

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria
Ingeniería Agronómica



Proyecto Especial de Graduación
**Efecto de la edad en el peso relativo de los órganos, rasgos cecales y
parámetros bioquímicos de los pollos SASSO**

Estudiante

Niro Saúl Sánchez Estupiñán

Asesores

Yordan Martínez, D.Sc.

Patricio E. Paz, Ph.D

Honduras, noviembre 2021

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA MARGARITA MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

ROGEL CASTILLO

Director Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	4
Resumen	5
Abstract.....	6
Introducción.....	7
Materiales y Métodos.....	11
Ubicación Experimental	11
Animales y Tratamientos	11
Condiciones Experimentales.....	12
Peso Absoluto y Relativo de los Órganos Digestivos y Linfoides	13
Hemograma	13
Resultados y Discusión.....	15
Peso de Órganos	15
Hemograma	19
Bacterias Ácido Lácticas	24
Conclusiones	27
Recomendaciones.....	28
Referencias.....	29

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Ingredientes y aportes nutricionales de los pollos de engorde.	12
Cuadro 2 Peso relativo de órganos digestivos, inmunes y viscerales (%) en pollos neonatos (0 y 10 d) de la línea SASSO.....	16
Cuadro 3 Efecto de la edad sobre el peso relativo de las viscerales y órganos inmunes de pollos SASSO	17
Cuadro 4 Análisis hematológico de pollos de la línea SASSO del día 0 al día 10 de vida.....	21
Cuadro 5 Efecto de la edad sobre los niveles de eritrocitos, lípidos e inmunoglobulinas en los pollos SASSO.	22
Cuadro 6 Conteo de bacterias ácido-láctico cecales al día 0 y 10 de vida, en pollos de engorde de la línea SASSO.	24
Cuadro 7 Efecto de la edad sobre el conteo de bacterias ácido lácticas cecales en los días 0 y 10 de pollos de la línea SASSO	24

Resumen

En la actualidad los consumidores tienen una tendencia hacia productos de origen animal más sanos y manejados bajo el concepto de bienestar animal. Este estudio tuvo como objetivo estudiar y determinar el efecto de la edad en el peso de los órganos digestivos, inmunes y vísceras, parámetros bioquímicos y rasgos cecales en pollos de engorde SASSO. Se seleccionaron 40 pollos, luego se sacrificaron 20 pollos al primer día de nacidos, y 20 pollos al día 10, después de seis horas de ayuno en cada día. Se tomó ocho muestras de sangre por día para los análisis hematológicos y se raspó con un bisturí la mucosa del ciego derecho de tres aves/tratamiento para analizar los rasgos cecales. Hubo variaciones en el peso relativo, con los ciegos que mostraron valores menores a los 10 días comparados al nacimiento. Por otro lado, el intestino delgado tuvo un mayor crecimiento alométrico en comparación con los otros órganos. En el análisis hematológico se observó una gran disminución en el colesterol total (943.90 a 130.48 mg/dl) y el LDL (899.74 a 53.58 mg/dl), pero un aumento en las inmunoglobulinas, sobre todo la IgG (1.20 a 1.72 g/L). Además, el conteo de bacterias del ácido-láctico cecal no tuvo diferencias significativas en los días experimentales. Los resultados obtenidos podrían contribuir a la comprensión de la fisiología y microbiología intestinal de los primeros días de vida de los pollos de engorde camperos, importante para mejorar la expresión genética de estos animales.

Palabras clave: Edad, hematología, inmunoglobulinas.

Abstract

Nowadays, consumers have a tendency towards healthier animal products managed under the concept of animal welfare. The objective of this study was to study and determine the effect of age on digestive, immune and visceral organ weights, biochemical parameters and cecal traits in SASSO broilers. Forty chicks were selected, then 20 chicks were slaughtered on day 1 and 20 chicks on day 10, after six hours of fasting on each day. Eight blood samples were taken per day for hematological analyses and the mucosa of the right cecum was scraped with a scalpel from three birds/treatment for analysis of cecal traits. There were variations in relative weight, with cecums showing lower values at 10 days compared to hatch. On the other hand, the small intestine had a higher allometric growth compared to the other organs. Hematological analysis showed a large decrease in total cholesterol (943.90 to 130.48 mg/dl) and LDL (899.74 to 53.58 mg/dl), but an increase in immunoglobulins, especially IgG (1.20 to 1.72 g/L). In addition, the cecal lactic acid bacteria count had no significant differences in the experimental days. The results obtained could contribute to the understanding of the physiology and intestinal microbiology of the first days of life of free-range broilers, which is important to improve the genetic expression of these animals.

Keywords: immunoglobulins, age, hematology

Introducción

La carne de pollo es una de las fuentes que tiene un mayor efecto positivo en la salud humana. Este producto es considerado uno de los más funcionales que existe, debido a que tiene un aporte de vitaminas, antioxidantes, ácidos grasos poliinsaturados n-3 de cadena larga (PUFA) y ácido linoleico conjugado (CLA) (Petracci et al. 2014). Por su bajo costo de producción, esta actividad es cada vez más atractiva, para producir 1kg de carne se necesita 1.7 kg de concentrado (FAO 2013). Además, la producción avícola ayuda al desarrollo social incluyendo las dimensiones económicas, sociales y medioambientales de la producción, teniendo como resultado un beneficio para los productores y un producto asequible para los consumidores (Rodic et al. 2011). El consumo de pollo en el mundo tiene una tendencia a crecer cada año, se tiene un pronóstico que para el 2021 habrá un incremento en el consumo de 102.1 millones de toneladas (USDA 2021). Se evidencia un aumento en el consumo de carne de pollo en países en vía de desarrollo a medida que aumenta la producción y el ingreso disponible de los habitantes (Daniel et al. 2011).

