, aumenta la relación energía/proteína, produciéndose un excesivo consumo de energía y aumentando la grasa total de la canal. Evidentemente, este efecto impactará directamente en el rendimiento de la canal ( Hai y Blaha, 2000).

El equilibrio entre el nivel de Proteína Bruta y de los aminoácidos de la dieta, puede afectar los parámetros productivos, como el rendimiento y composición de la canal de los pollos de carne, pudiendo existir interacción con el nivel de energía o nutrientes de la dieta, el potencial productivo o inclusive aspectos referidos al entorno medioambiental de la producción. Los efectos de las diferentes concentraciones de aminoácidos de la dieta, en la composición corporal de las aves de corral en

crecimiento, han sido investigados de diferentes formas. Sin embargo, los resultados de algunos estudios, indicaron efectos sorprendentes de la isoleucina y la lisina de la dieta, sobre el contenido de grasa de los pollos de carne de 3 semanas de edad aproximadamente. Se observaron efectos diferentes, dependiendo del grado de deficiencia de cualquiera de los aminoácidos. A niveles muy bajos de isoleucina o lisina, el contenido de grasa fue relativamente bajo, pero esto aumenta progresivamente con la adición gradual de cualquiera de los aminoácidos. Es probable que esto sea un reflejo de consumos bajos de alimentos que son un rasgo característico de la deficiencia grave de aminoácidos (D'Mello y Lewis, 1978). Por lo tanto, el efecto de un aminoácido en los niveles de grasa de la carcasa, depende del grado de deficiencia. Los niveles de déficit severos, provocan concentraciones de grasa mucho más bajas que la deficiencia moderada. Tal vez, se pueda explicar que sería más práctico considerar la ganancia de lípidos en relación con la ingesta de aminoácidos. Algunas de las respuestas relacionadas con las deficiencias graves fueron evaluadas por Velu et al. (1972) y se obtuvieron mediante el procedimiento de suplementación gradual con dietas purificadas. Otros estudios, evaluaron las respuestas que se refieren a una deficiencia moderada. Los resultados obtenidos fueron mediante la técnica de dilución de la dieta, utilizando raciones basadas en gran medida en fuentes de proteínas convencionales. Aquí no hay conclusiones determinantes, y pone de manifiesto que se deben considerar los aspectos metodológicos, en cualquier interpretación de los resultados de los niveles de grasa en la carcasa, en relación a las concentraciones de aminoácidos de la dieta (Gous y Morris, 1985 y Burnham et al., 1992).

En relación a la capacidad de retención de agua, el color, el pH, la sensibilidad y la aceptabilidad sensorial, estos se usan comúnmente para evaluar la calidad de la carne de pechuga de pollo, debido a que los consumidores prefieren la carne que es jugosa y tierna (McKee y Sams, 1997; Van Laack et al., 2000; Schilling et al., 2003 y Fletcher, 2002). A causa de que algunos ácidos grasos del alimento se depositan directamente en el músculo y otros tejidos corporales, la dieta afecta directamente la composición de la carne de pollo, especialmente la de los muslos debido a los porcentajes de grasa más altos en comparación con la pechuga (Wood y Enser, 1997). Por lo tanto, el aumento de la concentración de ácidos grasos poliinsaturados en la alimentación, en forma libre o en triglicéridos, puede llevar a concentraciones más altas de ácidos grasos poliinsaturados en el tejido muscular y, por

lo tanto, aumenta el potencial de oxidación y potencialmente reduce la vida útil de la carne resultante ( Cortinas et al., 2004 y Suksombat et al., 2007).

Otros estudios, indican que la alimentación de pollos de engorde de 0 a 12% de DDGS no afectó la calidad de la carne de pechuga y la carne de los muslos. Sin embargo, la alimentación con más de 12% de DDGS en las dietas, produce un aumento de los ácidos grasos poliinsaturados en la carne de los muslos, lo que conduce a un aumento de la oxidación durante el tiempo de almacenamiento, pero no tiene ningún efecto sobre la calidad instrumental o sensorial de la carne de pechuga de pollos. Además, otros estudios, demuestran que inclusiones del 12% de DDGS en la alimentación de pollos parrilleros, no afectarían la calidad de la carne de pechuga. Sin embargo, esto incrementa los ácidos grasos poliinsaturados, lo que aumenta la susceptibilidad a una mayor oxidación y posible afectación de la vida de anaquel (Schilling et al., 2010).

En relación a los pollos parrilleros, la incorporación del 8% de DDGS en sus dietas, genera mínimos efectos sobre la calidad de la carne de pechuga, sin presentar diferencias de aceptabilidad en consumidores. Asimismo, los instrumentales utilizados para las mediciones de calidad no presentaron diferencias estadísticamente significativas (Corzo et al., 2009). Algunas investigaciones en pollos jóvenes, sugieren que niveles de inclusión mayores al 15% pueden afectar el desarrollo de pollos menores de 28 días de vida (Loar et al., 2010).

Otras investigaciones de Wang et al. (2008), mencionan que existe una reducción significativa de la carne de pechuga y de los cuartos traseros, con el aumento de DDGS. Los resultados indican que podría utilizarse hasta un 30% de inclusión de DDGS si el precio está justificado. La baja densidad energética de las raciones con altos niveles de DDGS, es probablemente el factor limitante para satisfacer las necesidades de energía de las aves.

Whitney et al. (2006 a,b,c) y Widmer et al. (2008) informaron que la inclusión de un 10% de DDGS podría usarse en dietas de cerdos sin afectar el rendimiento del crecimiento, las características de la canal y la calidad de la carne. Whitney et al. (2006<sup>a</sup>), también determinaron que la inclusión de 20 a 30% de DDGS, en la dieta, resultó en una disminución del crecimiento y efectos mínimos sobre la

calidad de la carne. En contraste, Widmer et al. (2008) informaron que la alimentación con 20% de DDGS tuvo efectos mínimos en la calidad de la carne, con la excepción de la disminución de la firmeza del vientre, un indicador de la disminución de la calidad del tocino y el aumento del porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados en la carne.

Alimentar a los pollos de carne con un 20 a 30% de DDGS, puede no afectar la calidad de la carne de pechuga, de manera similar a la carne de cerdo, debido al bajo porcentaje de grasa que se encuentra en la pechuga, pero potencialmente puede llevar a problemas de calidad en la carne de los muslos, porque el contenido de grasa es mayor que el de la carne de pechuga (Schilling et al., 2010).

## **CAPÍTULO 2:**

### **HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.**

## 2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

A partir de lo desarrollado anteriormente es posible enunciar la siguiente hipótesis de trabajo.

### 2.1 HIPÓTESIS

La inclusión de Burlanda seca, derivada de la producción de biocombustibles de maíz, en la dieta de pollos de carne, no perjudicaría la eficiencia productiva y calidad de la canal, comparada con raciones balanceadas tradicionales.

### 2.2 OBJETIVOS GENERALES:

Determinar las formulaciones de las raciones para pollos de carne que sean más eficientes, al incorporar Burlanda seca a diferentes niveles de inclusión.

Evaluar el efecto de las raciones formuladas con variaciones en la composición nutricional de la Burlanda seca a diferentes niveles de inclusión, sobre la performance productiva y calidad de la canal de los pollos de carne.

#### 2.2.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Evaluar la inclusión de Burlanda seca a niveles superiores en las raciones para pollos de carne, sobre la productividad y calidad de la canal.
- Evaluar la inclusión de Burlanda seca a niveles inferiores en las raciones para pollos de carne, sobre la productividad y calidad de la canal.
- Determinar la energía metabolizable aparente (EMA) de la Burlanda seca en jaulas metabólicas.
- Comparar el desempeño de las aves que consumieron raciones formuladas con la inclusión de Burlanda seca, al considerar los valores de la EMA teórica versus la EMA corregida.

- Determinar que niveles de inclusión de Burlanda seca son los más adecuados para lograr los mejores parámetros productivos y de calidad de la canal.

Para alcanzar los primeros tres objetivos específicos planteados, se diseñaron los experimentos; Primero, Segundo y Tercero, respectivamente. Mientras que el Cuarto experimento permitió cumplimentar con los objetivos cuarto y quinto.

## **CAPÍTULO 3:**

### **MATERIALES Y MÉTODOS.**

### 3.1. INSTALACIONES:

El desarrollo de los diferentes experimentos se realizaron en la Unidad de Investigación Aviar (UIA), de la Cátedra de Producción Avícola, Departamento de Producción Animal, de la Facultad de Agronomía y Veterinaria (FAV) de la Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC). Ésta posee la infraestructura necesaria para la cría de animales en condiciones de termoneutralidad, manejo adecuado y alimentación controlada (Figuras N°3 y N°4).

Figura N°3: Vista exterior de la Unidad de Investigación Aviar. Cátedra de Producción Avícola. Departamento de Producción Animal. FAV-UNRC.



Figura N°4: Vista interior de la Unidad de Investigación Aviar. Cátedra de Producción Avícola. Departamento de Producción Animal. FAV-UNRC.



- La UIA está dividida en corrales para la ejecución de ensayos con un nivel de repetibilidad necesarios, para el cumplimiento de los diseños experimentales con el rigor estadístico correspondiente.
- La planta piloto de fabricación de alimentos balanceados cuenta con un molino eléctrico, con granulometría de molienda regulable, mezcladora horizontal de tipo helicoidal con capacidad para 200 kg y balanza electrónica. Esto permite elaborar las raciones con la precisión exigida en cada ensayo.
- La UIA cuenta además, con un Box de Ambiente Controlado (BAC) con jaulas metabólicas (JM), para la realización de los ensayos en donde es necesaria la colecta de heces bajo condiciones especiales.

#### 3.1.1. AVES:

- Se trabajó con pollos de carne (*Gallus domesticus*), machos, línea comercial Cobb, de diferentes edades dependiendo del ensayo realizado.
- La cría y faena de las aves se realizó de acuerdo a las exigencias del Comité de Ética de la Investigación (CoEdi) de la UNRC.

- Se realizaron cuatro ensayos, utilizando aves de diferentes edades y raciones con distintos niveles de inclusión de Burlanda seca. Se evaluó el comportamiento de esta materia prima, en diferentes niveles de inclusión, en diversas formulaciones de raciones suministradas a las aves en estudio.

### 3.1.2. RACIONES UTILIZADAS

- Preiniciador, Iniciador, Terminador, según requerimientos NRC (1994), FEDNA (2018), Rostagno et al., (2017) y manuales de la líneas genéticas (2019).
- Isocalóricas e isoproteicas para todos los tratamientos.
- Consumo *ad libitum*.
- En la Tabla N° 2 se puede observar la composición nutricional de la Burlanda seca (DDGS), propuesta por FEDNA 2012 y 2018.

Tabla N°2. Composición nutricional de la Burlanda Seca (DDGS) adaptada de FEDNA 2012 y 2018.

<i>Nutriente/unidad</i>	<i>Valor</i>
Humedad %	10,2
EMA/Kcal/kg	2310
PB %	25
Grasa Bruta%	9,3
Lisina Total %	0,68
Lisina Digestible %	0,40
Metionina Total %	0,45
Metionina Digestible %	0,35
Met+Cist %	0,89
Met+Cist Digestible %	0,63
Treonina Total %	0,89
Treonina Digestible %	0,61
Triptofano Total %	0,19
Triptofano Digestible %	0,12
Valina Total %	1,21
Valina Digestible %	0,91
Arginina Total %	1,00
Arginina Digestible %	0,74
Ca %	0,07
Pd %	0,52
Na %	0,40
Cl %	0,45
K %	1,00
Cenizas %	5,3
FB %	7,8

### 3.1.3. PARAMETROS EVALUADOS

Con los resultados obtenidos se procedió a calcular los siguientes índices y parámetros:

- Se evaluaron los indicadores de performance productiva:

-*Conversión alimenticia-CA-*: consumo total de alimento/peso vivo final.

-*Peso Vivo (g.)- PV-*.

-*Ganancia media diaria (g/ave/día)-GMD-*: peso vivo final-peso vivo inicial / N° de aves por repetición / Días

-*Consumo medio diario (g/ave/día)- CMD-*: Consumo de alimento total por réplica / N° aves por réplica / Días

-*Mortalidad:-Mort %-*: (n° aves muertas / n°aves del lote) x 100.

- En la evaluación de la calidad de la canal se determinaron los siguientes parámetros:

-*Peso de canal –PC-*: (g/ave), se considera la canal sin cuello, ni garras ni menudencias.

-*Peso de la Pechuga –PP-*: (g/ave), se considera el peso de la pechuga completa con su base ósea y la piel.

-*Peso de los muslos –PM-*:(g/ave), se considera el peso de la pata-muslo con su base ósea y piel.

-*Peso de la grasa abdominal-PGA-*: (g/ave), se considera el peso de la grasa acumulada en la parte caudal de la cavidad abdominal extraída en su totalidad.

-*Rendimiento de la canal –RC%-*: (Peso de la Canal / Peso Vivo) x 100.

### 3.1.4. SACRIFICIO Y DESPIECE DE LAS AVES:

Una vez finalizado cada experimento y luego de un ayuno previo de seis horas, las aves fueron sacrificadas por dislocación cervical y posterior sangría a blanco. La cantidad de aves sacrificadas se determinó en el diseño experimental de cada ensayo.

Después de obtenidas las canales se relacionó con el peso vivo obtenido previo al sacrificio, para determinar el rendimiento de la misma. Posteriormente se procedió al despiece para cuantificar los pesos de la pechuga (PP), peso de los muslos (PM) y peso de la grasa abdominal (PGA).

### 3.1.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS:

Todos los parámetros estudiados se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) usando el procedimiento de modelos generales lineales del paquete estadístico INFOSTAT, versión 2016 (Di Rienzo et al., 2016). Cuando existieron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) se realizó un test a posteriori (Test de Tukey).

## 3.2. PRIMER EXPERIMENTO:

### 3.2.1. AVES y DISEÑO EXPERIMENTAL:

Durante ésta experiencia fueron utilizados 75 pollos machos Cobb 500 de 14 días edad y con un peso inicial promedio 410g (+/-10g). Las aves fueron alojadas proporcionándoles las condiciones adecuadas de temperatura, humedad y ventilación. Tanto el agua como el alimento fueron suministrado *ad libitum*. Durante la duración del ensayo se realizó el control de temperatura, estado sanitario y mortalidad.

Las aves fueron divididas aleatoriamente en tres tratamientos, compuesto por cinco réplicas de cinco pollos, veinticinco por tratamiento.

- Tratamiento Control – TC- con 0% de Burlanda.
- Tratamiento 1 – T1- con 15% de inclusión de Burlanda,
- Tratamiento 2 – T2- con 30% de inclusión de Burlanda

En la Tabla N° 3, se detalla la conformación de las raciones de los diferentes Tratamientos.

Los pollitos fueron alojados en la UIA y se criaron hasta los 12 días de vida en un solo grupo. Durante este período consumieron una dieta Preiniciadora que cubría los requerimientos según el manual de la línea genética Cobb. A los 13 días se dividieron en los diferentes tratamientos, ya mencionados, y se mantuvieron en observación durante 24 hs para evaluar la adaptación a los diferentes corrales. Durante este tiempo continuaron consumiendo la dieta Preiniciadora.

Luego, a los 14 días de vida, se inició el ensayo. El peso promedio controlado por repetición de los diferentes tratamientos fue de 410g/+10g. El período experimental transcurrió entre los 14 y 42 días de vida.

En la Figura N°5 se puede observar el diseño experimental, donde se detallan los tratamientos, tiempos experimentales y parámetros evaluados en diferentes momentos del ensayo.

El objetivo de este experimento fue evaluar la inclusión de Burlanda Seca a niveles superiores en las raciones para pollos de carne, sobre la productividad y la calidad de la canal.

Se evaluaron los indicadores de performance productiva:

Conversión alimenticia- CA.

Peso vivo final- PV (g).

Ganancia media diaria-GMD (*g/ave/día*).

Consumo medio diario – CMD (*g/ave/día*).

Mortalidad – Mort %.

Al finalizar el ensayo fueron sacrificados 2 pollos por repetición, con un total 30 aves.

Se procedió luego, al análisis de la calidad de la canal:

Peso de la canal – PC (*g/ave*).

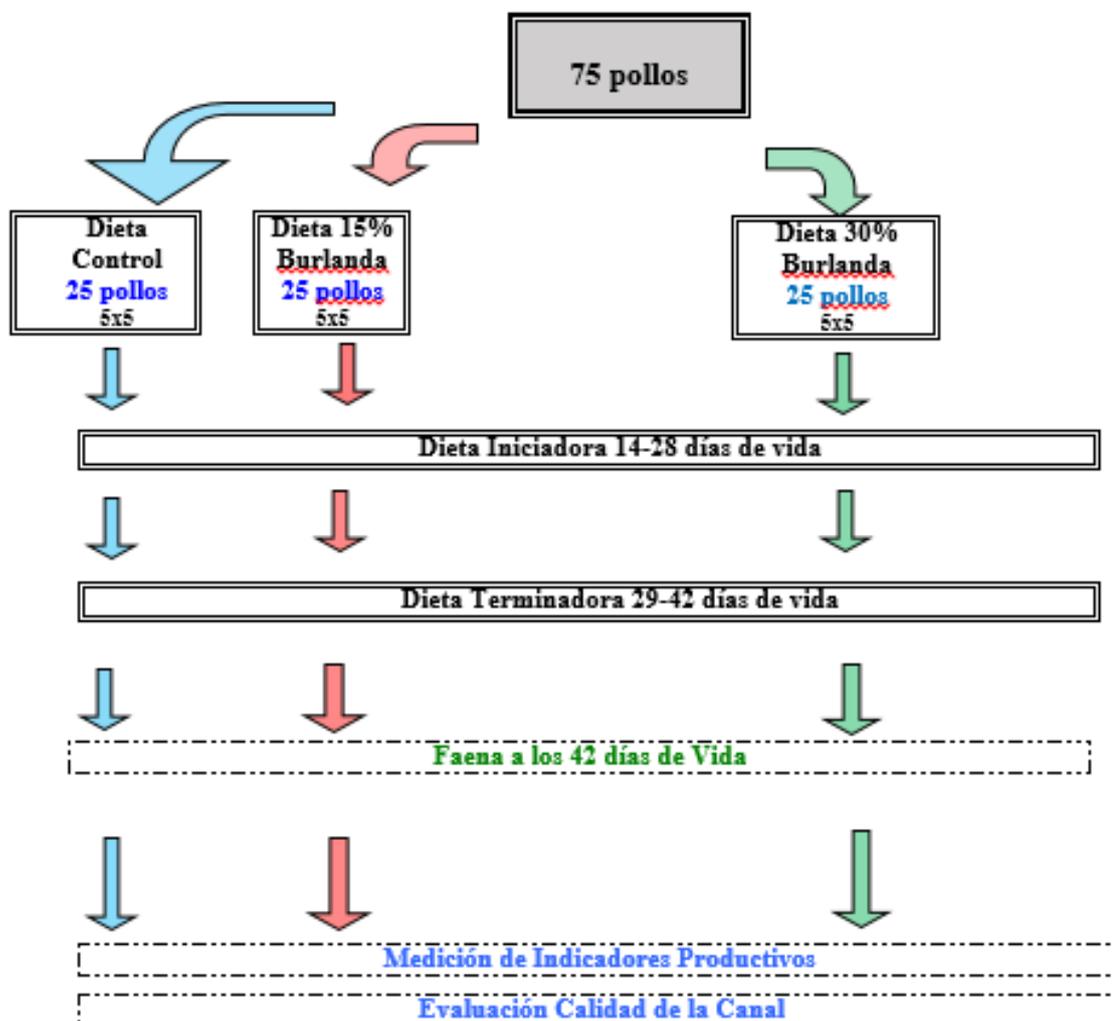
Peso de la Pechuga –PP (*g/ave*).

Peso de los muslos – PM (*g/ave*).

Peso de la grasa abdominal –PGA (*g/ave*).

Rendimiento de la canal - RC %.

Figura N° 5: Esquema del Diseño experimental del primer ensayo.



### 3.2.2. DIETAS EXPERIMENTALES

En este experimento se utilizó una pauta de alimentación de dos fases. Las dietas fueron conformadas a base de maíz y soja, con inclusión de Burlanda en diferentes proporciones.

Iniciador con 20,5% PB y 3100 Kcal/EM/Kg, suministradas desde los 14 a los 28 días de vida.

Terminador con 18,5% PB y 3230 Kcal/EM/Kg consumida desde los 29 a 42 días de vida (ambas dietas se detallan en la Tabla N°3).

Tabla N°3: *Composición Porcentual y Análisis Proximal Estimado de las dietas Iniciadoras, (TC-T1 y T2) utilizadas durante el primer experimento.*

<b>Mat. Primas %</b>	<b>TC</b>	<b>T1 (B15%)</b>	<b>T2 (B30%)</b>
<b>Maíz</b>	56,69	50,15	44,05
<b>Harina de Soja</b>	15,11	6,89	0
<b>Burlanda</b>	0	15	30
<b>Soja Integral</b>	21,59	21,7	20,07
<b>Harina de C y Hueso</b>	5,18	4,34	3,5
<b>Aceite de Soja</b>	0	0	0
<b>Sal</b>	0,35	0,38	0,39
<b>Conchilla</b>	0,53	0,84	1,15
<b>Premix VM</b>	0,15	0,15	0,15
<b>L-Lisina 78%</b>	0,23	0,4	0,56
<b>DL-Metionina 98%</b>	0,17	0,17	0,16
<b>L-Treonina</b>	0,07	0,065	0,072
<b>Monensina</b>	0,05	0,05	0,05
	<i>Análisis Proximal</i>		
<b>MS%</b>	89,1	89,1	89,07
<b>EM Kcal/kg</b>	3100	3100	3092
<b>PB%</b>	20,5	20,5	20,5
<b>Lis Total%</b>	1,29	1,28	1,28
<b>Lis Dig%</b>	1,1	1,1	1,1
<b>Met Total%</b>	0,48	0,49	0,5
<b>Met Dig%</b>	0,45	0,45	0,45
<b>Treo Total%</b>	0,76	0,74	0,73
<b>Treo Dig%</b>	0,65	0,61	0,58
<b>EE%</b>	7,1	8,28	9,17
<b>FB%</b>	3,59	4,01	4,54
<b>Ca%</b>	0,98	0,97	0,97
<b>Pd %</b>	0,44	0,44	0,45
<b>Na %</b>	0,19	0,19	0,18

Premix VM: Ácido Fólico:0,80 -1,60 g, Acido Nicotínico: 18,00 -36,00 g, Pantotenato de Calcio: UI 7,00 -14,00, Vitamina: A UI 4.750.000 -9.500.000, Vitamina D3: UI 1.400.000 -2.800.000, Vitamina E: UI 14.000 -28.000, Vitamina B1: 1,00 -2,00 g, Vitamina B2: 3,00 -6,00 g, Vitamina B6: 1,60- 3,20 g, Vitamina B12: 6,40- 12,80 mg, Biotina: 50,00 -100,00 mg, Vitamina K3: 1,50 -3,00 g, Yodo: 0,40 -0,80 g, Manganeso (óxido): 45,00- 90,00 g, Zinc (óxido): 35,00-70,00 g, Cobre (óxido): 4,00- 8,00 g, Hierro: 30,00 -60,00 g, Selenio: 0,04-0,08 g, Cloruro de Colina: 150,00 -300,00 g, Excipiente g 1000,00 -2000,00.

Tabla N° 4 : *Composición Porcentual y Análisis Proximal de las Dietas Terminadoras de los diferentes tratamientos (TC-T1 y T2) utilizadas durante el primer experimento.*

<b>Mat. Primas %</b>	<b>TC</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>
<b>Maíz</b>	<b>62,58</b>	<b>54,96</b>	<b>51,7</b>
<b>Harina de Soja</b>	<b>2,63</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
<b>Burlanda</b>	<b>-</b>	<b>15</b>	<b>30</b>
<b>Soja Integral</b>	<b>28,36</b>	<b>23,44</b>	<b>11,22</b>
<b>Harina de C y Hueso</b>	<b>5,13</b>	<b>4,28</b>	<b>4,25</b>
<b>Aceite de Soja</b>	<b>-</b>	<b>0,74</b>	<b>1,95</b>
<b>Sal</b>	<b>0,43</b>	<b>0,42</b>	<b>0,38</b>
<b>Conchilla</b>	<b>0,42</b>	<b>0,60</b>	<b>0,5</b>
<b>Premix VM</b>	<b>0,12</b>	<b>0,12</b>	<b>0,12</b>
<b>L-Lisina 78%</b>	<b>0,28</b>	<b>0,39</b>	<b>0,57</b>
<b>DL-Metionina 98%</b>	<b>0,13</b>	<b>0,12</b>	<b>0,12</b>
<b>L-Treonina</b>	<b>0,05</b>	<b>0,055</b>	<b>0,048</b>
<b>Monensina</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>

	<b>Análisis</b>	<b>Proximal</b>	
<b>MS%</b>	<b>89,8</b>	<b>90</b>	<b>90,1</b>
<b>EM Kcal/kg</b>	<b>3230</b>	<b>3230</b>	<b>3230</b>
<b>PB%</b>	<b>18,5</b>	<b>18,5</b>	<b>18,5</b>
<b>Lis Total%</b>	<b>1,15</b>	<b>1,14</b>	<b>1,11</b>
<b>Lis Dig%</b>	<b>0,97</b>	<b>0,97</b>	<b>0,97</b>
<b>Met Total%</b>	<b>0,41</b>	<b>0,42</b>	<b>0,43</b>
<b>Met Dig%</b>	<b>0,38</b>	<b>0,38</b>	<b>0,39</b>
<b>Treo Total%</b>	<b>0,66</b>	<b>0,66</b>	<b>0,63</b>
<b>Treo Dig%</b>	<b>0,55</b>	<b>0,54</b>	<b>0,49</b>
<b>EE%</b>	<b>8,38</b>	<b>9,41</b>	<b>9,83</b>
<b>FB%</b>	<b>3,22</b>	<b>3,71</b>	<b>4,23</b>
<b>Ca%</b>	<b>0,90</b>	<b>0,85</b>	<b>0,85</b>
<b>Pd %</b>	<b>0,43</b>	<b>0,42</b>	<b>0,42</b>
<b>Na %</b>	<b>0,21</b>	<b>0,20</b>	<b>0,20</b>

Premix VM: Ácido Fólico:0,80 -1,60 g, Acido Nicotínico: 18,00 -36,00 g, Pantotenato de Calcio: UI 7,00 -14,00, Vitamina: A UI 4.750.000 -9.500.000, Vitamina D3: UI 1.400.000 -2.800.000, Vitamina E: UI 14.000 -28.000, Vitamina B1: 1,00 -2,00 g, Vitamina B2: 3,00 -6,00 g, Vitamina B6: 1,60- 3,20 g, Vitamina B12: 6,40- 12,80 mg, Biotina: 50,00 -100,00 mg, Vitamina K3: 1,50 -3,00 g, Yodo: 0,40 -0,80 g, Manganeso (óxido): 45,00- 90,00 g, Zinc (óxido): 35,00-70,00 g, Cobre (óxido): 4,00- 8,00 g, Hierro: 30,00 -60,00 g, Selenio: 0,04-0,08 g, Cloruro de Colina: 150,00 -300,00 g, Excipiente g 1000,00 -2000,00.

La formulación se realizó en base a los requerimientos de Rostagno et al., (2011), NRC (1994), FEDNA (2012) y el manual de la línea genética Cobb.

Todas las raciones fueron elaboradas en la Planta Piloto de la UIA. Las materias primas fueron obtenidas de proveedores locales. La Burlanda seca fue provista por Bio4 S.A., planta etanolera próxima a la ciudad de Río Cuarto. Durante el proceso de fabricación se trabajó con lotes cerrados de cada uno de los tratamientos, elaborando la totalidad de kg calculados para el consumo de las aves, manteniendo un margen de seguridad. Durante el ensayo se almacenaron las raciones en recipientes cerrados, en lugar seco y fresco. La distribución de los alimentos se realizó con el control de una balanza electrónica con capacidad máxima para 30 kg.

**Tabla N°5:** Composición del Premix Vitamínico-Mineral (N-VM) incorporado en las raciones de todos los experimentos realizados y Dosificación según categoría de ración.

<b>Principio Activo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
Acido Fólico	g	0,80 -1,60
Acido Nicotínico	g	18,00 -36,00
Pantotenato de Calcio	UI	7,00 -14,00
Vitamina A	UI	4.750.000 -9.500.000
Vitamina D3	UI	1.400.000 -2.800.000
Vitamina E	UI	14.000 -28.000
Vitamina B1	g	1,00 -2,00
Vitamina B2	g	3,00 -6,00
Vitamina B6	g	1,60- 3,20
Vitamina B12	mg	6,40- 12,80
Biotina	mg	50,00 -100,00
Vitamina K3	g	1,50 -3,00
Yodo	g	0,40 -0,80
Manganeso (óxido)	g	45,00- 90,00
Zinc (óxido)	g	35,00 -70,00
Cobre (óxido)	g	4,00- 8,00
Hierro	g	30,00 -60,00
Selenio	g	0,04 -0,08
Cloruro de Colina	g	150,00 -300,00
Excipiente	g	1000,00 -2000,00
<b>Categoría</b>	<b>Dosis</b>	
<b>Preiniciador</b>		<b>2Kg/TN AB</b>
<b>Iniciador</b>		<b>1,5kg/ TN AB</b>
<b>Terminador</b>		<b>1,25kg/TN AB</b>

### 3.3 SEGUNDO EXPERIMENTO:

#### 3.3.1. AVES Y DISEÑO EXPERIMENTAL:

Durante ésta experiencia fueron utilizados 90 pollos machos Cobb 500 de 21 días edad y con un peso inicial 800g (+/-10g). Las aves fueron alojadas en la UIA, desde el primer día de vida, proporcionándoles las condiciones adecuadas de temperatura, humedad y ventilación. Hasta el día 19 de vida fueron criados en un solo grupo, luego, al día 20 de vida, se dividieron en los corrales de las diferentes réplicas siendo observados durante 24hs para evaluar la adaptación a los corrales.

Desde el día 1 al 14 de vida consumieron una dieta Preiniciadora y luego una dita Iniciadora hasta los 20 días de vida, ambas elaboradas en la UIA, cubriendo los requerimientos según el manual de la línea genética Cobb. Tanto el agua como el alimento fueron suministrado *ad libitum*. Durante la duración del ensayo se realizó el control de temperatura, estado sanitario y mortalidad.

A los 20 días de vida, las aves fueron divididas, aleatoriamente, en tres tratamientos, compuesto por cinco réplicas de seis aves cada uno, treinta por tratamiento. Cada uno de éstos recibió dietas con diferentes niveles de inclusión de Burlanda seca, como se describe a continuación:

Tratamiento Control (TC) con 0% de Burlanda seca.

Tratamiento 1 (T1) con 10% de inclusión de Burlanda seca.

Tratamiento 2 (T2) con 20% de inclusión de Burlanda seca.

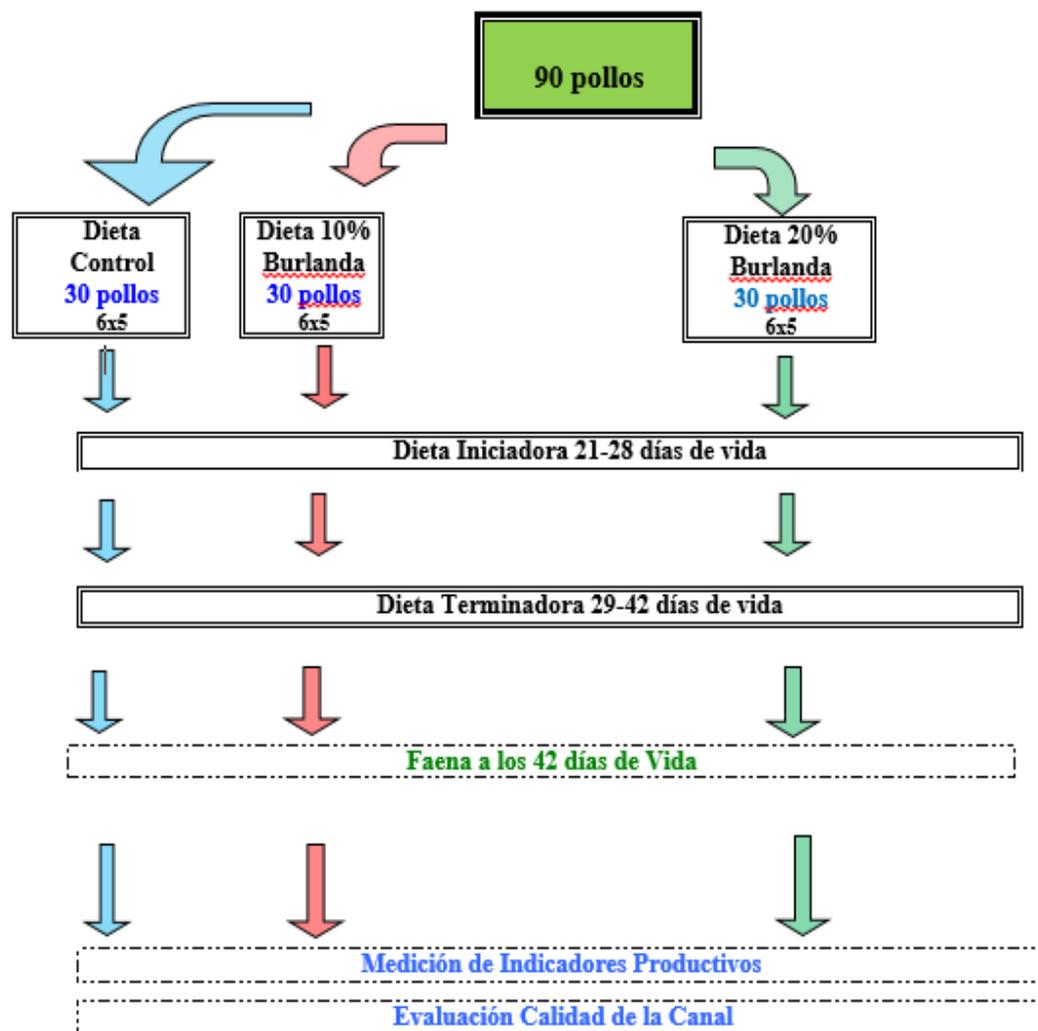
En las Tablas N°6 y N°7 se detallan las raciones utilizadas en los diferentes tratamientos durante el ensayo. El período experimental transcurrió entre los 21 y 42 días de vida. El objetivo de este segundo experimento fue evaluar la inclusión de Burlanda seca a niveles inferiores en las raciones de pollos para carne, sobre la productividad y calidad de la canal.

En la Figura N°6 se puede observar el diseño experimental, donde se detallan los tratamientos, tiempos experimentales y parámetros evaluados en diferentes momentos del ensayo.

Desde los 21 a los 28 días de vida, las aves consumieron una ración Iniciadora y desde los 29 a los 42 días de vida, una ración Terminadora. La ración Iniciadora con un 20,5% de PB y 3100 Kcal/EM/Kg. y la Terminadora con 18,5 % de PB y 3230 Kcal/EM/Kg consumida hasta el final del ensayo.

En la Tabla N° 6 y N°7 se puede observar en detalle la composición porcentual y el análisis proximal de las raciones. La formulación se realizó de acuerdo a los requerimientos nutricionales indicados por varias fuentes, tales como; Rostagno et al., (2011), NRC (1994), FEDNA (2012), manuales de la línea genética Cobb.

Figura N°6: Esquema del Diseño Experimental utilizado durante segundo ensayo.



### 3.3.2. DIETAS EXPERIMENTALES

Tabla N° 6: Composición Porcentual y Análisis proximal de las Dietas Iniciadoras utilizadas durante el segundo experimento.

<b>Mat.Primas %</b>	<b>TC</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>
Maíz	59,4	54,17	48,84
Hna Soja-45%	17,31	11	4,71
Soja Integral	16,42	18,29	20,16
Burlanda Seca		10	20
Harina de C y Hueso	5,41	4,83	6,24
Aceite de Soja	-	-	-
Sal	0,35	0,37	0,39
Conchilla	0,47	0,68	0,88
Premix VM	0,15	0,15	0,15
L-Lisina	0,24	0,35	0,47
DL-Metionina	0,17	0,22	0,16
L-Treonina	0,07	0,065	0,072
Monensina	0,05	0,05	0,05
	<i>Análisis</i>	<i>Proximal</i>	
MS%	90,5	89,5	90,2
EM Kcal/kg	3100	3100	3100
PB%	20,5	20,5	20,5
Lis Total%	1,28	1,28	1,29
Lis Dig%	1,11	1,11	1,11
Met Total%	0,48	0,48	0,49
Met Dig%	0,45	0,45	0,45
Treo Total%	0,75	0,76	0,75
Treo Dig%	0,65	0,62	0,59
EE%	6,31	7,38	8,45
FB%	3,18	3,64	4,1
Ca%	0,97	0,97	0,97
Pd %	0,45	0,45	0,45
Na%	0,19	0,20	0,19

Premix VM: Ácido Fólico:0,80 -1,60 g, Acido Nicotínico: 18,00 -36,00 g, Pantotenato de Calcio: UI 7,00 -14,00, Vitamina: A UI 4.750.000 -9.500.000, Vitamina D3: UI 1.400.000 -2.800.000, Vitamina E: UI 14.000 -28.000, Vitamina B1: 1,00 -2,00 g, Vitamina B2: 3,00 -6,00 g, Vitamina B6: 1,60- 3,20 g, Vitamina B12: 6,40- 12,80 mg, Biotina: 50,00 -100,00 mg, Vitamina K3: 1,50 -3,00 g, Yodo: 0,40 -0,80 g, Manganeso (óxido): 45,00- 90,00 g, Zinc (óxido): 35,00-70,00 g, Cobre (óxido): 4,00- 8,00 g, Hierro: 30,00 -60,00 g, Selenio: 0,04-0,08 g, Cloruro de Colina: 150,00 -300,00 g, Excipiente g 1000,00 -2000,00.

Tabla N° 7: Composición porcentual y Análisis Proximal de las Dietas Terminadoras utilizadas durante el segundo experimento.

Mat.Primas %	TC	T1	T2
Maíz	62,58	56,6	53,3
Hna de Soja-45%	2,63	-	-
Soja Integral	28,36	26,68	19,95
Burlanda Seca	-	10	20
Hna de C y Hueso	5,13	4,54	4,02
Aceite de Soja	-	-	1,20
Sal	0,43	0,42	0,43
Conchilla	0,42	0,26	0,44
Premix VM	0,12	0,12	0,12
L-Lisina	0,28	0,35	0,44
DL-Metionina	0,13	0,13	0,12
L-Treonina	0,05	0,53	0,49
Monensina	0,05	0,05	0,05
		Análisis	Proximal
MS%	89,8	89,5	89,9
EM Kcal/kg	3230	3230	3230
PB%	18,5	18,5	18,5
Lis Total%	1,15	1,15	1,13
Lis Dig%	0,97	0,97	0,97
Met Total%	0,41	0,42	0,43
Met Dig%	0,38	0,39	0,39
Treo Total%	0,66	0,65	0,64
Treo Dig%	0,57	0,57	0,51
EE%	8,38	8,86	9,66
FB%	3,22	3,62	3,95
Ca%	0,90	0,85	0,86
Pd%	0,43	0,42	0,42
Na%	0,21	0,20	0,20

Premix VM: Ácido Fólico:0,80 -1,60 g, Acido Nicotínico: 18,00 -36,00 g, Pantotenato de Calcio: UI 7,00 -14,00, Vitamina: A UI 4.750.000 -9.500.000, Vitamina D3: UI 1.400.000 -2.800.000, Vitamina E: UI 14.000 -28.000, Vitamina B1: 1,00 -2,00 g, Vitamina B2: 3,00 -6,00 g, Vitamina B6: 1,60- 3,20 g, Vitamina B12: 6,40- 12,80 mg, Biotina: 50,00 -100,00 mg, Vitamina K3: 1,50 -3,00 g, Yodo: 0,40 -0,80 g, Manganeso (óxido): 45,00- 90,00 g, Zinc (óxido): 35,00-70,00 g, Cobre (óxido): 4,00- 8,00 g, Hierro: 30,00 -60,00 g, Selenio: 0,04-0,08 g, Cloruro de Colina: 150,00 -300,00 g, Excipiente g 1000,00 -2000,00.

### 3.4. TERCER EXPERIMENTO

Para la determinación de Energía metabolizable aparente (EMA) de la Burlanda seca se diseñó el tercer experimento. En este caso, mediante la metodología desarrollada en jaulas metabólicas, se trabajó en la determinación EMA para poder utilizar esta información en la formulación de raciones del cuarto experimento.

El método de experimentación fue descrito por Sakomura y Rostagno (2007) y consistió en:

Durante cinco días se colectaron las excretas de aves alimentadas con dos raciones: Iniciador tradicional (Tabla N° 9) y una dieta constituida de 60% de Iniciador tradicional y 40% de Burlanda seca (DDGS).

Se determinó el consumo de alimento diariamente (diferencia entre la oferta diaria de ración y los restos recuperados del comedero) y la generación de excretas, dos veces al día (pesaje).

El alimento se analizó en una bomba calorimétrica para la determinación de energía bruta. Las excretas fueron retiradas y secadas en estufa a 55°C durante 72hs. Luego se volvieron a pesar para determinar la pérdida de humedad. Una vez secas, se almacenaron en freezer (-18C°). Posteriormente, se molieron con un molinillo de café y luego se analizaron en una bomba calorimétrica (marca Parr modelo 1261- Parr Instrument Company- Moline, IL, USA) de modo que se determinó la energía bruta. A partir de la determinación de las energías brutas se calcularon las energías metabolizables aparentes, correspondientes a cada muestra. Dichas determinaciones se realizaron siguiendo el siguiente protocolo:

#### **Método de colecta total:**

Fueron utilizados 96 pollitos machos de la Línea Cobb, que se alojaron desde el día 1 al 13 de vida en la Unidad de Investigación Aviar de la FAV-UNRC. Durante este período recibieron una ración Preiniciadora de acuerdo a la Tabla N°8.

A partir de los 14 días de edad fueron transferidos a la Unidad de Ambiente Controlado y alojados en las jaulas metabólicas.

Tabla N°8: Composición porcentual y Análisis Proximal de la Dieta Preiniciadora consumida durante el los primeros 13 días de vida de los pollitos.