El consumo de carne de pollos criados al aire libre y ecológicos es cada vez más atractivo. El producto obtenido por las aves que son criadas como “free range” tienen un precio superior, sin embargo, los consumidores prefieren pagar la carne de los pollos camperos y ecológicos, dado que se justifican por sus propiedades químicas, físicas y sensoriales (Husak et al. 2008). El aumento del poder adquisitivo del consumidor en los países desarrollados, le permite exigir una gran variedad de productos con la adecuada calidad y regularidad a lo largo del año” (Briz y Felipe 2015). Por otro lado, el método más utilizado de engorde en Europa es el Label Rouge francés, logrando obtener 90 millones de sacrificios al año. SASSO es una de las firmas más utilizadas por su genética y una gama de 50 estirpes de uso potencial, a las nueve semanas las aves SASSO alcanza 1.47 y 2.69 kg de peso vivo, con un consumo de 3.5 a 6.9 kg de pienso (Briz 2013). Las aves SASSO tienen un mejor desempeño de crecimiento, siendo más pesadas en comparación de las gallinas Kuroiler en manejo de granja, resultando ser más eficiente en la conversión del alimento en peso corporal vivo (Guni et al. 2021).

SASSO es una empresa originaria de Francia, que se dedica a la producción de pollos criollos de calidad, destinados a un manejo intensivo al aire libre o familiares en traspatio. Una vez alcanzada las tres semanas de edad, las aves ya pueden estar al aire libre donde son capaces de encontrar alimento, a las ocho o 10 de vida las aves han alcanzado una firmeza, sabor y textura deseado por el mercado (SASSO 2018).

Uno de los objetivos principales en la industria moderna avícola es la producción de pollos sanos desde el primer día de nacidos. Para lograr este objetivo, como lo explica Durai et al. (2012) se puede evitar pérdidas de nuestros animales con la detección temprana de enfermedades, evaluando el perfil hematológico de las aves, en el cual se obtiene la cantidad de glóbulos rojos, glóbulos blancos y trombocitos, importantes para el mantenimiento de diversos procesos fisiológicos (Corredor Matus y Gutierrez Castro 2017). Como menciona Akhtar et al. (2015), es importante conocer el estado de las células que se encuentran en el plasma sanguíneo, porque sirve como indicador de la capacidad de respuesta inmune ante una enfermedad, lo que muestra como resultado del estudio realizado, un aumento significativo de linfocitos en pollos infectados con *Eimeria* en comparación a los pollos no infectados. Es una prioridad conocer el desarrollo del sistema inmune de los pollos recién nacidos destinados para el engorde; en las primeras semanas de vida los pollos siguen siendo susceptibles a contraer enfermedades, debido a que carecen de respuestas inmunitarias adecuadas. En la etapa embrionaria las células madre linfocíticas migran a glándulas inmunitarias primarias, siendo su proliferación amplia y extensa hacia el timo y la Bolsa de Fabricio, luego los linfocitos diferenciados se dirigen hacia el Bazo y las amígdalas cecales (Panda et al. 2015). Los órganos linfoides se desarrollan en la etapa embrionaria (Bolsa de Fabricio, timo y bazo), estos son precursores de los linfocitos, los mismos que al llegar a la madurez realizan respuestas inmunitarias a los estímulos antígenos (Taha-Abdelaziz et al. 2018). La Bolsa de Fabricio alcanza su tamaño máximo unas semanas después de la eclosión y luego disminuye conforme pasa el tiempo (Romppanen 1982).

Los órganos son indicadores importantes del organismo animal, el estudio de ellos puede reflejar la capacidad que tiene el ave de cumplir varias funciones fisiológicas. Yang et al. (2011) indican que los órganos pueden disminuir el rendimiento de crecimiento, provocado por el efecto del estrés inmunitario, causados por el ambiente o el mal manejo. Dentro de los parámetros inmunitarios se toman en cuenta el peso de los órganos linfoides, donde se encuentran y se diferencian las células inmunitarias de las aves, reflejando la capacidad de respuesta inmunitaria del organismo (Linna et al. 1972). El corazón es uno de los mejores indicadores de suministro de sangre, con la sangre se da el transporte de oxígeno y nutrientes a los demás órganos, un mayor peso del corazón conlleva a un mejor desarrollo de los pollitos (Mukhtar et al. 2013).

El hígado es el órgano encargado de la síntesis del colesterol por medio de diversos procesos metabólicos regulados y estrictamente coordinados que consisten en la biosíntesis, transporte y la transformación del colesterol (Faust y Kovacs 2014). La corticosterona cumple un papel importante en el hígado, la administración crónica de esta hormona provoca la acumulación de colesterol en el órgano, aumentando su almacenamiento y a la vez haciendo que se inhiba la degradación de esta hormona (Hu et al. 2017). Existen estudios sólidos que muestran una correlación inversa con los niveles de HDL en el plasma sanguíneo y el riesgo de contraer una enfermedad cardiovascular, se cree que esto es posible por la función que cumple al eliminar el colesterol de los vasos sanguíneos y llevarlo al hígado, caso contrario con el LDL siendo responsable del taponamiento de vasos sanguíneos y aumentando la posibilidad de tener una ECV (Badimon y Vilahur 2012).

En el ciego se realizan diferentes procesos importantes para el ave como la absorción de agua, electrolitos y la producción de ácidos grasos volátiles, estimulando la función inmunológica, trayendo beneficios en la salud intestinal del huésped (Martínez y Altamirano et al. 2021). En el ciego existe una mayor población de bacterias ácido lácticas, la cual ayuda a la exclusión competitiva intestinal, teniendo como efecto una mejor defensa de agentes patógenos en el organismo del hospedador (Hofacre et al. 2019). Como lo indican Martínez y Altamirano et al. (2021), la disminución del pH ayuda

al crecimiento de bacterias benéficas y a la vez perjudica el crecimiento de bacterias patógenas como *E. coli* y *Salmonella* spp. Hasta donde sabemos, existen pocos estudios que demuestren los cambios de crecimiento y funcionalidad que ocurren en los órganos inmunes y viscerales en pollos destinados al engorde de lento crecimiento, específicamente de los pollos camperos de la línea SASSO en los días 1 y 10. Por tal motivo es importante realizar una investigación que demuestre la tasa de crecimiento y los rasgos cecales, lo que podría ayudar a comprender el comportamiento de crecimiento de los pollos criollos en edades tempranas, así como para el desarrollo. Por lo tanto, la investigación se basa en estudiar el efecto del peso de los órganos en los parámetros bioquímicos, hematológicos y conteo de bacterias ácido lácticas cecales de pollos camperos de la línea SASSO de doble propósito machos.

Materiales y Métodos

Ubicación Experimental

El estudio se llevó a cabo durante el mes de abril en el Centro de Investigación y Enseñanza Avícola de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, situada a 30 km al sudeste de Tegucigalpa, en el municipio de San Antonio de Oriente, departamento de Francisco Morazán, Honduras. La temperatura promedio anual es de 26 °C y la precipitación promedio es de 1,100 mm anuales.