<b>Mat. Primas</b>	<b>% de Inclusión</b>
Maíz	55,50
Hna de Soja-45	35,90
Soja Integral	-
Burlanda Seca	-
Harina de C y Hueso	6,50
Aceite de Soja	-
Sal	0,30
Conchilla	0,31
Premix VM	0,2
L-Lisina HCL	0,19
L-Treonina	0,07
DL-Metionina	0,18
Monensina	0,05
	<i>Análisis Proximal</i>
MS%	90,2
EM Kcal/kg	2900
PB%	23,48
Lis Total%	1,4
Lis Dig%	1,27
Met Total%	0,53
Met Dig%	0,50
Treo Total%	0,99
Treo Dig%	0,88
EE%	3,59
FB%	3,17
Ca%	1,05
Pd %	0,51
Na %	0,21

Premix VM: Ácido Fólico:0,80 -1,60 g, Acido Nicotínico: 18,00 -36,00 g, Pantotenato de Calcio: UI 7,00 -14,00, Vitamina: A UI 4.750.000 -9.500.000, Vitamina D3: UI 1.400.000 -2.800.000, Vitamina E: UI 14.000 -28.000, Vitamina B1: 1,00 -2,00 g, Vitamina B2: 3,00 -6,00 g, Vitamina B6: 1,60- 3,20 g, Vitamina B12: 6,40- 12,80 mg, Biotina: 50,00 -100,00 mg, Vitamina K3: 1,50 -3,00 g, Yodo: 0,40 -0,80 g, Manganeso (óxido): 45,00- 90,00 g, Zinc (óxido): 35,00-70,00 g, Cobre (óxido): 4,00- 8,00 g, Hierro: 30,00 -60,00 g, Selenio: 0,04-0,08 g, Cloruro de Colina: 150,00 -300,00 g, Excipiente g 1000,00 -2000,00.

**Instalaciones:** Las aves fueron alojadas en jaulas metabólicas (80cm x 60cm x 50cm) con comederos, bebederos y bandejas para la colecta de excretas individuales de cada unidad experimental (Figura N°7 y N°8).

**Período experimental:** el período de adaptación a las raciones y a las jaulas metabólicas fue de cinco días. A partir de los 19 días de edad se colectaron las excretas y se controló el consumo de la ración durante cinco días también.

Figura N°7: Jaulas Metabólicas de la Unidad de Ambiente Controlado. UIA-  
Depto. Producción Animal. FAV -UNRC.



### 3.4.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

**Diseño experimental:** Se dividieron las aves en dos tratamientos, con ocho replicas y seis aves por jaula, con un total de noventa y seis aves.

**Raciones:** Para determinar la EMA fueron utilizadas dos raciones, una de referencia sin la inclusión de Burlanda y la otra con la inclusión de Burlanda, como se detalla a continuación:

+Tratamiento 1 (T1): ésta es una ración de referencia, formulada para cubrir las exigencias nutricionales de las aves. T1 en Jaulas N° 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13 y 15 (Tabla N°9)

+Tratamiento 2 (T2): formulada con un 60% de la dieta T1 y un 40% de Burlanda seca. Aquí se utilizaron las Jaulas N° 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 y 16.

Figura N° 8: Jaulas Metabólicas de la Unidad de Ambiente Controlado. FAV-UNRC.



**Administración de las raciones:** como fue necesario determinar el consumo por unidad experimental, dicho cálculo se realizó durante todo el período experimental. El consumo en este período fue ad-libitum. Los comederos se controlaron y abastecieron varias veces al día para evitar pérdidas.

**Colecta de excretas:** la misma se realizó dos veces al día, al inicio de la mañana (8 hs.) y al final de la tarde (18 hs), para evitar fermentación y pérdida de los nutrientes. Después de las colectas, las excretas se acondicionaron en bolsas plásticas, identificadas por unidad experimental, fecha, y fueron mantenidas en un freezer.

**Control de consumo:** Al final del período de colecta, los excedentes de la ración fueron pesados para cuantificar su consumo. Se tomaron muestras de las raciones correctamente identificadas y almacenadas en freezer para posteriores análisis.

Tabla N°9: Composición porcentual y análisis Proximal de la Ración de referencia- T1- consumida por los pollitos durante el ensayo de metabolismo.

Mat. Primas %	% de Inclusión	
Maíz	59,4	
Harina de Soja	17,31	
Soja Integral	16,42	
Burlanda Seca		
Harina de C y Hueso	5,41	
Aceite de Soja	-	
Sal	0,35	
Conchilla	0,47	
Premix VM	0,2	
L-Lisina HCL	0,24	
L-Treonina	0,08	
DL-Metionina	0,17	
Monensina	0,05	
	<i>Análisis</i>	<i>Proximal</i>
MS%	90,5	
EM Kcal/kg	3100	
PB%	20,5	
Lis Total%	1,28	
Lis Dig%	1,11	
Met Total%	0,48	
Met Dig%	0,45	
Treo Total%	0,76	
Treo Dig%	0,65	
EE%	6,31	
FB%	3,18	
Ca%	0,97	
Pd %	0,45	
Na %	0,19	

Premix VM: Ácido Fólico:0,80 -1,60 g, Acido Nicotínico: 18,00 -36,00 g, Pantotenato de Calcio: UI 7,00 -14,00, Vitamina: A UI 4.750.000 -9.500.000, Vitamina D3: UI 1.400.000 -2.800.000, Vitamina E: UI 14.000 -28.000, Vitamina B1: 1,00 -2,00 g, Vitamina B2: 3,00 -6,00 g, Vitamina B6: 1,60- 3,20 g, Vitamina B12: 6,40- 12,80 mg, Biotina: 50,00 -100,00 mg, Vitamina K3: 1,50 -3,00 g, Yodo: 0,40 -0,80 g, Manganeso (óxido): 45,00- 90,00 g, Zinc (óxido): 35,00-70,00 g, Cobre (óxido): 4,00- 8,00 g, Hierro: 30,00 -60,00 g, Selenio: 0,04-0,08 g, Cloruro de Colina: 150,00 -300,00 g, Excipiente g 1000,00 -2000,00.

Preparación de las muestras: las muestras de las excretas se secaron en una estufa con ventilación forzada a 55°C por 72hs y luego se molieron (Figura N°9). Las muestras de las raciones utilizadas, en el experimento, también se molieron.

Figura N°9: Muestras de excretas secas previo a la molienda.



Análisis de laboratorio: Las muestras de excretas y raciones se analizaron para determinar: materia seca (MS), nitrógeno (N) y energía bruta (EB). Para éste último se utilizó una bomba calorimétrica Isoperbólica marca Parr- Modelo 1261 (Parr Instrument Company-Moline, IL, USA).

Cálculos de Energía Metabolizable Aparente (EMA):

Con la base de los datos de consumo de ración, la producción de excretas, los análisis de Materia Seca, Nitrógeno, y Energía Bruta (AOAC, 1995) tanto de las raciones como de las excretas, se determinó la EMA de acuerdo a las ecuaciones propuestas por Matterson et al. (1965):

EMA, energía metabolizable aparente:

$$\text{EMA T1} = \frac{\text{EB ing} - \text{EB exc}}{\text{MS ing}}$$

$$\text{EMA T2} = \frac{\text{EB ing} - \text{EB exc}}{\text{MS Ing}}$$

$$\text{EMA materia prima} = \text{EMA T1} + \frac{\text{EMA T2} - \text{EMA T1}}{\text{g materia prima / g de ración}}$$

EMA T1: Energía metabolizable aparente del tratamiento 1.

EMA T2: energía metabolizable aparente del tratamiento 2.

EB ing.: energía bruta ingerida.

EB exc.: energía bruta excretada.

EMA materia prima: Energía metabolizable aparente de la materia prima en estudio, en este caso Burlanda seca.

MS ing: Materia seca ingerida

### 3.5 CUARTO EXPERIMENTO:

#### 3.5.1. AVES Y DISEÑO EXPERIMENTAL:

Durante ésta experiencia fueron utilizados 120 pollos machos Cobb 500. El ensayo duró desde el día 1 al 44 de vida. Las aves fueron alojadas en la UIA, desde el primer día de vida, proporcionándoles las condiciones adecuadas de temperatura, humedad y ventilación. Desde el inicio se dividieron en los corrales de las diferentes réplicas siendo observados durante 24hs para evaluar la adaptación a los corrales.

Las aves fueran divididas aleatoriamente, en cuatro tratamientos, compuestos por cinco réplicas de seis aves cada uno, treinta por tratamiento. Al finalizar el ensayo a los 44 días de vida se calcularon y se evaluaron los siguientes indicadores de performance productiva:

Conversión alimenticia –CA.

Peso Vivo final – PV (g/ave).

Ganancia media diaria- GMD (g/ave/día).

Consumo medio diario- CMD (g/ave/día).

Mortalidad – Mort %.

También fueron sacrificados 2 pollos por repetición, con total 40 aves. Se procedió luego, al análisis de la calidad de la canal:

Peso de la canal – PC (g/ave).

Peso de la Pechuga- PP (g/ave).

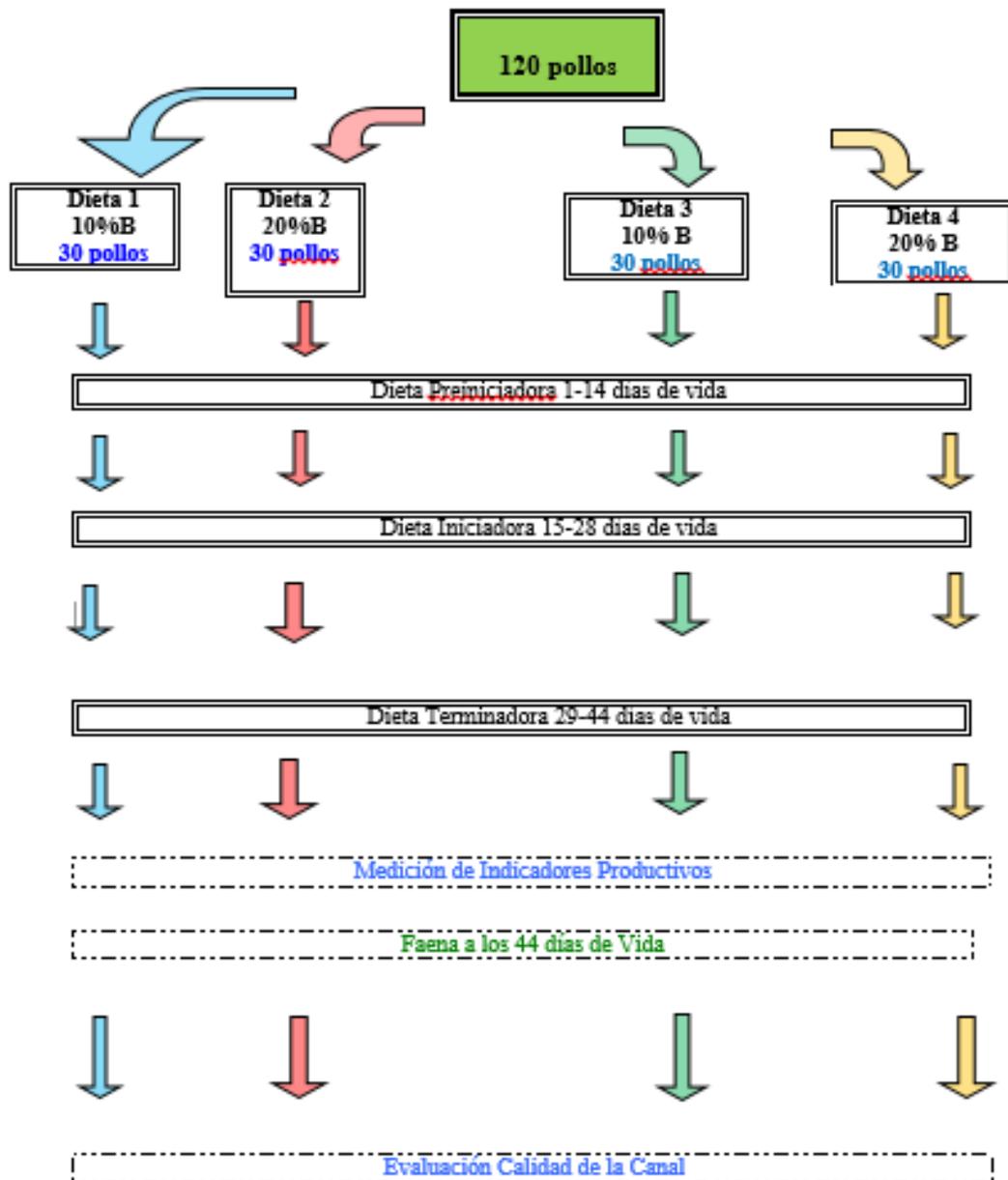
Peso de los muslos- PM (g/ave).

Peso grasa abdominal- PGA (g/ave).

Rendimiento de la canal- RC %.

En la Figura N°10 se puede observar el diseño experimental, donde se detallan los tratamientos, tiempos experimentales y parámetros evaluados en diferentes momentos del ensayo.

Figura N° 10: Esquema del diseño del cuarto experimento.



### 3.5.2. TRATAMIENTOS Y DIETAS EXPERIMENTALES:

Como a través del Experimento N°3 se determinaron nuevos valores de la EMA de la Burlanda seca, se utilizaron estos datos para corregir los niveles energéticos de la matriz nutricional. En la Tabla N° 10 se pueden observar las dos matrices nutricionales de la Burlanda seca. En la Matriz corregida se ajustaron los niveles de EMA, de acuerdo a lo obtenido en el Experimento N°3. En cuanto a los AA, se ajustaron teniendo en cuenta los niveles teóricos informados por diferentes fuentes bibliográficas. Luego se formularon raciones con dos niveles de inclusión de Burlanda considerando las diferentes matrices nutricionales de la Burlanda Seca. Por ello se realizaron los tratamientos que se detallan a continuación:

Tratamiento 1 (T1): Dieta con un 10% de Burlanda seca, con matriz nutricional teórica.

Tratamiento 2 (T2): Dieta con un 20% de Burlanda seca, con matriz nutricional teórica.

Tratamiento 3 (T3): Dieta con un 10% de Burlanda seca, con matriz nutricional corregida.

Tratamiento 4 (T4): Dieta con un 20% de Burlanda seca, con matriz nutricional corregida.

En este experimento se utilizó una pauta de alimentación de tres fases. Las dietas fueron conformadas a base de maíz y soja, con inclusión de Burlanda en diferentes proporciones, como ya se detalló anteriormente.

Tanto el agua como el alimento fueron suministrado *ad libitum*. Durante la duración del ensayo se realizó el control de temperatura, estado sanitario y mortalidad.

También se ajustaron los niveles del resto de los nutrientes, de acuerdo a las determinaciones analíticas y estimaciones realizadas.

Desde el día 1 al 14 de vida consumieron una dieta Preiniciadora, 23,5% PB y 2950 Kcal/EM/kg. Las mismas fueron elaboradas en la UIA, cubriendo los requerimientos según la bibliografía de referencia utilizada.

**Tabla N° 10: Matrices nutricionales de la Burlanda utilizada en el Experimento N° 4**

<b>Composición Nutricional</b>	<b>Unidad</b>	<b>Burlanda Teórica</b>	<b>Burlanda Corregida</b>
EMA	Kcal/kg	2750	2248
Materia Seca	%	90	90
Extracto Etéreo	%	11	8,2
Proteína Bruta	%	27,45	26,7
Fibra Bruta	%	8	12,5
Lisina Total	%	0,76	0,74
Lisina dig	%	0,57	0,5
Metionina	%	0,5	0,48
Metionina dig	%	0,43	0,40
Treonina	%	0,98	0,95
Treonina dig	%	0,72	0,69
Valina	%	1,3	1,1
Valina dig	%	1,05	0,95
Met + Cistina	%	1,04	1
Arginina	%	1,09	0,98
Isoleucina	%	0,96	0,92
Cenizas	%	5,3	5,1
Ca	%	0,07	0,04
Fosforo Total	%	0,77	0,70
Fosforo disp.	%	0,48	0,43

A partir de los 15 hasta los 28 días de vida, las aves consumieron una ración Iniciadora 20,5% de Proteína Bruta y 3100 Kcal/EM/Kg. Luego, desde los 29 a los 42 días de vida, una ración Terminadora con 18,5 % de Proteína Bruta y 3230 Kcal/EM/Kg consumida hasta el final del ensayo. En la Tabla N° 11, 12 y 13, se pueden observar en detalle la composición porcentual y el análisis proximal de las raciones. La formulación se realizó de acuerdo a los requerimientos nutricionales sugeridos por varias fuentes, tales como; Rostagno (2017), NRC (1994), FEDNA (2012), manuales de línea genética Cobb.

**Tabla N° 11: Composición porcentual y análisis proximal de las Dietas Preiniciadoras utilizadas en los diferentes tratamientos del experimento N° 4.**

<b>Mat.Primas %</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
Maíz	52,7	48,8	51,6	44,8
Hna de Soja-45%	29,65	23,3	25,48	15,17
Soja Integral	-	-	5,25	12,26
Burlanda Seca	10	20	10	20
Harina de C y Hueso	6,5	6,41	6,48	6,50
Aceite de Soja	-	-	-	-
Sal	0,27	0,23	0,29	0,32
Conchilla	0,33	0,36	0,33	0,35
Premix VM*	0,2	0,2	0,2	0,2
L-Lisina	0,29	0,43	0,31	0,41
DL-Metionina	0,18	0,17	0,19	0,19
L-Treonina	0,048	0,08	0,09	0,09
Monensina	0,05	0,05	0,05	0,05
		<b>Análisis</b>	<b>Proximal</b>	
MS%	89,9	90,1	90,8	90
EM Kcal/kg	2950	2950	2950	2950
PB%	23,5	23,5	23,5	23,5
Lis Total%	1,40	1,41	1,40	1,40
Lis Dig%	1,27	1,28	1,27	1,27
Met Total%	0,53	0,54	0,53	0,54
Met Dig%	0,50	0,49	0,50	0,50
Treo Total%	0,95	0,93	0,94	0,95
Treo Dig%	0,82	0,84	0,84	0,85
EE%	4,45	5,33	5,04	6,75
FB%	3,57	3,97	4,07	5,04
Ca%	1,05	1,05	1,05	1,05
Pd** %	0,54	0,58	0,54	0,57
Na %	0,21	0,22	0,21	0,22

\*Premix VM: Ácido Fólico:0,80 -1,60 g, Acido Nicotínico: 18,00 -36,00 g, Pantotenato de Calcio: UI 7,00 -14,00, Vitamina: A UI 4.750.000 -9.500.000, Vitamina D3: UI 1.400.000 -2.800.000, Vitamina E: UI 14.000 -28.000, Vitamina B1: 1,00 -2,00 g, Vitamina B2: 3,00 -6,00 g, Vitamina B6: 1,60- 3,20 g, Vitamina B12: 6,40- 12,80 mg, Biotina: 50,00 -100,00 mg, Vitamina K3: 1,50 -3,00 g, Yodo: 0,40 -0,80 g, Manganeso (óxido): 45,00- 90,00 g, Zinc (óxido): 35,00-70,00 g, Cobre (óxido): 4,00- 8,00 g, Hierro: 30,00 -60,00 g, Selenio: 0,04-0,08 g, Cloruro de Colina: 150,00 -300,00 g, Excipiente g 1000,00 -2000,00. \*\*Pd: fósforo disponible.

**Tabla N° 12: Composición porcentual y análisis proximal de las Dietas Iniciadoras de los diferentes tratamientos del experimento N°4.**

Mat.Primas %	T1	T2	T3	T4
Maíz	54,17	48,84	52,22	46,32
Hna Soja-45%	11	4,71	6,84	-
Soja Integral	18,29	20,16	24,35	27,44
Burlanda Seca	10	20	10	20
Harina de C y Hueso	4,83	6,24	4,87	4,19
Aceite de Soja	-	-	-	-
Sal	0,37	0,39	0,38	0,38
Conchilla	0,68	0,88	0,66	0,90
Premix VM*	0,1	0,1	0,1	0,1
L-Lisina	0,35	0,47	0,37	0,47
DL-Metionina	0,22	0,16	0,17	0,17
L-Treonina	0,06	0,07	0,068	0,07
Monensina	0,05	0,05	0,05	0,05
		Análisis	Proximal	
MS%	89,5	90,2	90,1	89,9
EM Kcal/kg	3100	3100	3100	3100
PB%	20,5	20,5	20,5	20,5
Lis Total%	1,28	1,29	1,30	1,31
Lis Dig%	1,11	1,11	1,12	1,10
Met Total%	0,48	0,49	0,49	0,49
Met Dig%	0,45	0,45	0,45	0,45
Treo Total%	0,76	0,74	0,75	0,77
Treo Dig%	0,64	0,63	0,65	0,66
EE%	7,38	8,45	8,09	9,06
FB%	3,64	4,1	4,17	5,11
Ca%	0,97	0,97	0,97	0,97
Pd** %	0,45	0,45	0,45	0,44
Na %	0,19	0,19	0,19	0,18

\*Premix VM: Ácido Fólico:0,80 -1,60 g, Acido Nicotínico: 18,00 -36,00 g, Pantotenato de Calcio: UI 7,00 -14,00, Vitamina: A UI 4.750.000 -9.500.000, Vitamina D3: UI 1.400.000 -2.800.000, Vitamina E: UI 14.000 -28.000, Vitamina B1: 1,00 -2,00 g, Vitamina B2: 3,00 -6,00 g, Vitamina B6: 1,60- 3,20 g, Vitamina B12: 6,40- 12,80 mg, Biotina: 50,00 -100,00 mg, Vitamina K3: 1,50 -3,00 g, Yodo: 0,40 -0,80 g, Manganeso (óxido): 45,00- 90,00 g, Zinc (óxido): 35,00-70,00 g, Cobre (óxido): 4,00- 8,00 g, Hierro: 30,00 -60,00 g, Selenio: 0,04-0,08 g, Cloruro de Colina: 150,00 -300,00 g, Excipiente g 1000,00 -2000,00. \*\*Pd: fósforo disponible.

**Tabla N° 13 : Composición porcentual y análisis proximal de las Dietas Terminadoras de los diferentes tratamientos utilizadas en el experimento N°4**

Mat.Primas %	T1	T2	T3	T4
Maíz	56,6	53,3	58,75	53,5
Hna de Soja-45%	-	-	-	
Soja Integral	26,68	19,95	24,36	18
Burlanda Seca	10	20	10	20
Harina de C y Hueso	4,54	4,02	4,52	4,73
Aceite de Soja	-	1,20	0,92	2,20
Sal	0,42	0,43	0,41	0,40
Conchilla	0,26	0,44	0,53	0,35
Premix VM*	0,2	0,2	0,2	0,2
L-Lisina	0,35	0,44	0,35	0,46
DL-Metionina	0,13	0,12	0,13	0,14
L-Treonina	0,05	0,048	0,048	0,051
Monensina	0,05	0,05	0,05	0,05
		Análisis	Proximal	
MS%	89,5	89,9	90,1	89,5
EM Kcal/kg	3230	3230	3230	3230
PB%	18,5	18,5	18,5	18,5
Lis Total%	1,15	1,13	1,12	1,12
Lis Dig%	0,97	0,97	0,97	0,97
Met Total%	0,42	0,43	0,41	0,42
Met Dig%	0,39	0,39	0,38	0,39
Treo Total%	0,65	0,66	0,67	0,65
Treo Dig%	0,57	0,59	0,58	0,56
EE%	8,86	9,66	9,43	10,05
FB%	3,62	3,95	3,91	4,74
Ca%	0,85	0,86	0,85	0,85
Pd%	0,42	0,42	0,42	0,42
Na%	0,20	0,20	0,20	0,19

\*Premix VM: Ácido Fólico:0,80 -1,60 g, Acido Nicotínico: 18,00 -36,00 g, Pantotenato de Calcio: UI 7,00 -14,00, Vitamina: A UI 4.750.000 -9.500.000, Vitamina D3: UI 1.400.000 -2.800.000, Vitamina E: UI 14.000 -28.000, Vitamina B1: 1,00 -2,00 g, Vitamina B2: 3,00 -6,00 g, Vitamina B6: 1,60- 3,20 g, Vitamina B12: 6,40- 12,80 mg, Biotina: 50,00 -100,00 mg, Vitamina K3: 1,50 -3,00 g, Yodo: 0,40 -0,80 g, Manganeso (óxido): 45,00- 90,00 g, Zinc (óxido): 35,00-70,00 g, Cobre (óxido): 4,00- 8,00 g, Hierro: 30,00 -60,00 g, Selenio: 0,04-0,08 g, Cloruro de Colina: 150,00 -300,00 g, Excipiente g 1000,00 -2000,00.

## **CAPÍTULO 4:**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN.**

## **4.1. RESULTADOS**

Para facilitar la exposición y comprensión de los resultados se ha dividido este apartado en cuatro ítems:

4.1.1. Evaluación de dos niveles superiores de inclusión de Burlanda seca (15% y 30%), en raciones de pollos de carne y su efecto en la performance productiva y calidad de la canal. (Primer Experimento)

4.1.2. Evaluación de dos niveles inferiores de inclusión de Burlanda seca (10% y 20%), en raciones de pollos de carne y su efecto en la performance productiva y calidad de la canal. (Segundo Experimento)

4.1.3. Determinación de los valores de Energía Metabolizable Aparente en Burlanda seca. (Tercer Experimento)

4.1.4. Efectos, al variar los niveles de inclusión y los valores de EMA en la matriz nutricional de la Burlanda seca, sobre la performance productiva y calidad de la canal de pollos de carne. (Cuarto Experimento)

### **4.1.1. EVALUACIÓN DE DOS NIVELES SUPERIORES DE INCLUSIÓN DE BURLANDA SECA (15% Y 30%), EN RACIONES DE POLLOS DE CARNE Y SU EFECTO EN LA PERFORMANCE PRODUCTIVA Y CALIDAD DE LA CANAL.**

En la Tabla N°11 se presentan los resultados productivos totales del Primer Experimento. Se observa como se afectan de manera negativa los indicadores productivos ha medida que aumentan los niveles de inclusión de Burlanda (DDGS).

Por ello, en el caso de la CA, mientras que en el TC necesitaron 1.960 g de alimento por kg de peso vivo, en el T1 (15% Burlanda) necesitaron 70g más y en el T2, el de mayor inclusión de Burlanda, 310 g mas de alimento, por Kg de peso vivo, con

respecto a TC. Para todos los casos la diferencias fueron estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ).

También en otras variables, la GMD y el PV presentaron los valores más bajos en las aves que recibieron la dieta con mayor nivel de inclusión (T2), presentando diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), como se observa en la Tabla N° 11. Mientras que el caso del CMD presento valores sin diferencias significativas tanto en TC como en T2, al contrario de lo que ocurrió en la GMD y en la CA.

En el caso del PV, no se observaron diferencias significativas entre TC y T1, pero T2 presentó el valor mas bajo de peso, permitiendo notar un diferencia significativa ( $p < 0,05$ ), con los otros dos tratamientos.

Con respecto a la calidad de la canal, los parámetros evaluados se resumen en la Tabla N°11. Se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ), en el rendimiento de las canales, Peso de la Pechuga y de los Muslos, siendo menores en el tratamiento con mayor inclusión de Burlanda (T2). Asimismo el coeficiente de variación también aumenta en este grupo.

Con respecto al Peso de la grasa abdominal, hay diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) aunque no tuvo un comportamiento similar al resto de las variables de calidad de la canal evaluadas. Dado que hubo un aumento en la deposición de grasa abdominal en el grupo T1, comparado con el grupo TC. Mientras que en el grupo T2 la deposición de grasa fue inferior, inclusive respecto al grupo TC. Además, se observó una correlación negativa entre los parámetros de peso de Pechuga y de Muslos con respecto a la Grasa Abdominal depositada en el grupo T2.

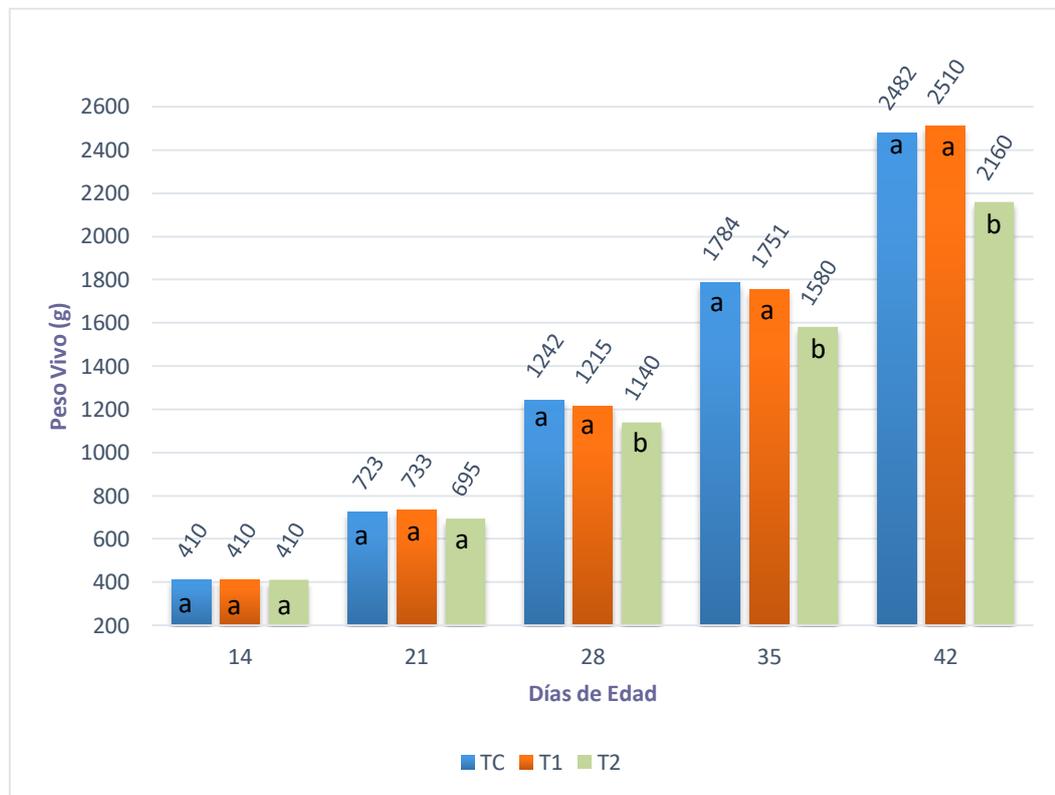
Tabla N°14: Indicadores Productivos y de Calidad de la Canal de dos niveles superiores de inclusión de Burlanda seca. (Primer experimento)

Parámetros Evaluados	TC	T1 (15% Burlanda)	T2 (30% Burlanda)
CA	1,96±0,05 <sup>a</sup>	2,03±0,09 <sup>b</sup>	2,27±0,09 <sup>c</sup>
GMD (g/ave/día)	59,09±0,8 <sup>a</sup>	59,76±1,34 <sup>a</sup>	51,42±1,35 <sup>b</sup>
CMD (g/ave/día)	115,82±2,45 <sup>a</sup>	121,31±3,16 <sup>b</sup>	116,74±3,53 <sup>a</sup>
PV (g/ave)	2.482±56,8 <sup>a</sup>	2.510±173,6 <sup>a</sup>	2.160±168,4 <sup>c</sup>
R%	66,42±4,23 <sup>a</sup>	67,68±6,19 <sup>a</sup>	64,76±6,43 <sup>b</sup>
PP (g/ave)	563,78±37,6 <sup>a</sup>	581,63±45,89 <sup>b</sup>	489,12±43,92 <sup>c</sup>
PM (g/ave)	524,34±22,23 <sup>a</sup>	523,66±33,35 <sup>a</sup>	463,48±42,26 <sup>b</sup>
PGA (g/ave)	27,14±1,26 <sup>a</sup>	30,77±1,47 <sup>b</sup>	25,94±1,33 <sup>a</sup>

**TC:** Tratamiento control. **T1:** Tratamiento 1 (15% de Burlanda seca). **T2:** Tratamiento 2 (30% de Burlanda seca).  
**CA:** Conversión Alimenticia. **GMD:** Ganancia Media Diaria. **CMD:** Consumo Medio diario, **PV:** Peso vivo.  
**R%:** Rendimiento de la canal. **PP:** Peso de la Pechuga. **PM:** Peso de los Muslos. **PGA:** Peso Grasa Abdominal  
**a, b, c,** letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).

Otros de los parámetros evaluados, en relación a la evolución del crecimiento de las aves durante el experimento, fue el peso vivo semanal. En el Gráfico N°1, se observa como la curva de crecimiento del los grupos TC y T1 son de similar comportamiento. En contraste, el grupo T2 se despega de los valores de los otros dos grupos, cayendo por debajo de los pesos logrados en TC y T1, con diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), mayores al 10%.

Figura N° 11: Evolución del peso vivo promedio, durante el período experimental, de los diferentes Tratamientos al variar los niveles de inclusión de Burlanda. (Primer experimento)



TC: 0% Burlanda.- T1: 15% Burlanda.- T2: 30% Burlanda. <sup>a b</sup> Distintas letras indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.

#### **4.1.2. EVALUACIÓN DE DOS NIVELES INFERIORES DE INCLUSIÓN DE BURLANDA SECA (10% Y 20%), EN RACIONES DE POLLOS DE CARNE Y SU EFECTO EN LA PERFORMANCE PRODUCTIVA Y CALIDAD DE LA CANAL.**

En el Segundo Experimento las inclusiones del 10% y 20% de Burlanda seca se midieron los indicadores productivos y de Calidad de la Canal, detallados en la Tabla N° 12.

Con respecto a los parámetros productivos se observa nuevamente un deterioro significativo ( $p<0,05$ ) en en la CA a medida que aumentó a inclusión de Burlanda. En relación al PV, el grupo T2 (20% Burlanda), desmejoró con respecto a los otros dos grupos, que mantienen una paridad en sus valores.

Por ello, en el caso de la CA, mientras que en el TC necesitó 1950 g de alimento por kg de peso vivo, en el T1 (10% Burlanda) necesitó 30 g más y en el T2, el de mayor inclusión de Burlanda, 130 g mas de alimento por Kg de peso vivo. En este caso, las diferencias fueron estadísticamente significativas ( $p<0,05$ ), entre el T2 y los otros dos tratamientos.

También, en las otras variables como la GMD y el CMD, presentaron los valores más bajos en las aves que recibieron la dieta con mayor nivel de inclusión (T2), dichas diferencias fueron significativas ( $p<0,05$ ) en relación a TC y T1, como se observa en la Tabla N° 11. Lo mismo ocurrió con el PV donde las aves que consumieron la dieta del T2, alcanzaron en promedio, 308 g. menos que el TC y 283 g. menos que T1, siendo ambas diferencias estadísticamente significativas ( $p<0,05$ ).

Respecto a la Calidad de la Canal, los valores del Rendimiento, PP, PM y PGA, del T2, fueron inferiores a TC y T1, con diferencias significativas ( $p<0,05$ ), como se puede apreciar en la Tabla N°15. Mientras que se observó una tendencia significativa a disminuir el PGA a medida que se incrementó el nivel de inclusión de Burlanda en la dieta.

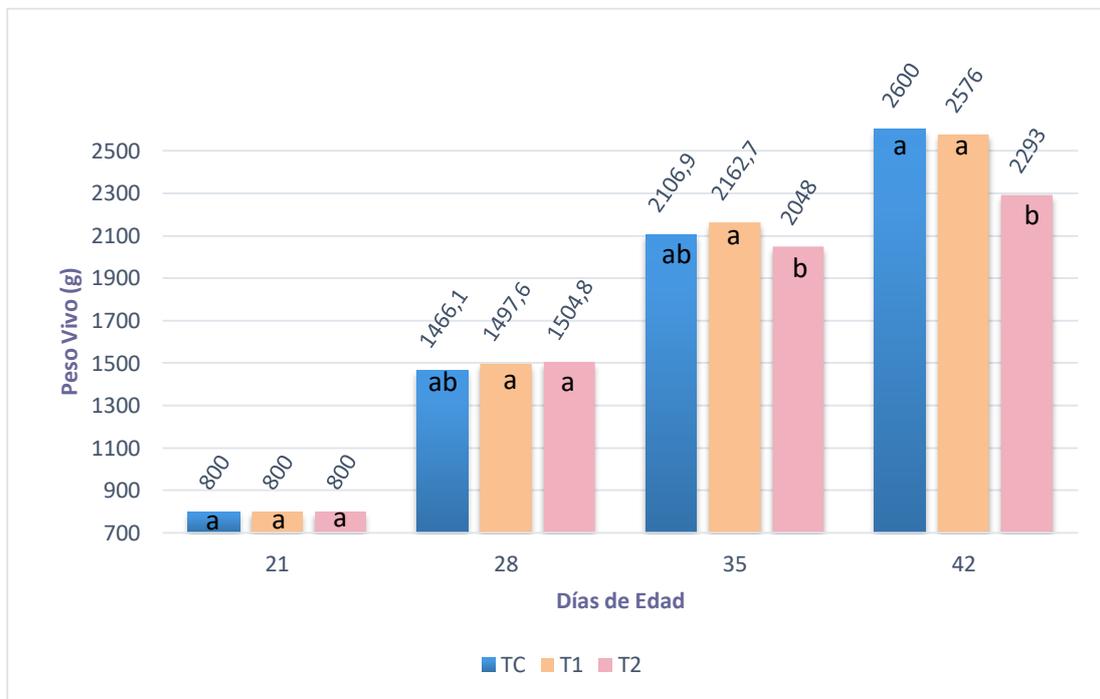
Tabla N°15: Indicadores Productivos y de Calidad de la Canal de dos niveles inferiores de inclusión de Burlanda seca. (Segundo experimento)

Variables	TC	T1	T2
		(10% Burlanda)	(20% Burlanda)
CA	1,95±0,08 <sup>a</sup>	1,98±0,07 <sup>b</sup>	2,08±0,06 <sup>c</sup>
GMD (g/ave/dia)	61,92±1,95 <sup>a</sup>	61,33±1,68 <sup>a</sup>	54,59±1,57 <sup>b</sup>
CMD (g/ave/dia)	120,76±1,92 <sup>a</sup>	121,44±3,19 <sup>a</sup>	113,55±3,15 <sup>b</sup>
PV (g/ave)	2.601±175,5 <sup>a</sup>	2.576±175,4 <sup>a</sup>	2.293±194,4 <sup>b</sup>
R%	67,81±2,13 <sup>a</sup>	66,12±2,49 <sup>a</sup>	63,35±3,99 <sup>b</sup>
PP (g/ave)	621,88±24,06 <sup>a</sup>	619,22±24,31 <sup>a</sup>	617,21±35,16 <sup>b</sup>
PM (g/ave)	559,03±20,34 <sup>a</sup>	565,19±20,78 <sup>a</sup>	545,89±29,2 <sup>b</sup>
PGA (g/ave)	33,80±1,4 <sup>a</sup>	31,56±1,57 <sup>b</sup>	26,29±1,86 <sup>c</sup>

TC: Tratamiento control. T1: Tratamiento 1 (15% de Burlanda seca). T2: Tratamiento 2 (30% de Burlanda seca). CA: Conversión Alimenticia. GMD: Ganancia Media Diaria. CMD: Consumo Medio diario, PV: Peso vivo. R%: Rendimiento de la canal. PP: Peso de la Pechuga. PM: Peso de los Muslos. PGA: Peso Grasa Abdominal a, b ,c, letras distintas indican diferencias significativas (p≤0,05).

De la misma forma, que se realizó en el primer ensayo, se evaluó el crecimiento de las aves a partir del seguimiento semanal de sus pesos. En el Grafico N° 2 se puede observar la evolución de los registros semanales de cada tratamiento durante el período experimental. Aquí los valores del TC y T1 mantienen una paridad durante todo el período experimental en tanto que, T2 presenta variaciones semanales. Hasta los veintiocho días de vida, los valores de T2 mantienen una similitud con TC y T1, pero luego expresa su menor performance hasta el final del ensayo.

Figura N° 12: Evolución del peso vivo promedio, durante el período experimental, de los diferentes Tratamientos al variar los niveles de inclusión de Burlanda. (Segundo experimento)



TC: 0% Burlanda. T1: 10% Burlanda. T2: 20% Burlanda. <sup>a b</sup> Distintas letras indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.

### 4.1.3. DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE ENERGÍA METABOLIZABLE APARENTE EN BURLANDA SECA.

El objetivo de este tercer ensayo fue determinar la EMA de la Burlanda seca.

Como la Burlanda seca, que se genera en las plantas productoras de etanol, tiene sus procedimientos estandarizados con sistemas de trazabilidad, nos permitió analizar dicha materia prima, identificando los lotes utilizados. Esto es importante, ya que la Burlanda utilizada cuenta con los análisis de Materia Seca, Proteína Bruta, Grasa Bruta y Fibra Bruta, generados por el laboratorio interno de control de calidad de la fábrica. No obstante, dichos valores fueron ratificados a través de las determinaciones realizadas en el Laboratorio de Nutrición Animal, dependiente del Departamento de Producción Animal, FAV., UNRC.

Los resultados de este ensayo permitieron dilucidar, si los valores de EMA utilizados en las matrices, con las que se formularon las raciones de los diferentes ensayos, estaban sub o sobre estimadas. Los valores de EMA preestablecidos en las matrices se calcularon en base a la bibliografía consultada de diferentes orígenes, como por ejemplo FEDNA, (2012) y Salim et al, (2010), entre otros.

El método de cálculo de acuerdo a la ecuación de Matersson et al. (1965), nos permitió calcular la EMA en Kcal como se describe a continuación:

***EMA, energía metabolizable aparente:***

$$\begin{aligned} \text{EMA Ración de Referencia} &= \frac{EB \text{ ing} - EB \text{ exc}}{MS \text{ ing}} \\ &= \frac{13.530,88 - 4.451}{2,689} \\ &= \mathbf{3.376,67 \text{ Kcal}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{EMA Ración Testigo} &= \frac{EB \text{ ing} - EB \text{ exc}}{MS \text{ Ing}} \\
 &= \frac{12.727,49 - 5.580,56}{2,442} \\
 &= \mathbf{2.925,65 \text{ Kcal}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{EMA materia prima (Burlada Seca)} &= \text{EMA ref} + \frac{\text{EMA test} - \text{EMA ref}}{\text{g materia prima / g de ración}} \\
 &= 3.376,67 + \frac{2.925,65 - 3.376,67}{0,4} \\
 &= \mathbf{2.248,45 \pm 44,96 \text{ Kcal}}
 \end{aligned}$$

Este resultado se logró obtener luego de los cálculos antes descriptos, valor que sirvió luego para corregir la matriz nutricional de la Burlanda para la ejecución de la siguiente experiencia.

#### **4.1.4. EFECTOS, AL VARIAR LOS NIVELES DE INCLUSIÓN Y LOS VALORES DE EMA EN LA MATRIZ NUTRICIONAL DE LA BURLANDA SECA, SOBRE LA PERFORMANCE PRODUCTIVA Y CALIDAD DE LA CANAL DE POLLOS DE CARNE.**

En la Tabla N° 16 se presentan los resultados productivos finales de esta experiencia y de los parámetros evaluados de calidad de la canal. Los tratamientos T1 y T3, que tienen el mismo nivel de inclusión de Burlanda (10%) pero en el segundo caso el nivel de energía está corregido, presentan diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) en el PV, CA, GMD y CMD, en todos los casos a favor del T3. Las aves que consumieron la dieta con la EMA de la Burlanda corregida consumieron 45 g menos de alimento para producir un kg de pollo vivo.