Animales y Tratamientos

Un total de 40 pollos camperos recién nacidos de la línea genética SASSO doble propósito se dividieron en dos grupos, 20 aves al nacimiento y 20 aves a los 10 días de edad. Las dietas se confeccionaron para suplir el requerimiento nutricional del pollos en estudio (Cuadro 1).

Cuadro 1

Ingredientes y aportes nutricionales de los pollos de engorde.

Ingredientes	Requerimientos nutricionales para pollos de engorde				
	NRC (D 0-21) ²	FEDNA (d 0-28)	AVIAGEN (D 0-10)	Cobb (D 0-8)	Rostagno (D 0-7)
Maíz amarillo convencional	40.33	60.02	45.83	50.11	36.68
Harina de soya	44.20	34.17	42.94	40.23	47.11
Aceite de palma africana	10.82	1.31	6.35	5.06	11.42
Enzima	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Coccidiostato	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Premezcla	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Colina	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Mycofix plus 5.0 ¹	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
Carbonato	1.66	1.48	1.49	1.39	1.55
Biofos	1.52	1.63	1.64	1.49	1.57
Bicarbonato	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
Sal común	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
L-lisina	0.00	0.06	0.17	0.16	0.12
DL-metionina	0.31	0.20	0.35	0.33	0.36
L-treonina	0.04	0.00	0.11	0.10	0.08
Costo de la dieta	459.22	462.46	444.26	492.26	521.06
<i>Composición proximal (%)</i>					
EM (Kcal/kg)	3200.00	2850.00	3000.00	2975.00	3200.00
CP	23.00	19.60	23.00	22.00	24.27
Ca	1.00	0.95	0.96	0.90	0.97
P disponible	0.45	0.48	0.48	0.45	0.46
Lys	1.10	1.00	1.28	1.22	1.31
Met+cis	0.90	0.75	0.95	0.91	0.97
Treo	0.80	0.66	0.86	0.83	0.86
Trp	0.22	0.18	0.23	0.20	0.24

Condiciones Experimentales

Los pollitos se criaron en una cama de viruta de madera, con una densidad de 11 aves/m². El alimento y el agua se suministraron *ad libitum* en comederos de tipo tolva de plásticos y bebederos de tipo galpón de plásticos, respectivamente. La ventilación y temperatura dentro del galpón se controló mediante criadoras de gas, manejo de cortinas y ventiladores. La nave se desinfectó siguiendo las normas de calidad medioambientales. No se utilizó medicamentos, ni atención

veterinaria terapéutica durante toda la etapa experimental. Las aves se vacunaron contra Newcastle, Gumboro y bronquitis (primer día).

Peso Absoluto y Relativo de los Órganos Digestivos y Linfoides

Al nacimiento y a los 10 días de edad, 20 pollitos machos se sacrificaron y desangrados en la vena yugular en ayunas por seis horas. Se pesaron individualmente antes del sacrificio en una balanza digital Truweigh™ Blaze digital scale BL-100-01-BK con precisión ± 0.1 g para determinar el peso vivo de los pollitos. Luego del sacrificio utilizando el método de dislocación cervical mecánica, se pesaron los órganos inmunes (bazo, timo, y bolsa de Fabricio), vísceras digestivas (corazón, hígado, páncreas) y órganos digestivos (intestino delgado y ciego) de las aves para calcular el peso relativo de los órganos considerando el peso corporal al momento del sacrificio.

Hemograma

Se realizó un estudio hematológico al nacimiento y a los 10 días de edad a ocho pollos en ayunas de seis horas. Se extrajo 2 mL de sangre por medio de la yugular y se depositaron en tubos con anticoagulantes y sin anticoagulantes. En el plasma sanguíneo, los leucocitos se analizaron por frotis sanguíneo y colorante de Diff-quick; la hemoglobina, por espectrofotometría; el hematocrito es calculado por el equipo, en base a la hemoglobina, leídas mediante un analizador hematológico ABC Vet. Los eritrocitos se determinaron por espectrofotometría, las inmunoglobulinas se determinaron por un lector ELISA Rayto y las plaquetas por impedancia. Además, IgA, IgM e IgG se determinaron por kits comerciales.

Bacterias Acido Lácticas

Además, en el sacrificio, se tomó el ciego derecho de tres aves/tratamiento y se hizo un raspado de la mucosa con un bisturí para cultivo microbiológico. El contenido cecal de cada muestra (1 g), se depositó en un tubo conteniendo 9 mL de agua de peptona estéril (Cultimed Parnreac-

Química-SAU), se homogenizó en agua destilada a razón de 1/10 (p/v) y a partir de ella se realizó diluciones seriadas (1/10) hasta la dilución 10^6 . De cada dilución se tomó 0.1 mL y se sembraron en cajas de Petri con agar MRS (Difco Laboratories, Detroit, Mich.) y pH 5.6 a 37 °C por 48 h en anaerobiosis (Gas Pak system, BBL, Cockeysville, EE.UU.). Para la determinación de las bacterias ácido-lácticas; se realizó tres repeticiones por cada dilución; posteriormente, se realizó el conteo visual de las colonias. Los ensayos se realizarán en el laboratorio de microbiología de la EAP.

Análisis Estadísticos

Los datos se analizaron mediante el módulo de estadística descriptiva y se determinó el mínimo, media, máximo, desviación estándar y el coeficiente de variación. Además, los datos se procesaron mediante análisis de varianza (ANDEVA) de clasificación simple en un diseño totalmente aleatorizado, antes de realizar el análisis de varianza se procedió a verificar la normalidad de los datos por la prueba de Kolmogorov Smirnov y para la uniformidad de la varianza la prueba de Bartlett, en los casos necesarios se empleó T Student para la comparación de medias.

Resultados y Discusión

Peso de Órganos

En el Cuadro 2 se muestra el peso vivo (P. V.) de los pollos en peso absoluto y los órganos (inmunes y viscerales) en peso relativo, al nacimiento y a los 10 días de edad. El primer día los pollitos reflejaron un promedio de 36.45 gramos de peso vivo con 173.5 gramos al día 10. Ganjali et al. (2015) y Nguyen et al. (2018), tuvo resultado similar cuando los autores encontraron un peso de 37.56 ± 0.65 g y 35 ± 0.44 g al nacimiento de pollos de la línea Ross 308®, respectivamente. También, Yang et al. (2012) encontraron un peso de 36.4 g en pollos Lingnan Yellow recién nacidos, alimentados con una dieta convencional suplementada con 2×10^7 UFC de *Clostridium butyricum*/kg.