Cuando observamos los T2 y T4, que mantienen el mismo nivel de inclusión de Burlanda (20%), pero con la matriz nutricional de ésta última corregida, podemos notar algunas diferencias significativas. En lo que hace a la CA, obtenemos una mayor eficiencia en T4, donde las aves consumieron 99 g. menos de ración para lograr un Kg de Peso Vivo. En relación al PV se observa una diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) con un mayor valor en T4.

Observando los valores medidos de Calidad de la Canal, el Rendimiento muestra una mejora significativa ( $p < 0,05$ ) en los tratamientos T3 y T4, los cuales poseen las matrices corregidas de Burlanda Seca, comparando con los mismos niveles de inclusión de los otros tratamientos. En el caso del T4 la diferencia, al compararlo con el T2, es evidente y está relacionada con los mejores pesos de la Pechuga y de los Muslos. En cambio, cuando observamos el peso de la grasa abdominal (PGA) disminuye en el T4 comparado con el T2 y al T3. Así también en el PGA, el valor aumenta en T2 con respecto a T1, a diferencia de T4 que disminuye en relación a T3.

Tabla N°16: Indicadores Productivos y de Calidad de la Canal en Tratamientos con diferentes niveles de incorporación de Burlanda y considerando las correcciones de la Matriz Nutricional para esta materia prima.

<b>Variables</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
Consumo de ración (g)	4.065,93±65,2 <sup>a</sup>	4.202,41±46,7 <sup>b</sup>	4.201,8±58,1 <sup>b</sup>	4.093,92±52,9 <sup>a</sup>
PV (g/ave)	2.197,8±81,2 <sup>a</sup>	2.300,17±74,4 <sup>b</sup>	2.327,87±52,8 <sup>c</sup>	2.369,17±80,5 <sup>c</sup>
CA	1,85±0,03 <sup>a</sup>	1,827±0,05 <sup>a</sup>	1,805±0,03 <sup>b</sup>	1,728±0,06 <sup>c</sup>
GMD (g/ave/día)	52,33±2,8 <sup>a</sup>	54,77±3,15 <sup>ab</sup>	55,43±2,12 <sup>ab</sup>	56,41±3,6 <sup>c</sup>
CMD (g/ave/día)	96,86±6,2 <sup>a</sup>	100,2±7,5 <sup>b</sup>	100,13±5,3 <sup>b</sup>	97,52±6,8 <sup>ab</sup>
R (%)	73,68±0,8 <sup>a</sup>	73,75±0,72 <sup>a</sup>	74,5±0,92 <sup>b</sup>	75,72±0,68 <sup>b</sup>
PP (g)	626,2±22,7 <sup>a</sup>	652,9±13,2 <sup>ab</sup>	698±19,1 <sup>b</sup>	731,4±24,6 <sup>c</sup>
PM (g)	522,1±12,9 <sup>a</sup>	540,7±16,53 <sup>b</sup>	535,1±26,4 <sup>b</sup>	572,9±21,2 <sup>c</sup>
PGA (g)	26,19±2,5 <sup>a</sup>	29,1±2,78 <sup>b</sup>	30,1±1,96 <sup>b</sup>	27,9±1,74 <sup>ab</sup>

**T1:** Burlanda 10% matriz teórica. **T2:** Burlanda 20% matriz teórica. **T3:** Burlanda 10% matriz corregida. **T4:** Burlanda 20% matriz corregida. **CA:** Conversión Alimenticia. **GMD:** Ganancia Media Diaria. **CMD:** Consumo Medio diario, **PV:** Peso vivo. **R%:** Rendimiento de la canal. **PP:** Peso de la Pechuga. **PM:** Peso de los Muslos. **PGA:** Peso Grasa Abdominal **a, b, c,** letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).

## **4.2. DISCUSIÓN:**

Durante el desarrollo de los distintos experimentos se evaluaron los impactos de diferentes niveles de inclusión de Burlanda seca o DDGS en varias edades de desarrollo de las aves.

En los primeros dos experimentos se testearon porcentajes de inclusión entre el 10% y el 30% de Burlada Seca, con grupos control, sin su incorporación.

El tercer experimento nos dio la posibilidad de determinar los niveles de EMA de la Burlanda utilizada en los ensayos, ya que en los dos primeros experimentos se utilizaron niveles de EMA calculada de acuerdo a la bibliografía de referencia, como entre otras, NRC (1994), Salim et al. (2010), FEDNA (2012) e Ivanova et al. (2013).

El cuarto y último experimento nos permitió evaluar los niveles de inclusión de Burlanda que mejor performance tuvieron en los primeros dos ensayos, pero ajustando el nivel de EMA de la Burlanda, de acuerdo al determinado en el experimento N°3. Inclusive, incorporando la Burlanda desde el primer día de vida de las aves y durante los 44 días del ensayo.

A continuación analizaremos cada experimento en particular pero relacionando los diferentes ensayos a medida que avance la discusión.

### **4.2.1. INCLUSIÓN DE BURLANDA SECA A NIVELES SUPERIORES (15% Y 30%).**

En este primer experimento se evaluó el impacto sobre los parámetros productivos y calidad de la canal de niveles de inclusión del 15% y 30% de Burlanda seca, teniendo como Tratamiento Control 0% de inclusión.

En nuestro ensayo encontramos una menor performance en la Ganancia de Peso cuando los niveles de inclusión de Burlanda superaron el 15%. Con respecto a esto, coincidimos en parte con Cortes Cuevas et al. (2012), quienes afirman que la Ganancia de Peso, el Consumo de Alimento y la Conversión Alimenticia se vieron afectados en los tratamientos con 14 y 21 % de DDGS. Estos datos concuerdan con los obtenidos en otras investigaciones, en las cuales se encontró una disminución en la

Ganancia de Peso, en pollos alimentados con dietas maíz-soja con 12 y 18 % de inclusión de DDGS, durante el período de iniciación. Estos investigadores al incluir 18 % de DDGS, observaron que los pollos tuvieron 6,56 % menos de Ganancia de Peso respecto al tratamiento testigo. Esto coincide, en gran medida, con nuestro estudio donde se obtuvo 8,68 % menos de Ganancia de Peso.

En el caso de la Conversión Alimenticia (CA) se observa claramente el desmejoramiento de la misma a medida que aumenta el porcentaje de inclusión de la Burlanda. Cuando se incorporó el 30% de Burlanda, la CA empeoró. Esto pudo ser debido a que la inclusión elevada de DDGS reemplaza de manera importante a la soja, y puede inducir a un desbalance de aminoácidos esenciales en la formulación.

La soja tiene un mejor perfil de aminoácidos comparados con los DDGS, razón por la cual el pollo pudo haber sido afectado en su crecimiento, y por ende, se generó un empeoramiento de la conversión alimenticia. La fibra contenida en los DDGS, es otro factor importante a considerar, ya que cuando se agregan porcentajes superiores al 21 % en las dietas, ocasionan una disminución en la respuesta productiva.

Con respecto a lo abordado anteriormente, nuestros resultados coinciden parcialmente con Cortes Cuevas (2017), ya que se observaron consecuencias negativas sobre estos parámetros cuando los valores adicionados fueron superiores al 15 %. Sin embargo, estos investigadores evidenciaron efectos negativos sobre el crecimiento y conversión alimenticia cuando se adicionaron DDGS por arriba del 7 %.

Habitualmente, existe una gran dispersión de los valores nutricionales de los DDGS de maíz que se originan en diferentes fábricas. Sin embargo, el contenido de nutrientes de los DDGS es relativamente consistente dentro de la misma planta de procesamiento. Es por ello, que en nuestro trabajo, para mantener la consistencia de la calidad de los DDGS, todos los lotes de Burlanda utilizados provinieron del mismo origen. El nivel de aminoácidos y la digestibilidad, el contenido de EMA y la biodisponibilidad de P son los factores predominantes que afectan la incorporación de los DDGS en las dietas de aves de corral.

Sin embargo, en distintos estudios realizados sobre nutrición aviar, no se especifica sobre la caracterización de estos nutrientes de los DDGS de acuerdo con un protocolo estandarizado antes de formular dietas balanceadas para aves. Coincidiendo con esa observación, Salim et al (2010), menciona un método de caracterización de acuerdo a la coloración de los DDGS que puede proporcionar una indicación rápida sobre la calidad general de los mismo, aunque debe ser usada con precaución ya que no es una estimación precisa del contenido de nutrientes.

Cuando se utilizó el nivel de inclusión del 30%, en nuestro ensayo, es muy probable que los niveles reales de aminoácidos hayan sufrido desbalances que afectaran el óptimo desarrollo de las aves.

A medida que aumentó el nivel de inclusión, es posible que el desbalance haya tomado mayores dimensiones. Este análisis también podría ser aplicado a los niveles de energía utilizados en la matriz de la Burlanda. Esto coincide con Noll et al. (2001), quienes afirman que se pueden usar niveles más altos de DDGS con éxito, si se hacen los ajustes adecuados de la formulación de las dietas en cuanto a energía y aminoácidos.

Esto es determinante, a la hora de tener a los DDGS como materia prima confiable. Sin embargo, se observa que muchas veces los nutricionistas terminan aproximando los niveles energéticos y de aminoácidos llevando a diferencias considerables entre lo estimado y lo real.

En el caso de los grupos de aves que consumieron el mayor nivel de incorporación de Burlanda se presentaron bajos niveles de crecimiento. Estos resultados concuerdan, en forma general, con los mencionados por Loar et al. (2010) en pollos jóvenes, en los cuales se observó que niveles de inclusión mayores al 15% pueden afectar el desarrollo de pollos menores de 28 días de edad. Nuestros datos también coinciden con Wang et al. (2007b), quienes afirmaron que la incorporación de DDGS en un 30% de la dieta iniciadora, produjo aves con menor peso corporal.

Por otro lado, mencionan un deterioro en la Conversión Alimenticia, y por lo general, una reducción del desarrollo de la pechuga, comparado con aves que consumieron dietas con un 15% de inclusión de Burlanda en la ración. Esto coincide

con nuestros resultados, ya que es posible que algunos aminoácidos esenciales no hayan sido considerados eficientemente en la formulación de las dietas. Lo que conlleva a la posibilidad de interpretar de que hayan sido deficientes en las raciones con un 30% de DDGS.

Una vez analizados los datos de los diferentes Tratamientos, pudimos observar que la Conversión Alimenticia desmejoró para las aves con 30% de inclusión de Burlanda. Tal vez, el límite de incorporación para mantener los niveles aceptables de performance productiva, podrían haberse superado ampliamente. En este sentido, Youssef et al. (2008), observaron un impacto negativo en los índices de Conversión Alimenticia en aves que consumieron dietas con niveles de DDGS cercanos al 15%, y también mencionaron una alteración de las características de las excretas en aves

Por otra parte, en nuestro estudio, se pudo observar que el Rendimiento de la Canal y el Peso de la Pechuga y Muslos se deterioraron a medida que aumentó el nivel de incorporación de Burlanda. En contraste, Corzo et al. (2009) no encontraron diferencias en el Rendimiento de la Canal y sus piezas, entre diferentes niveles de adición. Es por ello, que es importante poder contar con información concreta sobre los niveles adecuados de inclusión, con la finalidad de ver su posible impacto en la calidad y rendimiento cárnico.

Nuestros resultados, también coinciden parcialmente con los obtenidos por Wang et al. (2007c), quienes observaron un menor Rendimiento y Calidad de la Canal con niveles de inclusión, mayores o iguales al 30% de DDGS.

Por otro lado, Schilling et al. (2010), sostuvieron que niveles de entre el 20% y el 30% no afectaron el desarrollo de la pechuga, datos que no coinciden con nuestras investigaciones dado que, niveles del 30% de DDGS presentaron un desarrollo marcadamente inferior de la pechuga.

En cuanto a la Grasa Abdominal se observaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en el T2 con respecto al TC y T1, mostrando una menor capacidad de retención de tejido graso en el tratamiento con mayor nivel de incorporación de Burlanda (T2).

En el grupo T2, todos los parámetros de calidad de la canal mostraron comportamientos de menor performance con respecto a los otros grupos. En el caso del PGA su menor deposición es lógica, probablemente por tener una menor disponibilidad de energía para depositarla como tejido adiposo, datos que concuerdan con Corzo et al. (2009).

#### **4.2.2. INCLUSIÓN DE BURLANDA SECA A NIVELES INFERIORES (10% Y 20%).**

En nuestro ensayo, donde los niveles que utilizamos fueron del 10% y 20%, se observaron valores dentro de márgenes aceptables, tanto en parámetros productivos como en la calidad de la canal. De acuerdo a la bibliografía citada, éstos podrían ser, en general, los valores entre los que se encuentran los mejores parámetros productivos y de calidad de la canal, comparados con niveles superiores.

Cuando analizamos los efectos sobre la CA, se observó un deterioro de este índice a medida que aumentó el porcentaje de inclusión de Burlanda. Asimismo, los niveles de CA obtenidos: 0% (TC)  $1,95 \pm 0,08$ , 10% (T1)  $1,98 \pm 0,07$  y 20% (T2)  $2,08 \pm 0,06$ , muestran una clara diferencia ( $p < 0,05$ ) cuando aumenta el nivel de inclusión de Burlanda. Por lo tanto, al analizar esta variable, se observó que las aves del TC necesitaron 1.950 g de alimento para obtener un kg de Peso Vivo, mientras que en el T1 (10% Burlanda) 30 g más y en el T2, (30% Burlanda), 130 g más de alimento por Kg de peso vivo. Siendo dichas diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ), entre el T2 y los otros tratamientos.

También, para la GMD y el CMD, presentaron los valores más bajos, estadísticamente significativos ( $p < 0,05$ ), en las aves que recibieron la dieta con mayor nivel de incorporación (T2).

Lo mismo ocurrió con el PV, donde las aves que consumieron la dieta de mayor incorporación de Burlanda, alcanzaron en promedio, 308 g menos que el TC y 283 g menos que T1 respectivamente, siendo ambas diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ).

Estos resultados coinciden, en parte, con Schilling et al. (2010), quienes demuestran que inclusiones del 12% de DDGS en la alimentación de pollos parrilleros no afectarían la CA. También concordamos con Loar et al. (2010), quienes determinaron que niveles de inclusión mayores al 15% afectaron el desarrollo de pollos menores de 28 días de vida. De igual manera, nuestros resultados son similares con los de Hassan et al. (2015) quienes al agregar el 10% de Burlanda, no observaron efectos negativos en la performance productiva de los pollos de carne.

Respecto a los parámetros de calidad evaluados sobre las canales de nuestro ensayo, los valores del Rendimiento, PP, PM y PGA, de las aves provenientes del T2, fueron inferiores a las del TC y del T1 ( $p < 0,05$ ). En este sentido, no concordamos con Wang et al. (2007c) quienes determinaron que los pollos de carne, que se alimentaron con dietas con un 15% de DDGS, no se afectaron la calidad de la canal y tampoco los indicadores productivos.

Además nuestros datos son comparables con Ivanova et al. (2013), donde el agregado de un 20% de DDGS en la ración, también dio como resultado valores inferiores del peso de la pechuga, respecto a los Controles, aunque su diseño experimental mantuvo diferencias con los utilizados por otros autores. También mencionaron, que el agregado de DDGS, en la alimentación para pollos de engorde, no influyó significativamente en la composición de la carne.

En cambio, nosotros observamos que niveles de inclusión superiores al 20% generaron efectos sobre la deposición de grasa abdominal, los cuales son inversamente proporcionales al nivel de inclusión de DDGS. Posiblemente los altos niveles de inclusión, tanto en este experimento como en el primero de esta Tesis, presentan un comportamiento similar con respecto a la deposición de la grasa abdominal. Aquí vale la pena analizar que la deposición de ésta, tiene como principal motivo la ingesta y metabolización de la energía, siendo la composición de la dieta y los gastos metabólicos de mantenimiento y crecimiento los principales factores que inciden sobre su acumulación. Esto, coincide con lo enunciado por Hai y Blaha. (2000), quienes mencionan que al reducir el aporte de PB en la dieta, aumenta la relación energía /proteína, produciéndose un excesivo consumo de energía y aumentando la grasa total de la canal.

Además, y considerando lo mencionado anteriormente, coincidimos con Lumpkins et al. (2004), Swiatkiewick y Kolreski. (2008), en que existen varios factores que limitan la inclusión de altos niveles de DDGS en las dietas de aves jóvenes. Esto, por un menor aporte en el contenido de lisina, el balance de los aminoácidos y el porcentaje de fibra bruta. Por otro lado, investigaciones de Lesson et al. (1996) y Saunders et al. (2009), aseveran que la sobreestimación y la subestimación en la energía metabolizable y los contenidos de lisina, fósforo y sodio pueden generar efectos negativos sobre los parámetros productivos. De esto, la importancia de reajustar los niveles de estos nutrientes.

Nuestros resultados pueden ser comparados, en parte, con los informados por Loar et al. (2010). Éstos utilizaron un nivel de Burlanda del 15% y observaron un 25% menos de peso de pechuga al sacrificio, lo cual es un dato más que relevante, por la incidencia negativa que genera en el rendimiento de la canal. En nuestro experimento, aunque se evidenció cierto nivel de deterioro en el PP, fue menor al informado por estos investigadores.

Asimismo, coincidimos con Schilling et al. (2010) quienes evaluaron la calidad de la pechuga y afirmaron que niveles del 12 % de incorporación de Burlanda no la afectaron. Sin embargo, aclaran que se incrementaron los ácidos grasos poliinsaturados, lo que aumentó la susceptibilidad a una mayor oxidación y posible afectación de la vida de anaquel. Aunque esto no fue un objetivo de nuestra investigación, es muy probable que se generaran ciertas complicaciones, tanto en la distribución comercial como en el manejo doméstico de los cortes de pollo.

No obstante, coincidimos con Corzo et al. (2009), quienes mencionaron que al incorporar el 8% de DDGS, en dietas de pollos de carne, existieron efectos mínimos sobre la calidad de la pechuga, sin presentar diferencias de aceptabilidad en consumidores.

### **4.2.3. DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE ENERGÍA METABOLIZABLE APARENTE:**

Durante el desarrollo de este experimento pudimos determinar el valor de EMA de la Burlanda utilizada para los ensayos. La medición de la energía es fundamental para imputar la información en las matrices de las materias primas. En el caso de la Burlanda, la EMA utilizada para la formulación de los primeros dos experimentos fue de 2.750 Kcal/EM, siendo ésta aproximada a los valores obtenidos de la bibliografía consultada de las diferentes fuentes. En el caso de la Burlanda las Tablas Brasileñas de Nutrición (2017) y anteriores, no mencionan esta materia prima, a pesar de ser una fuente bibliográfica de consulta obligada y de referencia para los nutricionistas.

En la Tabla N°1 se observan los diferentes niveles de energía determinados por diversos autores consultados. Como se puede apreciar, las variaciones son considerables, probablemente por la variabilidad de los procesos productivos de los DDGS de las diferentes plantas procesadoras. Para nuestras matrices fueron tomados valores de EMA 2.750 Kcal/kg de MS, teniendo en cuenta los promedios de la bibliografía y los aportes del resto de los nutrientes.

Una vez finalizado el ensayo de determinación de EMA, se pudo observar una diferencia con respecto al dato estimado. El valor de EMA fue de 2.248 kcal/kg de MS. Esta variación, de casi un 20% menos de energía, se corrigió en las matrices. Luego se realizó un nuevo ensayo, utilizando ambas matrices y comparando los efectos sobre los parámetros productivos y calidad de la canal.

Igualmente, en otras investigaciones, se advirtieron valores diferentes a los obtenidos en nuestro ensayo. Respecto a esto, Waldroup et al. (2007) y Hong et al. (2009), informaron niveles de energía superiores a los nuestros. Mas allá de la metodología utilizada, estos investigadores trabajaron en pollos de carne y obtuvieron valores de energía diferentes. Es posible que los procesos de fermentación hayan tenido variaciones en su eficiencia que generaron los contrastes de sus resultados.

Es probable que el proceso de fermentación del maíz, en la planta procesadora de etanol, sea más eficiente de lo estimado. Ya que el nivel de energía real de la Burlanda es menor al estimado, al haberse sobrestimado éste, posiblemente haya generado un déficit de energía, en las dietas evaluadas en los dos primeros ensayos.

Asimismo, nuestros resultados, son similares a los informados por Adeola et al. (2012) quienes obtuvieron 2.279 y 2.176 kcal / kg de MS, de EMA y EMAn respectivamente.

Por otro lado, nuestros datos no coinciden con Dalolio et al (2020) ni con Damasceno et al. (2020) quienes indicaron valores de de 2.401 Kcal y de 3.641 Kcal/kg MS respectivamente. Es muy posible que el proceso de fermentación de la BS utilizada en nuestro experimento ha sido de alta eficiencia, ya que los niveles de EM obtenidos (2.279 Kcal/Kg MS) son menores a los obtenidos por Kraf y Bobek (2019) quienes informaron valores cercanos a las 2.724 Kcal/Kg MS.

Es por esto que se diseñó el Cuarto Experimento, para determinar si el impacto de esta diferencia de energía era significativa o no. Según Adeola et al. (2010), la diferencia EMA podría explicarse por una mayor concentración de grasa y almidón residual en los solubles condensados y la menor concentración de FDN y FDA.

#### **4.2.4. VARIACIONES EN LOS NIVELES DE INCLUSIÓN Y VALORES NUTRICIONALES DE LA BURLANDA SECA:**

En este Cuarto Experimento tuvimos la posibilidad de analizar los efectos de la incorporación de la Burlanda desde diferentes aspectos. Por un lado, los dos niveles usados para la inclusión de Burlanda (10% y 20%) y por otro, las diferentes matrices utilizadas con el mismo nivel de inclusión.

##### **-Inclusión de Burlanda a un 10% con matrices diferentes (T1 y T3):**

Nuestros resultados, mostraron que la inclusión de Burlanda a un 10% con la matriz nutricional corregida, mejoró la Conversión Alimenticia en T3: 1,80:1 en comparación con T1: 1,85:1. Coincidiendo con esta observación, Hassan et al. (2015)

indicaron que se puede agregar de manera segura hasta un 10% de DDGS, sin un efecto negativo en el rendimiento productivo de los pollos de carne.

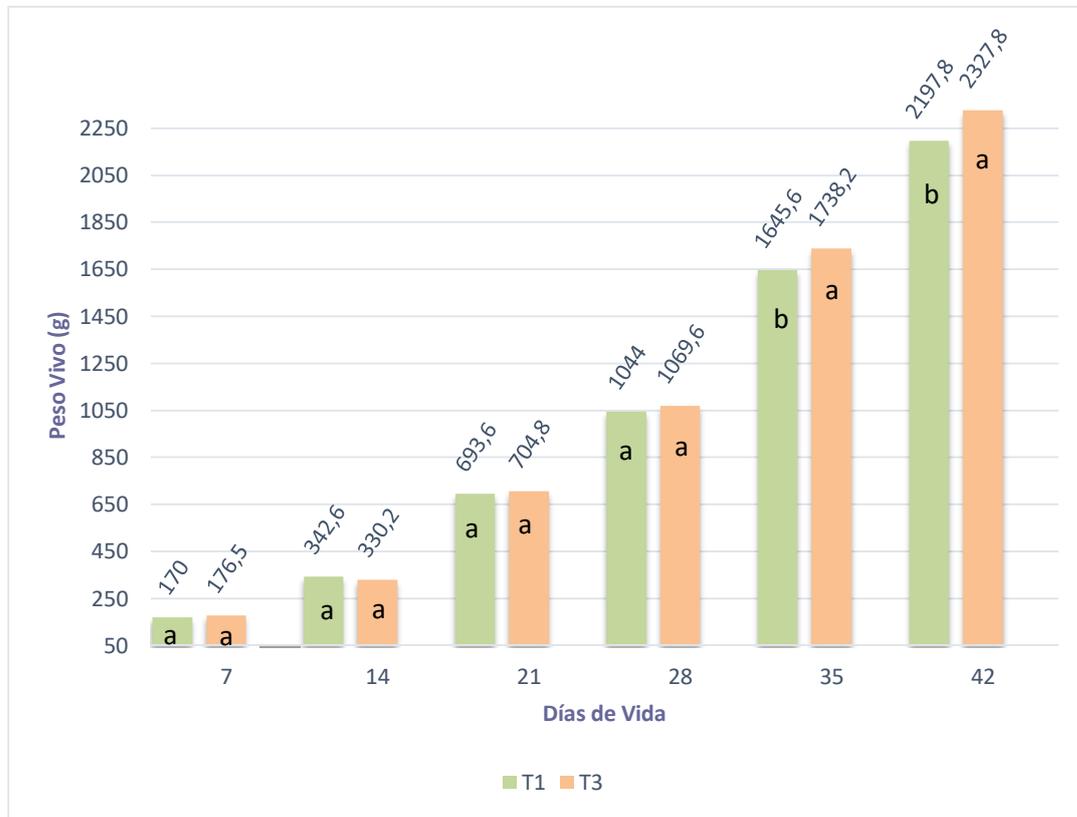
En cuanto al Peso Final, también hubo una diferencia a favor de T3 de más de 200 g/ave. En la Figura N° 13 se puede observar la evolución de los pesos semanales registrados durante el período experimental. Es de destacar que hasta la cuarta semana existe una similitud en los pesos, pero a partir de la quinta se observa un aumento significativo ( $p < 0,05$ ), en el peso de las aves de este tratamiento. Aquí, es muy probable que el ajuste de la matriz de la Burlanda seca, especialmente en los niveles energéticos, haya presentado una mejor respuesta comparando con el grupo T1, tal vez por satisfacer los requerimientos energéticos para el crecimiento, de manera más eficiente. Estos resultados concuerdan, en forma general, con Shim et al. (2011), quienes informaron que una formulación equilibrada mantiene niveles de crecimiento óptimos.

Continuando con el análisis de las necesidades energéticas, y considerando al NRC (1994) y las Tablas Brasileñas (2017), que indican que los requerimientos nutricionales de Energía aumentan hacia el final del ciclo productivo, en nuestro ensayo, las necesidades energéticas fueron cubiertas por las dietas de ambos tratamientos, hasta la cuarta semana de vida. A partir de allí, el T1 parece tener un déficit que en el T3 se compensaría, lo que demuestra la evolución de los pesos vivos de las aves alimentadas con esta última ración. Este déficit, llevó a las aves del T1 a compensarlo con un aumento del consumo de alimento, empeorando el Índice de Conversión Alimenticia; como se puede observar en la Tabla N° 16 (anteriormente descrita).

En relación a la calidad de la canal, pudimos observar una mejora en su rendimiento de alrededor del 1% a favor de las aves del T3, respecto al T1. Esto, apoyado básicamente en el mayor peso de la pechuga y no así en el peso de los muslos, que no mostraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). Igualmente, en estudios informados por Schilling et al. (2010) se indica que la alimentación de pollos de carne con hasta un 12% de DDGS no afectó la calidad de la carne de pechuga ni de los muslos.

Respecto a la grasa abdominal se observó un incremento de su deposición en T3, aunque no se correlacionó con una disminución del Rendimiento de la Canal, tal como lo mencionó Hai y Blaha (2000).

Figura N° 13: Evolución del Peso Vivo promedio, según los días de vida, de los diferentes Tratamientos con 10% de inclusión de Burlanda, con diferentes matrices.



T1: 10% Burlanda Matriz Teórica. T3: 10% Burlanda Matriz Corregida. <sup>a b</sup> Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ( $p < 0,05$ ).

#### -Inclusión de Burlanda a un 20% con matrices diferentes (T2 y T4):

Mientras que al evaluar los tratamientos T2 y T4, donde la Burlanda se incluyó al 20%, la Conversión Alimenticia tuvo una significativa mejoría ( $p < 0,05$ ) en el T4. Probablemente, las dietas del T2 hayan generado posibles desbalances energéticos que desmejoraron dicha variable, en las aves de este grupo.

En cuanto al Peso Final, además se observó un valor significativamente superior ( $p < 0,05$ ) a favor del T4, respecto a la T2. Para dimensionar la evolución de los pesos semanales registrados durante el período experimental, se puede observar la Figura N° 14.

Nuestros resultados también coinciden con Masa´deh et al. (2008), quienes informaron que raciones con niveles de incorporación de un 20% de DDGS mostraron un desempeño adecuado, en los parámetros productivos, en relación a dietas formuladas sin la inclusión de DDGS.

En relación a lo anterior, el CMD y GMD mostraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) a favor de T4, por lo que las evaluaciones al final de período experimental evidencian que las aves del T4 tuvieron una mejor respuesta a la ración con los ajustes sobre la Burlanda.

Por otro lado, al evaluar la Calidad de la Canal en T2 y T4, el Rendimiento fue superior en T4, en un 2%, a consecuencia de un mayor peso de la Pechuga. En cambio, no se observó una diferencia, de tal magnitud, en el peso de los muslos, aunque también tuvieron mayor desarrollo en el T4. Esto coincide en parte con Nogueira et al. (2007), quienes afirman que el adecuado aporte de aminoácidos limitantes, especialmente la lisina, mejora la ganancia de peso y la conversión alimenticia, además de tener una gran influencia en la deposición de los músculos de la pechuga. Es posible que en nuestro experimento el ajuste de las matrices de la Burlanda haya permitido mejorar el perfil de los aminoácidos de la ración.

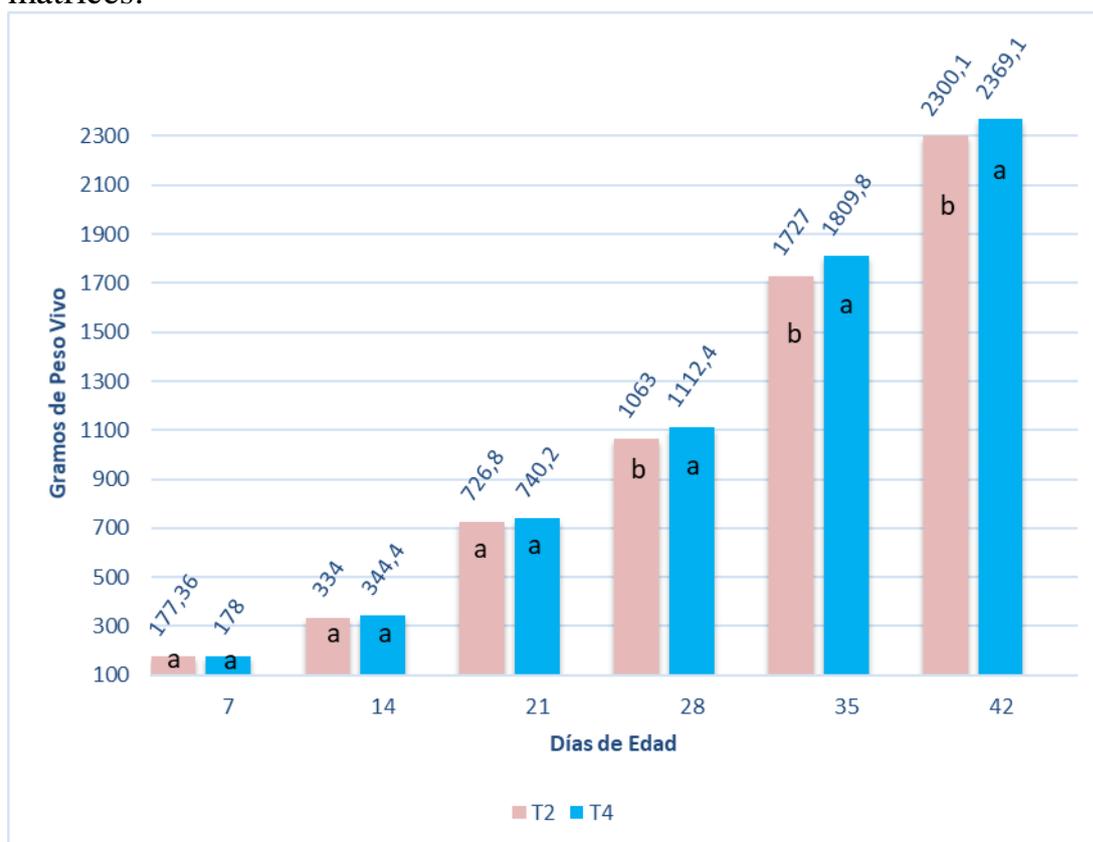
También, coincidimos con Ravidran et al., (2005) quienes mencionaron que los niveles de los principales aminoácidos de los DDGS, están directamente relacionados con la calidad intrínseca del maíz del cual se originan. Es por esto, que debemos considerar que el desarrollo de la pechuga está en gran medida influenciado, no solo por el niveles de PB, si no que también por el equilibrio de AA de la dieta. Y al ser la Burlanda un reemplazante, en parte, de otras fuentes proteicas, es de vital importancia considerar los conceptos anteriores para garantizar el óptimo desarrollo muscular del ave.

Además, en nuestros resultados se observó que cuando se mejoró la relación energía/ proteína se lograron mantener niveles más altos de inclusión de Burlanda con mejores parámetros productivos y de calidad de la canal. Coincidiendo con lo enunciado por Bedford y Summers (1985), quienes afirmaron que, manteniendo equilibrada esta relación, se logra cumplir con los objetivos actuales de incrementar la cantidad de tejido muscular, en especial pechuga y muslo, disminuyendo el porcentaje de tejido graso en la canal.

Por otra parte, concordamos con Rezaei et al. (2003), quienes afirman que optimizando el equilibrio de los aminoácidos mejora la deposición de proteínas y disminuye el tejido adiposo total y especialmente la grasa abdominal. Sin embargo, Gous y

Morris (1985) advirtieron que se debe tener especial cuidado sobre los aspectos metodológicos, antes de concluir en cualquier interpretación sobre los niveles de grasa de la carcasa y su relación con las concentraciones de energía/proteína, concepto con el que coincidimos en parte.

Figura N° 14: Evolución del peso vivo promedio de los diferentes Tratamientos con 10% de inclusión de Burlanda, con diferentes matrices.



T2: 20% Burlanda Matriz Teórica. T4: 20% Burlanda Matriz Corregida. <sup>a b</sup> Letras Distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.

En síntesis, en nuestro experimento, pudimos observar no solo el impacto del aumento de los niveles de inclusión de la Burlanda, si no que analizamos la influencia de las características nutricionales de ésta sobre diferentes aspectos productivos de las aves. Con respecto a esto, Wang et al., (2008) mencionan que existe una reducción significativa de la carne de pechuga y de los cuartos traseros, con el aumento en la incorporación de DDGS en la dieta. No obstante, en nuestros experimentos pudimos obtener información que nos permitió evaluar el impacto positivo de los niveles de inclusión, por lo tanto no coincidimos con este autor.

Es de gran importancia considerar el aporte de las matrices nutricionales, ya que se observó que raciones con mayores niveles de inclusión de Burlanda pueden demostrar mejor performance productiva y de calidad de la canal, con ajustes adecuados.

También, podría ser motivo de diferencias en los resultados obtenidos en nuestros ensayos, las formulaciones de raciones para cada categoría de los pollos de carne. En los datos obtenidos, logramos observar distintas respuestas en la evolución de los pesos, tal como lo mencionado por Swiatkiewiez et al. (2008) quienes demostraron que en dietas iniciadoras y terminadoras, los impactos de la inclusión de DDGS son diferentes de acuerdo al porcentaje y al ajuste en la formulación.

En nuestro estudio, las diferencias en la evolución de los pesos (Figura N° 14) se evidenciaron en las últimas semanas, mientras que en las tres primeras, los pesos fueron similares y sin diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). Estos resultados no coinciden con Lumpkins et al. (2004), quienes mostraron un deterioro en los pesos y en la conversión alimenticia durante el período inicial del crecimiento, pero utilizaron niveles del 18% de DDGS.

En nuestro caso, la magnitud de las diferencias no solo se relacionó con el nivel de inclusión de Burlanda, si no que también se debería al tipo de matriz de Burlanda utilizada para la formulación de las raciones.

Cuando analizamos la evolución del peso, comparando los cuatro tratamientos, se observó una clara diferencia, a partir de la cuarta semana, entre los valores de los pesos de T2 y T4. La posibilidad de que los requerimientos crecientes de energía no fueron cubiertos por las dietas T1 y T3, cuando lo comparamos con los mismos niveles de inclusión correspondientes. Esto tomaría mayor relevancia si se tratara de dietas terminadoras de pollos de carne. Por lo tanto, los mejores pesos finales obtenidos, a los 42 días de vida, podrían deberse al efecto positivo del aporte de energía a favor de los T3 y T4 (Matrices corregidas). Esto coincide con Masa'deh et al. (2011), quienes demuestran que los valores ajustados con un 20% de inclusión de DDGS, mostraron resultados óptimos.

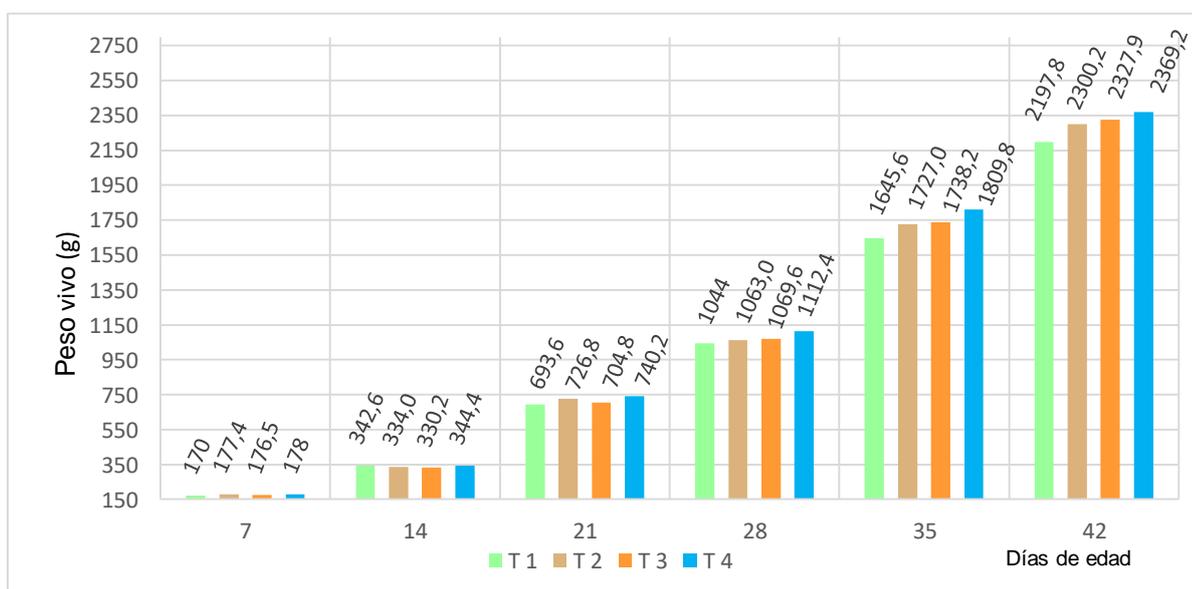
Asimismo, es preciso aclarar que en los primeros experimentos se evaluó la performance solo en relación a la incorporación de Burlanda en sus diferentes niveles. Mientras que, a través del último ensayo, pudimos indagar también sobre las características intrínsecas de la Burlanda.

Por ello, en nuestro trabajo no solo se determinó el aporte energético real, sino que también la magnitud del impacto de la corrección del aporte, sobre las variables productivas y la calidad de la canal.

Si bien, ya se presentaron en la figura N° 14 y 13 la evolución de los pesos semanales en función de los porcentajes de inclusión, se confeccionó la figura N° 15 donde se contrastan lo cuatro Tratamientos en su conjunto.

Es interesante poder analizar que cuando se evaluaron las variables productivas, no solo en los pesos semanales, existieron mejoras a favor de los tratamientos con las matrices corregidas, tanto en Conversión Alimenticia, como en GMD.

Figura N° 15: Comparación en la evolución de los pesos semanales de los cuatro tratamientos durante el período experimental.

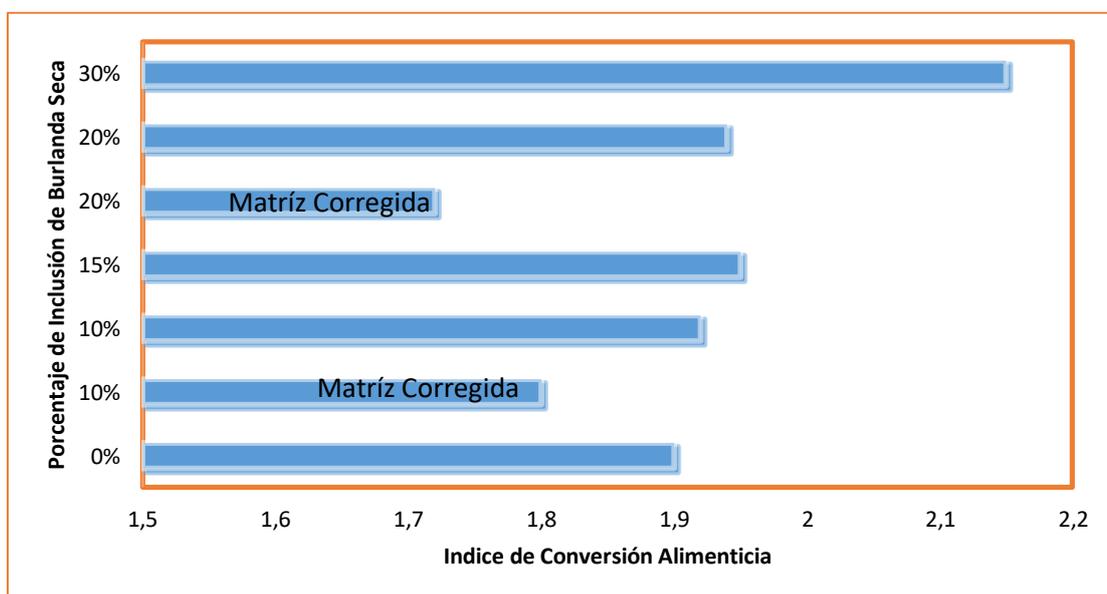


En cuanto a la composición de la Canal, las diferencias mostraron una mejora hacia las dietas de mayor nivel de inclusión de Burlanda, y dentro de éstas a las que tuvieron la matriz nutricional corregida. Esto coincide, en parte, con Schilling et al.

(2010) quienes afirmaron que el agregado de niveles de entre un 20% y 30% de DDGS no afectaron los parámetros de calidad de la canal, especialmente el desarrollo de la pechuga.

Cuando analizamos todos nuestros experimentos en perspectiva, pasando por los diferentes niveles de inclusión de Burlanda, tanto los inferiores como los superiores, se observó (Figura N°16) que el aumento del porcentaje de inclusión de Burlanda seca (DDGS), generó una desmejora en los índices de conversión alimenticia (CA), salvo cuando se corrigieron las matrices. Asimismo se mostraron más variables y dispersos (CV) los datos productivos de las dietas con mayores niveles de incorporación de Burlanda seca. Estos datos fueron obtenidos y estandarizados de los diferentes experimentos, y nos permitirían tener una observación desde un aspecto retrospectivo.

Figura N°16: Efecto del Nivel de Inclusión de Burlanda sobre el índice de Conversión Alimenticia.