Por otro lado, los resultados obtenidos al día 10 de edad difieren con el estudio de Martínez y Gonzalez et al. (2021), reflejando un peso de 187.97 g en pollos de la línea Ross 308® alimentados con una dieta control y de 153.13 g en pollos alimentados con una mezcla de 0.03% de ácido acético y propiónico en la dieta control. Araújo et al. (2019) muestran que en pollos inyectados *in ovo* con 38.5 UI de vitamina E, tuvieron un peso de 183.8 g en tan solo 7 días de edad después del nacimiento, sin embargo, los pollos en el tratamiento control (sin vitamina E) mostraron un peso de 176.4 g, siendo este último cercano al peso obtenido en nuestro experimento.

Al medir el peso relativo de los órganos inmunes y viscerales encontramos que algunos de los órganos estudiados incrementaron (hígado, Bolsa de Fabricio e intestino delgado) al día 10 con un peso relativo de 3.47, 0.23 y 8.01 % respectivamente. Resultados similares encontraron Bowes y Julian (1988), donde evaluaron el peso relativo de los órganos internos como el hígado, corazón y el intestino a los 9 días de edad, con pesos de 3.77, 0.83 y 10.85 g del peso corporal (%) respectivamente, también concluyeron que estos órganos disminuyeron su peso relativo con la edad. De igual manera Martínez y Gonzalez et al. (2021), expusieron en su estudio que el hígado, corazón, Bolsa de Fabricio e intestino delgado indicaron pesos relativos de 5.54, 0.7, 0.17 y 8.5% a los 10 días de edad, respectivamente. Cabe mencionar, que el intestino delgado tuvo el mayor crecimiento alométrico en los órganos con

50.21%, mientras que, el ciego y el corazón tuvieron los menores crecimientos. Como lo explica Martínez Aguilar et al. (2013), este efecto puede ser debido al síndrome de muerte súbita en pollos de engorde y al síndrome de pechuga de madera, así como ellos lo indican se necesitan más estudios para refutar esta hipótesis.

Cuadro 2

Peso relativo de órganos digestivos, inmunes y viscerales (%) en pollos neonatos (0 y 10 d) de la línea SASSO.

	Peso de órganos (%)									
	Media		DE		CV		Mínimo		Máximo	
	Día 0	Día 10	Día 0	Día 10	Día 0	Día 10	Día 0	Día 10	Día 0	Día 10
P.V	36.45	173.50	2.80	17.56	0.08	0.10	32.00	135.00	42.00	208.00
Hígado	3.02	3.47	0.27	0.38	0.09	0.11	2.44	2.54	3.53	4.17
Páncreas	0.50	0.49	0.51	0.09	1.01	0.19	0.24	0.31	2.57	0.67
Corazón	0.73	0.77	0.13	0.10	0.18	0.13	0.42	0.61	1.00	1.00
Timo	0.50	0.37	0.69	0.11	1.38	0.30	0.24	0.24	2.56	0.65
Bazo	0.21	0.12	0.43	0.03	2.01	0.23	0.02	0.06	1.58	0.17
Bolsa de Fabricio	0.03	0.23	0.00	0.06	0.07	0.25	0.02	0.10	0.03	0.35
Grasa abdominal	0.03	0.29	0.00	0.12	0.07	0.42	0.02	0.13	0.03	0.58
Intestino Delgado	2.99	8.01	0.35	1.67	0.12	0.21	2.38	5.27	3.64	11.97
Ciegos	1.88	1.42	0.40	0.24	0.21	0.17	1.22	0.94	2.53	1.79

Nota. D.V: desviación estándar; C.V: coeficiente de variación; P.V.: peso vivo

El Cuadro 3 muestra la influencia de la edad sobre el peso de órganos inmunes y viscerales en los pollos. Se logró observar que hubo diferencias significativas ($P \leq 0.05$), entre el día 0 y 10 de vida de los pollitos. Donde el ciego fue significativamente menor al día 10 en peso relativo respecto al día 0, mientras que, el intestino delgado, Bolsa de Fabricio y el hígado fueron significativamente mayores al día 10.

Cuadro 3

Efecto de la edad sobre el peso relativo de las viscerales y órganos inmunes de pollos SASSO

Días	Peso de Órganos (%)									
	P.V.	Hígado	Páncreas	Corazón	Timo	Bazo	Bolsa de Fabricio	Grasa	Intestino Delgado	Ciego
0	36.45	3.02	0.50	0.73	0.50	0.21	0.03	0.03	2.99	1.88
10	173.5	3.47	0.49	0.77	0.37	0.12	0.23	0.29	8.01	1.42
CV	11.98	10.09	73.53	15.59	113.37	184.43	31.22	54.75	21.96	20.1
P	<0.0001	0.0001	0.9182	0.2411	0.4224	0.3182	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0001

Nota. No son significativamente diferentes ($p>0.05$); C.V: coeficiente de variación; P.V: peso vivo; P: probabilidad

El sistema inmunitario de las aves neonatas es inmaduro, por lo tanto el desenvolvimiento de la Bolsa de Fabricio es muy importante para la salud del pollito, debido a que trae consigo el desarrollo de los folículos de la bolsa, siendo este un indicador de mejora en la capacidad de defensa de estas aves (Merlot et al. 2008). Como lo menciona Taha-Abdelaziz et al. (2018), la bolsa de Fabricio es una estructura linfoide exclusiva de las aves. Por otro lado, el hígado está encargado del metabolismo de proteínas, carbohidratos y lípidos, por lo que un aumento del peso absoluto de este órgano en las aves se lo relaciona con una mayor actividad funcional, importante en la asimilación de nutrientes en los primeros días de vida del pollito (Maher 2019). Como lo explica Adil et al. (2010), el crecimiento del hígado es influenciado por una más alta tasa metabólica, causada por el crecimiento del intestino delgado, lo que estimula así la producción de ácido biliar para la asimilación de lípidos.