## **CAPÍTULO 5:**

## **CONCLUSIONES.**

## 5. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten obtener las siguientes conclusiones:

- La incorporación de Burlanda seca en niveles superiores, genera un menor desempeño de los parámetros productivos y de calidad de la canal, en los pollos de carne. Esto se observó especialmente en aquellas aves que consumieron raciones con 30% de inclusión de Burlanda.
- Las dietas para pollos de carne que incorporaron niveles inferiores de Burlanda seca, no mayores al 20%, mostraron ser más eficientes en los parámetros productivos obtenidos.
- La determinación de la Energía Metabolizable en las jaulas metabólicas, mostró una sobreestimación teórica de EMA/ Kcal /Kg MS que afectó el crecimiento de las aves en las últimas semanas de crianza.
- La corrección de los niveles EMA mejoró la respuesta de los parámetros productivos de las aves que consumieron dietas con matrices de Burlanda corregidas.
- Se observó una mejora, en relación al peso de la pechuga y de los muslos, de las aves que consumieron dietas con las matrices corregidas de Burlanda.
- El uso de Burlanda seca en la alimentación de pollos de engorde, con un nivel de inclusión de entre el 15% al 20%, mostró los mejores resultados, de acuerdo a los estándares de performance productiva y de calidad de la canal, estudiados.
- En este punto es importante considerar que no solo el porcentaje de inclusión es influyente, si no que la valoración nutricional tiene un efecto relevante.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

**Alizadeh, M., Rodriguez-Lecompte, J. C., Rogiewicz, A., Patterson, R. y 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. *Poult. Sc.* 95 (3): 507-517.

**Adeola, O., y Ragland, D. 2016.** Comparative ileal amino acid digestibility of distillers' grains for growing pigs. *Animal Nutrition*, 2(4), 262-266.

**Almeida, I.C.L, Mendes, A.A., Oliveira, E.G., Garcia, R.G. y Garcia, E.A. 2002.** Efeito de dois níveis de lisina e do sexo sobre o rendimento e qualidade da carne de peito de frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia* 31(4):1744-1752

**AOAC. 1995.** ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. Official methods of analysis. 16.ed. Arlington: AOAC International, 1025p

**Batal, A. B. y Dale, N. M., 2006.** True metabolizable energy and amino acid digestibility of distillers dried grains with solubles. *J. Appl. Poult. Res.*, 15 (1): 89-93

**Bedford, M. R. 1996.** Interaction between ingested feed and the digestive system in poultry. *J. Appl. Poult. Res.* 5:86-95.

**Bedford, M. R., y Summers, J. D. 1985.** Influence of the ratio of essential to non essential amino acids on performance and carcass composition of the broiler chick. *Br Poult Sci.* 26 (4): 483-491.

**Belyea, R.L., Rausch, K.D., Clevengerc, T.E., Singh, V., Johnston, D.B. yTumbleson, M.E. 2010.** Sources of variation in composition of DDGS. *J Anim Feed Sci*, 159:122-130.

**Belyea, R. L., Rausch, K. D. y Tumbleson, M. E.. 2004.** Composition of corn and distillers dried grains with solubles from dry grind ethanol processing. *Bioresour. Technol.* 94:293-298.

**Benavides, P. T., Cai, H., Wang, M., y Bajjalieh, N. 2020.** Life-cycle analysis of soybean meal, distiller-dried grains with solubles, and synthetic amino acid-based animal feeds for swine and poultry production. *Animal Feed Science and Technology*, 268.

**Bernal, L.E.P., Tavernari, F.C., Rostagno, H.S., y Albino, L.F.T. 2014.** Digestible lysine requirements of broilers *Rev. Bras. Cienc. Avic.*, 16 : 49-54

**Berres, J., Vieira, S.L., Dozier III, W.A., Cortes, R. M.E.M., de Barros, E.T. Nogueira y M. Kutschenko. 2010.** Broiler responses to reduced-protein diets supplemented with valine, isoleucine, glycine and glutamic acid. *J. Appl. Poult. Sci.*, 19:68-79.

**Bertechini, A.G. 2006.** Nutrição de monogástricos. Lavras: Ed. UFLA. 301p.

**Bertechini, A. G. 2011.** Impact of dietary energy on nutrient requirements of broilers , Proc. of the III International Symposium on Nutritional Requirements of Poultry and Swine. Minas Gerais, Brazil Univ. Federal de Viçosa.

**Bhadra, R., Muthukumarappan, K. y Rosentrater. K.A. 2007.** Characterization of chemical and physical properties of distillers dried grain with solubles (DDGS) for value-added uses. An ASABE Meeting Presentation, Paper Number: 077009, 2007 ASABE Annual International Meeting, Minneapolis, Minnesota, 17 - 20 June 2007.

**Bisinoto, K.S., Berto, D.A. y Caldara, F.R. 2007.** Relação treonina: lisina para leitões de 6 a 11kg de peso vivo em rações formuladas com base no conceito de proteína ideal. *Ciência Rural*, Santa Maria, 37(6):1740-1745.

**Black, J.L. 2000.** Bioavailability: the energy component of a ration for monogastric animals. In: Moughan PJ, Verstegen MWA, Visser-Reyneveld MI, editors. *Feed Evaluation: Principle and Practice*. Wageningen Press; Wageningen, The Netherlands: pp. 133–152.

**Blaxter, K.L. 1972.** Fasting metabolism and energy required by animals for maintenance. In: *Festskrift til Knud Breirem*. Mariendals Boktrykkeri AS, Gjøvik, Norge. p. 19-36.

**Blaxter, K.L. 1989.** *Energy metabolism in animal and man*. Cambridge. p. 336.

**Burnham, D., Emmans, G.C. y Gous, R.M. 1992.** Isoleucine requirements of the chicken: the effect of excess leucine and valine on the response to isoleucine. *Br. Poult. Sci.* 33: 71-87.

**Carre, B., Idi, A., Maisonnier, S., Melcion, J.P., Oury, F.X., Gomez, J. y Pluchard, P., 2002.** Relationships between digestibilities of food components and characteristics of wheats (*Triticum aestivum*) introduced as the only cereal source in a broiler chicken diet. *Br. Poult. Sci.* 43: 404-415.

**Carre, B., Muley, N., Gomez, J., Oury, F.X., Laffitte, E., Guillou, D. y Signoret, C., 2005.** Soft wheat instead of hard wheat in pelleted diets results in high starch digestibility in broiler chickens. *Br. Poult. Sci.* 46: 66-74.

**Choct, M., Hughes, R.J., Wang, J., Bedford, M.R., Morgan, A.J. y Annison, G., 1996.** Increased small intestinal fermentation is partly responsible for the antinutritive activity of non-starch polysaccharides in chickens. *Br. Poult. Sci.* 37: 609-621.

**Cortes Cuevas, A., César, A., Carrillob, E., Sanabria Elizalde, G., Iriarte, J. M., Ornelas Roac, M. y Avila González, E. 2012.** El uso de granos secos de destilería con solubles (DDGS) en dietas sorgo-soya para pollos de engorda y gallinas de postura. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias.* 3 (3):331-341.

**Cortes-Cuevas A. , Ramírez-Estrada S. , Arce-Menocal J. , Avila-González E. y López-Coello C. 2017.** Effect of Feeding Low-Oil DDGS to Laying Hens and Broiler Chickens on Performance and Egg Yolk and Skin Pigmentation. *Revista Brasileira de Ciencia Avicola.* 17(2):247-254.

**Cortinas, L., C. Villaverde, J. Galobart, M.D. Baucells, R. Codony y A.C. Barroeta, 2004.** Fatty acid content in chicken thigh and breast as affected by dietary polyunsaturation level. *Poult. Sci.*, 83: 1155-1164.

**Corzo, A., Schilling, M. W. Loar II, R. E., Jackson, V. Kin S y Radhakrishnan. V. 2009.** The effects of feeding distillers dried grains with solubles on broiler meat quality. *Poult. Sci.* 88:432-439.

**Cromwell, G.L., Herkelman, K. L. y Stahly, T. S. 1993.** Physical, chemical, and nutritional characteristics of distillers dried grains with solubles for chicks and pigs. *J Anim Sci.*, 71:679-686.

**Dalólio, F.S., Ladeira da Silva, D., Teixeira, L., Sens, R.F., RibeiroJúnior, V., Teixeira Albino, L. F. y Rostagno, H. S. 2020.** Metabolizable energy and amino acid digestibility of corn distillers dried grains with solubles with or without enzymes supplementation in broiler diets. *Journal of Applied Poultry Research.* Vol 29:3.

**Damasceno, J.L., Rocha, C.S., Eyng, C., Broch, J., Souza, C., Wachholz, L., Cirilo, E.H., Avila, A.S., PiresFilho, I. C. y Nunes, R. V. 2020.** Effect of feeding dried distillers' grains with solubles to broiler chickens from day 0 to 21. *Livestock Sciencie.* Vol 241.

**D'Mello, J.P.F. y Lewis, D. 1978.** Effect of nutrient deficiencies in animals: amino acids. In: Rechcigl, M. (ed.) *CRC Handbook Series in Nutrition and Food, Section E; Nutritional Disorders*, Vol. II. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 441–490.

**De Rouchey, J.M., Hancock, J.D., Hines, R.H., Maloney, C.A., Lee, D.J., Cao, H., Dean, D.W. y Park. J.S. 2004.** Effects of rancidity and free fatty acids in choice white grease on growth performance and nutrient digestibility in weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 82:2937-2944.

**Denbow, D. M. 1994.** Peripheral regulation of food intake in poultry. *J. Nutr.* 124:1349-1354.

**Dibner, J. J., Atwell, C.A., Kitchell, M.L., Shermer, W.D., y Ivey, F.J. 1996.** Feeding of oxidized fats to broilers and swine: effects on enterocyte turnover, hepatocyte proliferation and the gut associated lymphoid tissue. *Anim. Feed Sci. Tech.* 62:1-13.

**Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M. y Robledo C.W. InfoStat versión 2016.** Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.

**Donaldson, W. E. y Christensen, V. L. 1991.** Dietary carbohydrate level and glucose metabolism in turkey poults. *Comp. Biochem. Physiol.* 98:347-350.

**Dozier III, W.A., Perryman, K.R. y Hess, J.B. 2015.** Apparent ileal amino acid digestibility of reduced-oil distillers dried grains with solubles fed to broilers from 23 to 31 days of age. *Poult. Sci.* 94:379-383.

**Dunnington, E. A. y Siegel, P. B. 1995.** Enzyme activity and organ development in newly hatched chicks selected for high or low eighth-week body weight. *Poult. Sci.* 74:761-770.

**EEA (European Environment Agency). 2011.** Scientific Committee opinion on greenhouse gas accounting in relation to bioenergy. 15 September. EEA (available at <http://www.eea.europa.eu/about-us/governance/scientific-committee/sc-opinions/opinions-on-scientific-issues/sc-opinion-on-greenhouse-gas/view>).

**Evans, R.J. y Butts, H.A. 1948.** Studies on the heat inactivation of lysine in soy bean oil meal. *J. Biol. Chem.* 175:15–20.

**Fargione, J., Hill, J., Tilman, D. Polasky, S. y Hawthorne, P. 2008.** Land clearing and the biofuel carbon debt. *Science*, 319(5867): 1235-1238

**FAO. 2011.** The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture. Managing systems at risk. New York and London, FAO and Earthscan.

**FAO. 2012.** The State of Food Insecurity in the World 2012. Economic growth is necessary but not sufficient to accelerate reduction of hunger and malnutrition. Rome.

**FAO. 2013.** Biofuel co-products as livestock feed. Opportunities and challenges, by H.P.S. Makkar ed. Rome.

**Fastinger, N. D., Latshaw, J. D. y Mahan D. C., 2006a.** Amino acid availability and true metabolizable energy content of corn distillers dried grains with solubles in adult cecectomized roosters. *Poult. Sci.*, 85 (7): 1212-1216

**Fastinger, N. D. y Mahan, D. C. 2006b.** Determination of the ileal AA and energy digestibilities of corn distillers dried grains with solubles using growerfinisher pigs. *J Anim Sci*, 84:1722-1728.

**FEDNA. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. 1999.** Normas FEDNA para la formulación de piensos compuestos. C. de Blas, G. G. Mateos y P. García. Ed. FEDNA, Madrid, España.

**FEDNA. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. 2012.** Granos Solubles de maíz (DDGS), calidad media. [http://www.fundacionfedna.org/ingredientes\\_para\\_piensos/granos-y-solubles-de-ma%C3%ADz-ddgs-calidad-media-actualizado-nov-2011](http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/granos-y-solubles-de-ma%C3%ADz-ddgs-calidad-media-actualizado-nov-2011).

**Fernandez, S.R., Zhang, Y. y Parsons, C.M. 1995.** Dietary formulation with cottonseed meal on a total amino acid versus a digestible amino acid basis. *Poult. Sci.* 74:1168-1179.

**Fischer, J. A., Albino, L. F. y Rostagno, H. S. 1998.** Determinação dos valores de energia metabolizável de alguns alimentos usados na alimentação de aves. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 2 (27): 314-318.

**Fletcher ,D. L.2002.** Poultry meat quality. *World's Poult. Sci. J.*58:131-145.

**Fontaine, J., Zimmer, U., Moughan, P.J., y 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. *J. Agric. Food Chem.* 55:10737-10743.

**Fries-Craft, K. y Bobeck, E. A. 2019.** Evaluation of a high-protein DDGS product in broiler chickens: performance, nitrogen-corrected apparent metabolisable energy, and standardised ileal amino acid digestibility. *Br. Poult. Sci.* 60(6):749-756.

**Greffeuille, V., Abecassis, J., Rousset, M., Oury, F.X., Faye, A., Bar L'Helgouac'h, C., Lullien-Pellerin, V., 2006.** Grain characterization and milling behaviour of near-isogenic lines differing by hardness. *Theor. Appl. Genet.* 114: 1-12.

**Goodwin, T.W. 1984.** The biochemistry of catotenolds. Vol. 2, Animals, 2nd ed. Chapman and Hall, New York.

**Gous, R.M. y Morris, T.R. 1985.** Evaluation of a diet dilution technique for measuring the response of broiler chickens to increasing concentrations of lysine. *Br. Poult. Sci.* 26:147-161.

**Hai, D.T. y Blaha, J., 2000.** Effect of low-protein diets adequate in levels of essential amino acids on broiler chicken performance. *Czech J. of Anim. Sci.* 45: 429-436.

**Han, J., y Liu, K. 2010.** Changes in composition and amino acid profile during dry grind ethanol processing from corn and estimation of yeast contribution toward DDGS proteins. *J. Agric. Food Chem.* 58:3430–3437.

**Harrell, R.J., Zhao, J. Rexnik, G. Macaraeg, D. Wineman, T. y Richards, J. 2010.** Application of a blend of dietary antioxidants in nursery pigs fed either fresh or oxidized corn oil or DDGS. *J. Anim. Sci.* 88(3): 97-98.

**Harvey, M. y Pilgrim, S. 2011.** The new competition for land: food, energy, and climate change. *Food Policy*, 36, Suppl. 1: S40–S51. ISSN 0306-9192, 10.1016/j.foodpol.2010.11.009.

**Hassan, S.M. Aqil, A.A. Al. 2015.** Effect of Adding Different Dietary Levels of Distillers Dried Grains with Solubles (DDGS) on Productive Performance of Broiler Chicks. *Int. J. of Poult. Sci.* 14 (1): 13-18.

**Hickling, D.R., Guenter W.y Jackson, M.E. 1990.** The effect of dietary Methionine and lysine on broiler chicken performance and breast meat yield. *Can. J. Anim. Sci.*, 70: 763-768.

**Hill, F. W. y Anderson, D. L. 1959.** Comparasion of metabolizable energy determinations with growing chicks. *J. of Nut.* 64 (3): 587-604.

**HLPE, 2013. FAO.** Los biocombustibles y la seguridad alimentaria. Un informe del Grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición del Comité de Seguridad Alimentaria Mundial, Roma.

**Hoseney, R. C. 1991.** El almidón de los cereales. Principios de ciencia y tecnología de los creales. Pp 31-65. Acribia, Zaragoza, España.

**Huang, K. H., Ravindran, V. Li, X. Ravindran, G.y Bryden. W. L. 2007.** Apparentilealdigestibilityofaminoacidsinfeedingredients determined with broilers and layers. *J. Sci. Food Agric.* 87:47–53.

**Hung, Y.T., Hanson, A.R. Shurson, G.C. y Urriola, P.E. 2017.** Peroxidized lipids reduce growth performance of poultry and swine: A meta-analysis. *Anim. Feed Sci. Technol.* 231:47-58.

**Iji, P. A., Saki, A. y Tivey, D. R. 2001.** Body and intestinal growth of broilers chicks on a comercial starter diet. Intestinal weight and mucosal development. *Br. Poult. Sci.* 42: 505-513.

**Iram, A., Cekmecelioglu, D., Demirci, A. 2020.** Distillers' dried grains with solubles (DDGS) and its potential as fermentation feedstock. *Applied Microbiology and Biotechnology.* 104: 6115-6128.

**Ivanova, I., Georgieva, V. y Lalev, M. 2013.** Efect of wheat dry distiller's grain in compound feeds for broiler chickens on productive and slaughter traits. *Bulgarian J.of Agri. Sci.* 19 (1):102-108.

**ISLER 0. 1971.** Edition: Carotenoids. Birkhiuser Verlag, Basel.

**Jie, Y.-Z., Zhang, J.-Y., Zhao, L.-H., Ma, Q.-G., y Ji, C. 2013.** The correlationship between the metabolizable energy content, chemical composition and color score in different sources of corn DDGS. *J. of Anim. Sci. and Biotech.* 4(1): 38.

**Jin, S. H., Corless, A. y Sell, J. L. 1998.** Digestive system developement in post-hatch poultry. *World's Poult. Sci. J.* 54: 335-345.

**Jung, B., Batal, A. B., Ward, N. E. y Dale, N. 2012.** Vitamin composition of new-generation corn distillers dried grains whit solubles. *J. Appl. Poult. Res.* 22 (1), 71-74.

**Kaminska, B., Z. 2003.** Effect of reduced protein level in grower diet on broiler performance and nitrogen balance. *Roczniki-Naukowe-Zootechniki* 30 (2): 343-351.

**Kawsar A. Ghaly, Attiat H. El-Bogdady; S. A. Abd El-Latif; y A. S. Abd El Hameed, 2017.** Effects of using ddgs and avizyme enzyme in the broiler diets on some physiological responses. *Egyp. Poult. Sci. J.* 37(2):363-377.

**Karrer, P., y Jucker, E. 1951.** Carotenoids New York: Elsevier, 1950. 384 pp. *Science* 113 (2938) pp. 451.

**Kim, E.J., Amezcua, C.M. Utterback, P.L. y Parson, C.M. 2008.** Phosphorus bioavailability, trae metabolizable energy, and amino acid digestibilities of high protein corn distillers dried grains and dehydrated corn germ. *Poult. Sci.* 87 (4): 700-705.

**Kim, B.G., Petersen, G.I., Hinson, R.B., Allee, G.L. y Stein, H.H. 2009.** Amino acid digestibility and energy concentration in a novel source of high-protein distillers dried grains and their effects on growth performance of pigs. *J. Anim. Sci.* 87, 4013–4021.

**Konca, Y., F. Kırkpınar y S. Büyükkılıç, 2010.** Effects of dried distillers grain with solubles (DDGS) in corn and wheat based diets on Japanese quails performance and carcass characteristics. The Poultry Congress, 07-09 October, Kayseri-Turkey.

**L'Estrange, J.L., Carpenter, K.J. Lea, C.H. y Parr, L.J. 1967.** Nutritional effects of autoxidized fats in animal diets. 4. Performance of young pigs on diets containing meat meals of high peroxide value. *Br. J. Nutr.* 20:377-392.

**Lagi, M., Bar-Yam, Y., Bertrand, K.Z. y Bar-Yam, Y. 2011.** The food crises: a quantitative model of food prices including speculators and ethanol conversion. Cambridge, USA, New England Complex Systems Institute.

**Larbier, M. y Leclercq, B. 1994.** Nutrition and feeding of poultry. English translation. Nottingham University Press. Sutton Bonington Campus, Loughborough, Leicestershire, UK.

**Lean, I. J., Rabiee, A. R., Duffield, T. F., y Dohoo, I. R. 2009.** Invited review: Use of meta-analysis in animal health and reproduction: Methods and applications. *J. of Dairy Sci.* 92(8): 3545-3565.

**Leeson S, Summers JD, Daynard TB. 1977.** The effect of kernel maturity at harvest as measured by moisture content, on the metabolizable energy value of corn. *Poult. Sci.* 56:154-156.

**Lesson S., Summers J.D., Caston L.J., 1992.** Response of broilers to feed restriction or diet dilution in the finisher period. *Poult. Sci.* 71, 2056-2064.

**Leeson S, Caston L, Summers JD. 1996.** Broiler response to diet energy. *Poult Sci.* 75(4):529-535.

**Leeson, S. y J.D. Summers, 2001.** Protein and Amino Acids. In: Scott`s Nutrition of the Chicken, Leeson, S. and J.D. Summers (Eds.). University Books, Ontario, Canada, pp: 102-175.

**Leeson, S. y Caston, L. 2004.** Enrichment of eggs with lutein. Poultry Sci. Oct; 83(10):1709-12.

**Leeson, S. y Summers, J.D. 2005.** Commercial Poultry Nutrition. Third Edition, Nottingham University Press, Nottingham

**Leclercq, B., 1998.** Specific effects of lysine on broiler production: Comparison with threonine and valine. Poultry Sci. 77:118-123.

**Lilja, C. 1983.** A comparative study of posnatal growth and organ development in some species of bird. Growth 47: 317-339.