El peso relativo del páncreas, timo, bazo y el ciego en el día 10 mostró 0.49, 0.37, 0.12 y 1.42%, siendo estos inferiores al peso relativo obtenidos al día 0 con una diferencia de medias de -0.01, -0.13, -0.10 y -0.46%, respectivamente. De igual manera Martínez y Altamirano et al. (2021), evaluaron el desempeño de pollos convencionales desde el día 0 hasta el día 10 de vida, donde mostraron 0.53, 0.25, 0.11 y 1.14% del peso relativo del páncreas, timo, bazo y el ciego al día 10, respectivamente. Como consecuencia de esto, se refleja una diferencia de medias de 0.41, 0.16, 0.07 y 0.41 del peso relativo de los pollos entre el día 0 y 10 días de edad, respectivamente.

Por otra parte Molina et al. (2019), reflejaron al día 10 de vida pesos relativos de 0.43, 0.87, 0.13% del páncreas, timo y bazo, respectivamente en pollos broiler. Qaid et al. (2016), también obtuvieron un peso relativo en el bazo de 0.08% y en el timo de 0.29%, al día 12 de vida. Por otro lado, el estudio de Martínez-Aguilar et al. (2013) difieren con el nuestro al presentar 0.04, 0.06 y 0.04% en el peso absoluto al día de nacimiento del timo, Bolsa de Fabricio y el bazo, respectivamente, mientras que, en nuestro estudio obtuvimos un promedio de 0.18, 0.01 y 0.08% de peso relativo de los mismos órganos, respectivamente. Cabe señalar que los órganos con menores pesos registrados al primer día de nacidos fueron el bazo y la Bolsa de Fabricio. Perozo Marín et al. (2004) expone en su estudio, que encontraron altos coeficientes de correlación para el timo, bazo y peso corporal, así mismo reflejó un promedio de peso absoluto del bazo, timo y Bolsa de Fabricio de 0.03, 0.15 y 0.06 g al nacimiento, respectivamente, siendo el peso del timo semejante al peso obtenido en nuestro estudio. Como lo explica Ohtsu et al. (2015), existe una relación entre los antecedentes genéticos de los híbridos de pollo de engorde, con su actividad funcional. El crecimiento negativo del timo puede deberse a que este es un órgano linfoide secundario, siendo su funcionalidad medida por la presencia de patógenos y antígenos sanguíneos. Khan et al. (2012) y Ohtsu et al. (2015), mencionaron que el timo y la Bolsa de Fabricio son órganos linfoides primarios, mientras que, el bazo usualmente es determinado como un órgano linfoide secundario. Cabe mencionar, que el crecimiento de los pollos de la línea SASSO es más lento, al ser pollos camperos. Como mencionamos con anterioridad, a las nueve semanas las aves SASSO alcanza 1.47 y 2.69 kg (Briz 2013), mientras que, las aves convencionales siendo estas de crecimiento rápido, pueden llegar a estos pesos entre las seis y siete semanas de edad.

Como lo menciona Berghaus et al. (2011), la edad de procesamiento promedio del cruce de líneas convencionales está entre 38 y 48 días. Otro posible motivo por el cual pudieron haber reflejado este comportamiento los pollos de nuestro experimento, es la restricción de alimento posterior a la eclosión, lo que provocó una reducción del peso de los órganos linfoides (bazo y Bolsa de Fabricio), lo

que pudo influir en el desarrollo y respuesta inmunitaria de los pollitos neonatos, como lo exponen Ao et al. (2012). La alimentación durante las primeras horas de vida del pollito son determinantes en la ganancia de peso que obtendrá en el futuro, una baja ganancia de peso diario podría atribuirse a un menor consumo de alimento y el escaso desarrollo del tracto digestivo, todo esto causado por el aumento del tiempo en el ayuno (12-18 h) (Ganjali et al. 2015). Sin embargo, en nuestro experimento los pollos mantuvieron un ayuno de 6 horas antes del sacrificio.

El páncreas posee enzimas importantes para el metabolismo del organismo animal, lo que aumenta la disponibilidad de nutrientes (Marchioro et al. 2013). Del mismo modo, los ciegos son unos de los órganos indispensables del sistema digestivo de las aves, debido a que es el responsable de la fermentación de nutrientes como la proteína, fibra y el almidón, los cuales no son digeridos fácilmente en el intestino delgado (Martínez-Aguilar et al. 2013). Existe evidencia científica que contradice la teoría de que los nutrientes no asimilados en el intestino van automáticamente al ciego, por el contrario, el material que ingresa en los ciegos posiblemente son partículas muy finas o de bajo peso molecular (Svihus et al. 2013).

Hemograma

El colesterol es el principal esteroide que participa en casi todas las células del organismo, es parte del proceso de la división celular, precursor de hormonas y sales biliares importantes para las diferentes funciones fisiológicas como el metabolismo, digestión, reproducción, participando también en el sistema inmune (Macaya Miguel y López Farré 2007). Las lipoproteínas más importantes encargadas del transporte del colesterol son las HDL (lipoproteínas de alta densidad), encargadas de recoger el exceso de colesterol libre de las células hasta el hígado para que luego sean sintetizadas, y las lipoproteínas de baja densidad (LDL) encargadas de llevar el colesterol a los tejidos, aunque un exceso de esta puede ser perjudicial, debido a la acumulación de esta que puede haber en las arterias. La acumulación de colesterol libre y la alteración de la homeostasis del colesterol hepático causa una mayor incidencia de “esteatohepatitis no alcohólica”, una forma de ácido graso no alcohólico

(Arguello et al. 2015). La corticosterona aplicada de forma exógena, provoca la acumulación anormal del colesterol en el hígado, siendo mayor el riesgo de contraer enfermedades hepáticas (Liu et al. 2016). Konjufca et al. (1997) explica en su artículo publicado que el ajo ayuda a reducir los niveles de colesterol en la sangre de los pollos, una suplementación con 1.5% de ajo es suficiente para bajar el colesterol total del plasma sanguíneo. Además, argumenta que no hubo un efecto en ganancia de peso o pérdida en los pollos tratados.

En el Cuadro 4 se observa que el colesterol total disminuye de 943.90 mg/dl en el día 0 a 130.48 mg/dl en el día 10, teniendo el mismo comportamiento el LDL con una disminución de 899.743 mg/dl en el día 0 a 53.58 mg/dl en el día 10. Caso contrario con el HDL donde aumentó la cifra de 36.890 mg/dl en el nacimiento a 63.13 mg/dl al día 10.

Cuadro 4

Análisis hematológico de pollos de la línea SASSO del día 0 al día 10 de vida.

	Sangre									
	Media		DE		CV		Mínimo		Máximo	
	Día 0	Día 10	Día 0	Día 10	Día 0	Día 10	Día 0	Día 10	Día 0	Día 10
WBC	2.93	4.08	0.17	0.53	0.06	0.13	2.70	3.60	3.10	4.80
LYM	3.10	3.34	0.42	0.38	0.14	0.11	2.80	3.00	3.70	3.85
MID	0.05	0.03	0.06	0.05	1.15	2.00	0.00	0.00	0.10	0.10
GRA	2.20	1.41	0.55	0.25	0.25	0.18	1.60	1.20	2.90	1.72
LYM	59.50	63.75	5.26	5.68	0.09	0.09	55.00	59.00	67.00	72.00
MID	0.75	0.25	0.96	0.50	1.28	2.00	0.00	0.00	2.00	1.00
GRA	39.75	27.43	4.57	16.92	0.12	0.62	33.00	3.70	43.00	41.00
RBC	2.55	2.91	0.29	0.53	0.11	0.18	2.20	2.20	2.90	3.40
HGC	8.49	10.50	1.03	0.91	0.12	0.09	7.00	9.50	9.30	11.50
MCHC	33.28	33.33	0.05	0.00	0.00	0.00	33.21	33.33	33.31	33.33
MCH	34.00	38.10	2.65	3.81	0.08	0.10	31.82	34.50	37.50	43.18
MCV	101.14	114.23	7.82	11.48	0.08	0.10	95.45	103.40	112.50	129.50
HCT	25.50	31.50	3.11	2.74	0.12	0.09	21.00	28.50	28.00	34.50
PLT	7.20	7.15	1.22	0.60	0.17	0.08	6.10	6.60	8.90	8.00
Colesterol total	943.90	130.48	342.67	7.96	0.36	0.06	609.67	122.44	1422.56	140.99
HDL	36.89	63.13	5.25	2.47	0.14	0.04	32.50	61.26	42.93	66.69
LDL	899.74	53.58	340.46	4.97	0.38	0.09	551.04	46.17	1367.75	56.84
IgA	0.23	0.26	0.05	0.04	0.19	0.16	0.21	0.21	0.30	0.30
IgG	1.20	1.72	0.40	0.37	0.33	0.22	1.00	1.20	1.80	2.00
IgM	2.08	2.53	1.32	0.29	0.64	0.11	0.20	2.10	3.30	2.70

Nota. ($p > 0.05$) D.E: desviación estándar; C.V: coeficiencia de variación; WBC: recuento de glóbulos blancos; LYM: enfermedad de Lyme; MID: número de monocitos; GRA: granulocitos; RBC: glóbulos rojos; HGC: ; MCHC: concentración media de hemoglobina corpuscular; MCH: hemoglobina corpuscular media; MCV: volumen corpuscular medio; HCT: hematocrito; PLT: plaquetas; HDL: lipoproteína de alta densidad; LDL: lipoproteína de baja densidad; IgA: inmunoglobulina A; IgG: inmunoglobulina G; IgM: inmunoglobulina M.

Se encontró en el Cuadro 5 que el HDL, WBC, HGC y el HCT fueron significativamente superiores ($P \leq 0.05$) en el día 10 respecto al día 0, sin embargo, el colesterol total, LDL y el GRA fueron significativamente inferiores al décimo día.

Cuadro 5

Efecto de la edad sobre los niveles de eritrocitos, lípidos e inmunoglobulinas en los pollos SASSO.

	Hemograma			
	Días		CV	P-valor
	0	10		
WBC	2.93	4.08	11.16	0.0059
LYM	3.1	3.34	12.54	0.4371
MID	0.05	0.03	144.02	0.537
GRA	2.2	1.41	23.67	0.0388
LYM1	59.5	63.75	8.88	0.3143
MID1	0.75	0.25	152.75	0.3903
GRA1	39.75	27.43	36.91	0.2093
RBC	2.55	2.91	15.56	0.276
HGC	8.49	10.5	10.23	0.0264
MCHC	33.28	33.33	0.1	0.077
MCH	34	38.1	9.11	0.1283
MCV	101.14	114.23	9.12	0.1085
HCT	25.5	31.5	10.28	0.0275
PLT	7.2	7.15	13.4	0.9438
Colesterol Total	943.9	130.48	45.12	0.0032
HDL	36.89	63.13	8.2	0.0001
LDL	899.74	53.58	50.51	0.0025
IgA	0.23	0.26	17.76	0.4081
IgG	1.2	1.72	26.48	0.1059
IgM	2.08	2.53	41.53	0.530

Nota. No son significativamente diferentes ($p > 0.05$). WBC: recuento de glóbulos blancos; LYM: enfermedad de Lyme; MID: número de monocitos; GRA: granulocitos; RBC: glóbulos rojos; HGC: ; MCHC: concentración media de hemoglobina corpuscular; MCH: hemoglobina corpuscular media; MCV: volumen corpuscular medio; HCT: hematocrito; PLT: plaquetas; HDL: lipoproteína de alta densidad; LDL: lipoproteína de baja densidad; IgA: inmunoglobulina A; IgG: inmunoglobulina G; IgM: inmunoglobulina M.

Las inmunoglobulinas son la primera línea de defensa en el cuerpo, jugando un papel importante para el organismo (Goudswaard et al. 1977). Las principales inmunoglobulinas protectoras de enfermedades son la IgA, IgG e IgM, el aumento en la concentración de estas inmunoglobulinas se lo asocia como un indicador de un buen estado inmunológico (Castellanos Rodas y Coello Pedroza 2020). Aunque las respuestas inmunitarias comiencen al final de la vida embrionaria del pollito, estas al nacer (pollito) son pobres y la mayor parte de su defensa son anticuerpos maternos adquiridos pasivamente. La IgG se encuentra en la yema del huevo, derivada de la circulación materna, mientras

que, las IgA e IgM se han detectado en la clara del huevo, las mismas que son adquiridas en el paso del este por el oviducto donde se deposita la clara (Rose 1979). Pihlaja et al. (2006) hicieron un experimento donde reveló que los polluelos de urracas cuyas madres fueron alimentadas con suplementos (cinco huevos de gallina crudos cada dos días, que corresponden al 70% de las necesidades diarias de alimento) presentaron niveles de inmunoglobulinas plasmática al nacer significativamente más altos que los polluelos del tratamiento control. Agregaron también que los polluelos más pesados al día 10 mostraron un mayor número de inmunoglobulinas que los polluelos más ligeros. Con esto se puede demostrar la importancia de la alimentación en las madres, aportando indirectamente un incremento de inmunoglobulinas en las aves recién nacidas y con esto una ganancia positiva de peso.