**Liu, K. 2011.** Chemical Composition of Distillers Grains, a Review. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 59: 1508-1526.

**Loar R.E., J.S. Moritz, JR, Donaldson y A. Corzo, 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. Poult Sci. 89(10):2242-50.

**Lukasiewicz, M., Pietrzak, D., Niemiec, J., Mroczek, J. y Michalczyk, M. 2012.** Application of dried distillers grains with solubles (DDGS) as a replacer of soybean meal in broilers chickens feeding. Archiv Tierzucht 55 (5): 496-505.

**Lumpkins B.S., A.B. Batal, N.M y Dale, 2004.** Evaluation of distillers dried grains with solubles as a feed ingredient for broilers. Poult. Sci., 83: 1981-1986.

**Macari, M.; Furlan, R.L. y Gonzales, E. 1994.** Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte. Jaboticabal: FUNEP, 296p.

**MacLeod, M. G. 1997.** Effects of amino acid balance and energy:protein ratio on energy and nitrogen metabolism in male broiler chickens. Br Poult Sci. 38(4):405-411.

**Masa'deh, M.K. 2011.** Dried distillers grain with solubles in laying hen and pullet rations. Ph.D. Thesis, Department of Animal Science, University of Nebraska-Lincoln

**Matterson. L. D.; Potter, L. M.; Stutz, N. W. 1965.** The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. Agricultural Experiment Station Reserch Report. 7(3 ):22.

**McKee SR1 y Sams AR. 1997.** The effect of seasonal heat stress on rigor development and the incidence of pale, exudative turkey meat. Poul. Sci. 76(11):1616-1620.

**Maiorka A, Fischer da Silva AV, Santin E, Borges AS, Boleli IC y Macari M. 2000.** Influência da suplementação de glutamina sobre o desempenho e o desenvolvimento de vilos e criptas do intestino delgado de frangos. Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia 52:487- 490.

**Martinez-Amezcu, C., Parsons, C.M. y Noll, S.L. 2004.** Content and relative bioavailability of phosphorus in distillers dried grains with soluble in chicks. Poul. Sci. 83:971-976.

**Martinez-Amezcu, C. y Parsons, C.M. 2007.** Effect of increased heat processing and particle size on phosphorus bioavailability in corn distillers dried grains with solubles. Poul. Sci. 86:331–337.

**Meloche, K. J., Kerr, B. J., Shurson, G. C. y Dozier, W. A. 2013.** Apparent metabolizable energy and prediction equations for reduced-oil corn distillers dried grains with solubles in broilers chicks from 10 to 18 days of age. Poul. Sci. 92:3176-3183.

**Messad, F., Létourneau-Montminy, M. P., Charbonneau, E., Sauvant, D., y Guay, F. 2015.** Prediction of standardized ileal digestibility and essential amino acid content of ingredients in swine: A meta-analysis. Anim. Feed Sci and Tech, 207, 204-221.

**Messad, F., Létourneau-Montminy, M. P., Charbonneau, E., Sauvant, D., y Guay, F. 2017.** Prediction of the amino acid digestibility of legume seeds in growing pigs: a meta-analysis approach. Animal, 12(05): 940-949.

**Mitchell, D. 2008.** A note on rising food prices. Policy Research Working Paper No. 4682. Washington, DC, World Bank.

**Min, Y.N., A. Hancock, F. Yan, C. Lu, C. Coto, A. Karimi, J. H. Park, F. Z. Liu, y P. W. Waldroup, 2010.** Use of combinations of canola meal and distillers dried grains with solubles in broiler starter diets. *J. Appl. Poult. Res.* 18:725-733.

**Min Y. N., Li L. L., Liu S. K., Zhang J. Gao Y. P. y Liun F. Z. 2015.** Effects of dietary distillers dried grains with solubles (DDGS) on growth performance, oxidative stress, and immune function in broiler chickens *The J. of App. Poult. Res.* 24, (1): 23-29.

**Moran, E.T., 1985.** Digestion and absorption of carbohydrates in fowl and events through perinatal-development. *J. Nutr.* 115: 665-674.

**Moran, E. T. 1978.** Performance and carcass quality of broilers tom turkeys subjected to a post-hatch fast and offered starting ration of different nutrient concentration. *Can. J. Anim. Sci.* 58:233-243.

**Moran, E. T. Jr. 1988.** Subcutaneous glucose is more advantageous I stablishing the post-hatch poult than oral administration. *Poult. Sci.* 67:493-501.

**Moran, E. T. Jr. 1990.** Effect of egg weight, glucose administration at hatch and delayed access to feed and water on poult at 2 weeks of age. *Poult. Sci.* 69:1718-1723.

**Mossab, A., Hallouis, J. M. y Lessire, M. 2000.** Utilization of soybean oil and tallow in young turkeys compared with young chickens. *Poult. Sci.* 79:1326-1331.

**Muralikrishna, G. y Nirmala, M., 2005.** Cereal a-amylases: an overview. *Carb. Poly.*60: 163-173.

**National Research Council. Nutrient Requirements of Poultry.** 9 th rev. ed. Washington: National Academy Press; 1994.

**Nelson, T.S., Ferrara, L. W. y Storer, N. L. 1968.** Phytate phosphorus content of feed ingredients derived from plants. *Poult. Sci.* 47 (4):1372-1374.

**Nir, I., Nitsan, Z. y Mahagna, M. 1993.** Comparative growth and development of the digestive organs and some enzymes in broiler and egg type chicks after hatching. *British Poult. Sci.* 34:523-532.

**Nitsan, Z., Ben-Arraham, G., Zoref, Z. y Nir, I. 1991.** Growth and development of the digestive organs and some enzymes in broilers chicks afther hatching. *British Poult. Sci.* 32:515-523.

**Noll, S., V. Stangeland, G. Speers y J. Brannon, 2001.** Distillers grains in poultry diets. 62nd Minnesota Nutrition Conference and Minnesota Corn Growers Association Technical Symposium, Bloomington, MN. September 11-12, 2001.

**Noy, Y. y Sklan, D. 1995.** Digestion and absortion in the Young chick. *Poult. Sci.* 74:366-373.

**Noy, Y. y Sklan, D. 1996.** Uptake capacity in vitro for glucose, methionine, and in situ for oleica cid in the proximal small intestine of posthatch chicks. *Poult. Sci.* 75: 998-1002.

**Noy, Y. y Sklan, D. 1997.** Posthatch development in poultry. *J. Appl. Poult. Res.* 6: 344-354.

**NRC, 1981.** Feeding value of ethanol production by-products. Committee on Animal Nutrition. National Academy Press, Washington D. C

**O'Neill, S. J. B., D. Balnave, y N. Jackson. 1971.** The influence of feathering and environmental temperature on the heat production and efficiency of utilization of metabolizable energy by the mature cockerel. *J. Agric. Sci. Camb.* 77:293–305

**Pahm, A.A., Scherer, C.S., Pettigrew, J.E., Baker, D.H., Parsons, C.M. y Stein HH. 2009.** Standardized amino acid digestibility in cecectomized roosters and lysine bioavailability in chicks fed distillers dried grains with solubles. *Poult Sci*, 88:571–578

**Parr, J.F. y J.D. Summer, 1991.** The effect of minimizing amino acid excess in broiler diets. *Poult. Sci.*, 70: 1540-1549

**Parsons, C. M., Martinez, C., Singh, V., Radhakrishman, S. y Noll, S. 2006.** “Nutritional Value of Conventional and Modified DDGS for Poultry,” Multi-State Poultry Nutrition and Feeding Conf., Indianapolis, IN. May 24- 25, 2006.

**Peebles, E. D., Brake, J. D. y Latour, M. A. 1997.** Broiler performance, yield, and bone characteristics as affected by starter diet fat level. *J. Appl. Poult. Res.* 6:325-330.

**Perez, V.G., Jacobs, C.M., Barnes, J., Jenkins, M.C., Kuhlenschmidt, M.S., Fahey, G.C., Parsons, C.M. y Pettigrew, J.E. 2011.** Effect of corn distillers dried grains with solubles and *Eimeria acervulina* infection on growth performance and the intestinal microbiota of young chicks. *Poult. Sci.* 90, 958-964

**Pérez-Vendrell, A. M., Hernández, J., M., Llauro, L., Schierle, J., y Brufau, J. 2001.** Influence of Source and Ratio of Xanthophyll Pigments on Broiler Chicken Pigmentation and Performance. *Poult Sci* 80:320-326.

**Reece, F. N., Lott, B. D., y Deaton, J. W. 1986.** The effects of hammer mill screen size on ground corn particle size, pellet durability, and broiler performance. *Poult Sci*, 65, 1257-1261.

**RFA. 2012.** Renewable Fuels Association. Industry resources, co-products: historic distillers grains production from U.S. ethanol biorefineries.. Available from: <http://www.ethanolrfa.org/industry/resources/coproducts/>.

**Rezaei, M., Moghaddam, H.N., Reza y J.P. 2004.** The effects of dietary protein and lysine levels on broiler performance, carcass characteristics and N excretion. *Int. J. of Poult. Sci.* 3(2)148-152.

**Ravindran, V., Hew, L. I., Ravindran, G. y Bryden. W. L. 2005.** Apparent ileal digestibility of amino acids in dietary ingredients for broiler chickens. *Anim. Sci.* 81:85–97.

**Roberson, K.D., Kalbfleisch, J.L., Pan, W. y Charbeneau, R.A. 2005.** Effect of Corn Distiller's Dried Grains with Solubles at Various Levels on Performance of Laying Hens and Egg Yolk Color. *J. of Poult. Sci.* 4 (2): 44-51.

**Rochell, S.J., Kerr, B.J. y Dozier III, W.A. 2011.** Energy determination of corn co-products fed to broiler chicks from 15 to 24 days of age, and use of composition analysis to predict nitrogen-corrected apparent metabolizable energy. *Poult. Sci.* 90:1999-2007.

**Rochell, S. 2018.** Formulation of Broiler Chicken Feeds Using Distillers Dried Grains with Solubles. *Fermentation*, 4(3), 64.

**Rosentrater, K.A. 2006.** Some physical properties of distillers dried grains with soluble (DDGS). *App. Eng. Agric.* 22:589-595.

**Rostagno, H.S., Pupa, J.M.R y Pack, M. 1995.** Diet formulation for broilers based on total versus digestible amino acids. *J. Appl. Poult. Res.* 4:293-299.

**Rostagno, H.S.; Albino, L.F.T.; Donzele, J.L. 2005.** Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, Departamento de Zootecnia. 186p.

**Rostagno, H. S. 2017.** Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos. 4ª Edição. Universidad Federal de Viçosa Departamento de Zootecnia. ISBN: 978-85-8179-120-3.

**Sá, L.M., Gomes, P.C., Albino, L.F.T., Rostagno, H.S. y Nacif, C.C.. 2007.** Exigência nutricional de metionina + cistina digestível para galinhas poedeiras no período de 34 a 50 semanas de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia.* 36:1837-1836.

**Sabino, H.F.N., Sakomura, N.K., Neme, R. y Freitas, E.R. 2004.** Níveis proteicos na ração de frangos de corte na fase de crescimento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 39(5):407-412.

**Sakomura NK. 2004.** Utilization of the factorial model to determine the nutritional requirements of poultry. En: II Simpósio Internacional sobre exigências nutricionales de aves e suínos. Brasil. 38 p.

**Sakomura, N. K., Basaglia, R. y Sá-Fortes, C.M.L. 2005.** Model for metabolizable energy requirements of laying hens. *Revista Brasileira de Zootecnia* 34(2):575-583.

**Sakomura, N. K. y Rostagno, H. S. 2007.** Métodos de Pesquisa em Nutrição de Monogástricos. Jaboticabal : Funep. Sao Pablo- Brazil. ISBN: 978-85-87632-97-5. p.283

**Sakomura, N.K., Vilar-Silva, J.H., Perazzo-Costa, F.G., Fernandes, J.B.K. y Hauschild L. 2014.** Nutrição de não-ruminantes. Jaboticabal: FUNEP.

**Salim, H.M., Z.A. Kruk, B.D. y Lee, 2010.** Nutritive value of corn distillers dried grains with solubles as an ingredient of poultry diets: A review. *W. Poult. Sci. J.* 66: 411-432.

**Saunders, J. A., Rosentrater, K. A. 2009.** Survey of US fuel ethanol plants. *Bioresource Technology.* 100:3277-3284.

- Sell, J. L., Krogdahl, A. y Hanyu, N. 1986.** Influence of age on utilization of supplemental fats by Young turkeys. *Poult. Sci.* 65:546-554.
- Sell, J. L., Angel, C. R., Piquer, F. J., Mallarino, E. G. y Albatshan, H. A. 1991.** Development patterns of selected characteristics of the gastrointestinal tract of young turkeys. *Poult. Sci.* 70: 1200-1205.
- Schilling, M. W., Schilling, J. K., Claus, J. R., Marriott, N. G., Duncan, S. E. y Wang, H. 2003.** Instrumental texture assessment and consumer acceptability of cooked broiler breasts evaluated using a geometrically uniform-shaped sample. *J. Muscle Foods* 14:11–23.
- Schilling, M. W., Battula, V., Loar, R. E., Jackson, II. V., Kin, S. y Corzo, A. 2010.** Dietary inclusion level effects of distillers dried grains with solubles on broiler meat quality. *Poult Sci* 2010. 89:752-760.
- Searchinger, T., Heimlich, R., Houghton, R.A., Dong, F., Elobeid, A., Fabiosa, J., Tokgoz, S., Hayes, D. y Yu, T-H. 2008.** Use of U.S. croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land use change. *Science*, 319(5867): 1157-1268.
- Sell, J. L., 1996.** Physiological limitations and potential for improvement in gastrointestinal tract function of poultry. *J. Appl. Poult. Res.* 5:96-101.
- SENASA. 2018.** Reporte comparativo del comercio exterior de Productos, Subproductos y derivados de Origen Animal. Oficina de Estadísticas. DNICA.
- Shim, M. Y., Pesti, G.M., Bakalli, R.I., Tillman, P.B. y Payne, R.L. 2011.** Evaluation of corn distillers dried grains with solubles as an alternative ingredient for broilers. *Poult Sci.* 90:369-376.
- Świątkiewicz, S., y Koreleski, J. 2008.** The use of distillers dried grains with solubles (DDGS) in poultry nutrition. *World's Poult. Sci. J.* 64:257-266.
- Sklan, D. y Noy, Y. 2000.** Hydrolysis and absorption in the small intestines of posthatch chicks. *Poult. Sci.* 79:1306-1310.
- Song, R., y Shurson, G.C. 2013.** Evaluation of lipid peroxidation level in corn dried distillers grains with solubles. *J. Anim. Sci.* 91:4383-4388.

**Souffrant, W.B. 2001.** Effect of dietary fibre on ileal digestibility and endogenous nitrogen losses in the pig. *Anim. Feed Sci. Technol.* 90:93-102.

**Steenfeldt, S., Müllertz, A., y Fris Jensen J., 1998.** Enzyme supplementation of wheat-based diets for broilers. Effect on growth performance and intestinal viscosity. *Anim. Feed Sci. Tech.* 75: 27-43.

**Stein H. H., Gibson, M. L., Pedersen, C. y Boersma, M. G. 2006.** Amino acid and energy digestibility in ten samples of distillers dried grain with solubles fed to growing pigs. *J. Anim. Sci.* 84: 853-860.

**Suksombat, W., Boonmee, T. y Lounglawan, P. 2007.** Effects of various levels of conjugated linoleic acid supplementation on fatty acid content and carcass composition of broilers. *Poult. Sci.* 86:318-324.

**Swiatkiewicz, S., Arczewska-Wlosek, A., y Jozefiak, D. 2014.** Feed enzymes, probiotic, or chitosan can improve the nutritional efficacy of broiler chicken diets containing a high level of distillers dried grains with solubles. *Livestock Science*, 163: 110-119.

**Tahir, M., y Pesti, G. M. 2012.** A comparison of digestible amino acid databases: Relationship between amino acid concentration and digestibility. *The Journal of Applied Poultry Research*, 21(1): 1-12.

**Thornton, S. A., Corzo, A., Pharr, G. T., Dozier III, W. A., Miles, D. M. y Kidd, M. T. 2006.** Valine requirements for immune and growth responses in broilers from 3 to 6 weeks of age. *Br. Poult. Sci.*, 47(2):190-199.

**Turk, D. E. 1982.** The anatomy of the avian digestive tract as related to feed utilization. *Poult Sci.* 61(7):1225-44.

**Urriola, P. E., y H. H. Stein. 2010.** Effects of distillers dried grains with solubles on amino acid, energy, and fiber digestibility and on hindgut fermentation of dietary fiber in a corn-soybean meal diet fed to growing pigs. *J. Anim. Sci.* 88:1454-1462.

**Van Laack, R.L., Liu, C.H., Smith, M.O. y Loveday, H.D. 2000.** Characteristics of pale, soft, exudative broiler breast meat. *Poult Sci.* 79(7):1057-61.

- Van Renssen, S. 2011.** A biofuel conundrum. *Nature Climate Change*, 1: 389-390.
- Velu, J.G., Scott, H.M. y Baker, D.H. 1972.** Body composition and nutrient utilization of chicks fed amino acid diets containing graded amounts of either isoleucine or lysine. *Journal of Nutrition* 102, 741-748.
- Wagstrom, K. y Hill, J. 2012.** Air pollution impacts of biofuels. In A. Gasparatos & P. Stromberg, eds. *Socioeconomic and environmental impacts of biofuels: evidence from developing nations*, Chapter 3. New York, USA, Cambridge University Press.
- Wamsley, K.G.S., Loar II, R.E., Karges, K. y Moritz, J.S. 2013.** The use of practical diets and regression analyses to determine the utilization of lysine and phosphorus in corn distillers dried grains and solubles using Cobb 500 male broilers. *J. Appl. Poult. Res.* 22:279-297.
- Wang, Z., Cerrate, S., Coto, C., Yan, F. y P.W. Waldroup, 2007a.** Utilization of Distillers Dried Grains with Solubles (DDGS) in Broiler Diets Using a Standardized Nutrient Matrix. *Poult. Sci.*6:470-477.
- Wang, Z., Cerrate, S., Coto, C., Yan, F. y P.W. Waldroup, 2007b.** Use of Constant or Increasing Levels of Distillers Dried Grains with Solubles (DDGS) in Broiler Diets. *Poult. Sci.* 6: 501-507.
- Wang, Z., Cerrate, S., Coto, C., Yan, F. y P.W. Waldroup, 2007c.** Effect of Rapid and Multiple Changes in Level of Distillers Dried Grain with Solubles (DDGS) in Broiler Diets on Performance and Carcass Characteristics. *Poult. Sci.* 6: 725-731.
- Wang, Z, Cerrate, S., Coto, C., Yan, F., y Waldroup, P.W. 2008.** Evaluation of high levels of distillers dried grains with soluble (DDGS) in broiler diets. *International Journal of Poultry Science*, 10:990-996.
- Wang, H., Yan, F., Guo, F., Liu, X., Yang, X., y Yang, X. 2020.** Determination and prediction of standardized ileal amino acid digestibility of corn distillers dried grains with solubles in broiler chickens. *Poultry Science*. doi:10.1016/j.psj.2020.06.041
- Wiseman, J. y Salvador, S. 1991.** The influence of free fatty acid content and degree of saturation on the apparent metabolizable energy. *Poult. Sci.* 70: 573-582.

**Whitney, M.H., Shurson, G.C. y Guedes, R.C. 2006a.** Effect of dietary inclusion of distillers dried grains with solubles on the ability of growing pigs to resist a *Lawsonia intracellularis* challenge. *J. Anim. Sci.* 2006. 84:1860-1869.

**Whitney, M.H., Shurson, G.C. y Guedes, R.C. 2006b.** Effect of including distillers dried grains with solubles in the diet, with or without antimicrobial regimen, on the ability of growing pigs to resist a *Lawsonia intracellularis* challenge. *J. Anim. Sci.* 2006. 84:1870-1879.

**Whitney, M. H., Shurson, G.C., Johnson, L. J., Wulf, D. M. y Shanks, B. C. 2006c.** Growth performance and carcass characteristics of grower-finisher pigs fed high-quality corn distillers dried grain with solubles originating from a modern Midwestern ethanol plant. *J. Anim. Sci.* 84:3356-3363.

**Widmer, M. R., McGinnis, L. M. Wulf, D. M. y Stein. H. H. 2008.** Effects of feeding distillers dried grains with solubles, high-protein distillers dried grains, and corn germ to growing-finishing pigs on pig performance, carcass quality, and the palatability of pork. *J. Anim. Sci.* 86:1819-1831.

**Wood, J.D. y Enser, M. 1997.** Factors Influencing Fatty Acids in Meat and the Role of Antioxidants in Improving Meat Quality. *Br. J of Nutrit.*, 78: 49-60.

**Youssef, I. M.I., Westfahl, C., Sünder, A., Liebert, F. y Kamphues, J. 2008.** Evaluation of dried distillers' grains with solubles (DDGS) as a protein source for broilers. *Archives of Animal Nutrition*, 62: (5): 404-414.

**Zelenka, J. 1968.** Influence of the age of chickens on the metabolisable energy values of poultry diets. *Br. Poult. Sci.* 9:135-142.

**Zelenka, J. 1997.** Effect of sex, age and food intake upon metabolizable energy values in broiler chickens. *Br. Poult. Sci.* 38:281-284.

**Zhu J. L., Zeng Z. K., Shurson, G. C. y Urriola P. E. 2018.** A meta-analysis to predict the concentration of standardized ileal digestible amino acids in distillers dried grains with solubles for poultry. *Poult Sci* 0:1-8.