En nuestro experimento tuvimos un incremento de IgA, IgG e IgM al día 10, con valores de 0.26, 1.72 y 2.53 g/L respectivamente. Higgins y Calnek (1975) reportaron en su estudio que solo 4 de cada 10 polluelos de *Gallus domesticus* presentaban un nivel de IgM medible, mostrando un rango de 0.02 a 0.05 mg/mL. En la IgG se mostró resultados de 4.3 mg/mL en la línea N (pollos genéticamente resistentes a la enfermedad de Marek) y 5.2 mg/mL en la línea P (pollos no resistentes) al primer día de nacidos. Por otro lado, la IgA no fue presente en los polluelos de *Gallus domesticus* al primer día de nacidos, si no hasta el día 4 en la línea N y hasta el día 13 en la línea P. Tal como lo explica Ganjali et al. (2015) en su estudio, la IgG presenta niveles más altos en pollos SASSO al ser estos suplementados con probióticos, yogurt y butirato de sodio, en comparación a los pollos suplementados con concentrado convencional. Goudswaard et al. (1977) argumentan que la IgG es la más abundante en el cuerpo de las aves, debido a su labor de protección contra infecciones y toxinas bacterianas. Explican Pihlaja et al. (2006) que la IgG se deriva de la IgM (anticuerpo ingenuo), es posible que una gran cantidad de inmunoglobulinas medidas en el día 10 todavía fueran anticuerpos ingenuos.

Bacterias Ácido Lácticas

Se evidencia en el Cuadro 6 el conteo de bacterias ácido lácticas recolectadas en el ciego, se observa que los pollos tenían al día 0 un conteo de 8.42 Log UFC/g, mientras que, al día 10 hubo un conteo de 8.05 Log UFC/g. Como muestra el Cuadro 7, no hubo diferencias significativas en el conteo de bacterias ácido-lácticas cecales durante los primeros días de vida de los pollos de la línea SASSO.

Martínez y Gonzalez et al. (2021) evaluaron el efecto de la mezcla de ácido propiónico-acético sobre el pH intestinal y las bacterias ácido lácticas en pollos a los 10 días de edad, con un conteo de 8.25 Log UFC/g con la mezcla de estos ácidos y 8.32 Log UFC/g en pollos del tratamiento control. Difiriendo en el conteo de bacterias con nuestro experimento. Cabe mencionar, que un aumento del conteo de bacterias ácido lácticas aumenta el pH del ciego por la presencia de ácidos grasos volátiles (Molina et al. 2019).

Cuadro 6

Conteo de bacterias ácido-láctico cecales al día 0 y 10 de vida, en pollos de engorde de la línea SASSO.

Ítem	Media		DE.		CV		Mínimo		Máximo	
	Día 0	Día 10	Día 0	Día 10	Día 0	Día 10	Día 0	Día 10	Día 0	Día 10
Bacterias ácido lácticas	8.42	8.05	0.19	0.16	0.02	0.02	8.20	7.88	8.55	8.20

Nota. D.E: desviación estándar; C.V: coeficiente de variación; conteo en UFC log₁₀/g

Cuadro 7

Efecto de la edad sobre el conteo de bacterias ácido lácticas cecales en los días 0 y 10 de pollos de la línea SASSO

Ítem	Media		DE		Valor P
	Día 0	Día 10	Día 0	Día 10	
Bacterias ácido lácticas	8.42	8.05	0.19	0.16	0.8391

Nota. D.E: desviación estándar; conteo en UFC log₁₀/g

El ciego está colonizado principalmente por bacterias anaerobias y un grupo pequeño de bacterias anaerobias facultativas (Lu et al. 2003). Este órgano (ciego) es el responsable de la salud intestinal, fermentación de nutrientes y la regulación de la microflora intestinal; siendo este la primera porción del intestino grueso (Svihus et al. 2013). Arreguin-Nava et al. (2019) encontraron evidencias que la adición de *Lactobacillus* spp. logró una reducción en la incidencia de *Salmonella enterica* serotipo Enteritidis (SE) en pollitas recién nacidas, lo que podría reducir la colonización de (SE) en el ciego. van der Wielen et al. (2002) exponen como la microflora en el ciego crece rápidamente a partir del día 1 al 11 después del nacimiento, y a partir de entonces se mantiene estable.

En las primeras 24 horas de vida del pollito, la alimentación juega un papel importante en el ciego, lo que causa variaciones o cambios de la microbiota cecal de estos animales (Oakley et al. 2014). Jozefiak et al. (2010) demostraron un incremento del número de bacterias en las dietas suministradas con centeno, versus cebada, lo que evidenció que la composición de la dieta respecto a la microflora del ciego tiene influencia positiva. Asimismo Huanget al. (2006) mencionaron que encontraron variabilidad en el peso del ciego en pollos de engorde al suministrar dietas gruesas, finas, en puré y en gránulos. Por otro lado, estudios como el de Torok et al. (2011), se refieren a la edad del pollo como un factor determinante en la composición de la microflora cecal de los pollos de engorde, en el cual la edad anula el efecto de la dieta en la microflora. Apajalahti et al. (2012) encontraron una correlación altamente significativa entre la composición de la microflora en el ciego y la eficiencia de obtención de energía de las aves, sugiriendo que la microflora cecal juega un papel importante en el rendimiento de estas. Por otro lado Lu et al. (2003) revelaron que la microbiota en el ciego durante los 14 primeros días del ave, son un subconjunto de la microflora del íleon, sin embargo, luego de este tiempo el ciego crea su propia comunidad bacteriana a medida que el ave va creciendo. Estudios realizados demuestran que la adición de bacterias lácticas disminuye el conteo de *E. coli*, *Salmonella* spp. y *Clostridium perfringens* en pollos de engorde, por el motivo de que las bacterias lácticas fermentan los hidratos de carbono, siendo el producto de esto el ácido propiónico, acético y láctico (Samaniego

et al. 2007). Cabe recalcar que un pH bajo en el ciego no siempre es un buen indicador del crecimiento de bacterias benéficas (Martínez y Gonzalez et al. 2021).

Conclusiones

El peso relativo tuvo variaciones en los días experimentales, con énfasis en el intestino delgado con mayor crecimiento alométrico, y el ciego, timo y bazo con el menor crecimiento en los primeros días de vida (10 días).

A los 10 días de edad, el WBC, HGC, HCT y el HDL incrementaron sangre, sin embargo, el colesterol total, LDL Y GRA disminuyó a esta edad (10 días) en los pollos SASSO, los otros indicadores no fueron diferentes

El conteo de bacterias ácido-lácticas cecales no presentaron cambios durante los 10 días por efecto de los días experimentales en los pollos SASSO.

Recomendaciones

Evaluar diariamente el peso de los órganos inmunes y viscerales todos los días desde el nacimiento hasta el día 10, con el fin de determinar el comportamiento de estos durante su crecimiento.

Realizar una correlación entre el peso de órganos con los parámetros bioquímicos y rasgos cecales, para determinar el rol de estos órganos en la homeostasis.

Referencias

- Adil S, Banday T, Bhat GA, Mir MS, Rehman M. 2010. Effect of dietary supplementation of organic acids on performance, intestinal histomorphology, and serum biochemistry of broiler chicken. *Vet Med Int.* 2010:479485. eng. doi:10.4061/2010/479485.
- Akhtar M, Awais MM, Anwar MI, Ehtisham-ul-Haque S, Nasir A, Saleemi MK, Ashraf K. 2015. The effect of infection with mixed *Eimeria* species on hematology and immune responses following Newcastle disease and infectious bursal disease booster vaccination in broilers. *Vet Q*; [consultado el 21 de jun. de 2021]. 35(1):21–26. eng. <https://bit.ly/3xPbf2d>. doi:10.1080/01652176.2014.991048.
- Ao Z, Kocher A, Choct M. 2012. Effects of Dietary Additives and Early Feeding on Performance, Gut Development and Immune Status of Broiler Chickens Challenged with *Clostridium perfringens*. *Asian-Australas J Anim Sci.* 25(4):541–551. eng. doi:10.5713/ajas.2011.11378.
- Apajalahti J, Rinttilä T, Kettunen A. 2012. Does the composition of intestinal microbiota determine or reflect feed conversion efficiency? *Australian Poultry Science Symposium.* (23):32–39.
- Araújo ICS, Café MB, Noletto RA, Martins JMS, Ulhoa CJ, Guareshi GC, Reis MM, Leandro NSM. 2019. Effect of vitamin E in ovo feeding to broiler embryos on hatchability, chick quality, oxidative state, and performance. *Poult Sci.* 98(9):3652–3661. eng. doi:10.3382/ps/pey439.
- Arguello G, Balboa E, Arrese M, Zanlungo S. 2015. Recent insights on the role of cholesterol in non-alcoholic fatty liver disease. *Biochim Biophys Acta.* 1852(9):1765–1778. eng. doi:10.1016/j.bbadis.2015.05.015.
- Arreguin-Nava MA, Hernández-Patlán D, Solís-Cruz B, Latorre JD, Hernandez-Velasco X, Tellez G, El-Ashram S, Hargis BM, Tellez-Isaias G. 2019. Isolation and Identification of Lactic Acid Bacteria Probiotic Culture Candidates for the Treatment of *Salmonella enterica* Serovar Enteritidis in Neonatal Turkey Poults. *Animals (Basel).* 9(9). eng. doi:10.3390/ani9090696.
- Badimon L, Vilahur G. 2012. LDL-cholesterol versus HDL-cholesterol in the atherosclerotic plaque: inflammatory resolution versus thrombotic chaos. *Ann N Y Acad Sci*; [consultado el 23 de jun. de 2021]. 1254:18–32. eng. <https://bit.ly/3g4uvTd>. doi:10.1111/j.1749-6632.2012.06480.x.
- Berghaus RD, Thayer SG, Maurer JJ, Hofacre CL. 2011. Effect of vaccinating breeder chickens with a killed *Salmonella* vaccine on *Salmonella* prevalences and loads in breeder and broiler chicken flocks. *J Food Prot.* 74(5):727–734. eng. doi:10.4315/0362-028X.JFP-10-542.
- Bowes VA, Julian RJ. 1988. Organ Weights of Normal Broiler Chickens and Those Dying of Sudden Death Syndrome. *Can Vet J.* 29(2):153–156. eng.
- Briz J, Felipe I de. 2015. Seguridad alimentaria y trazabilidad. *ResearchGate*; [consultado el 18 de jun. de 2021]. 1–17.

- Briz RC. 2013. Nutrición y Alimentación Animal en Sistemas Extensivos en Avicultura. Engormix; [consultado el 18 de jun. de 2021]. <https://bit.ly/3CQ4VeE>.
- Castellanos Rodas LA, Coello Pedroza KD. nov. 2020. Efecto funcional de “MrFeed Pro50® Poultry” en el desempeño productivo e indicadores hematológicos de pollitas ponedoras. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 22 p; [consultado el 2 de jul. de 2021]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6847/1/CPA-2020-T030.pdf>.
- Corredor Matus JR, Gutierrez Castro LL. 2017. Parámetros sanguíneos y respuesta inmune en pollos de engorde alimentados con probióticos. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*; [consultado el 18 de jun. de 2021]. 11(2):81–92. doi:10.17151/vetzo.2017.11.2.7.
- Daniel CR, Cross AJ, Koebnick C, Sinha R. 2011. Trends in meat consumption in the USA. *Public Health Nutr.* 14(4):575–583. eng. doi:10.1017/S1368980010002077.
- Durai P, Maruthai T, Arumugam S, Venugopal O. 2012. Haematological profile and erythrocyte indices in different breeds of poultry. *Int. J. Livest. Res*; [consultado el 19 de jun. de 2021]. 2(3):89–92. <https://bit.ly/3jX2P3Q>. doi:10.5455/ijlr.20120824083537.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2013. Revisión del desarrollo avícola: Función de las aves de corral en la nutrición humana. [sin lugar]: [sin editorial]. ISBN: 978-92-5-308067-0; [consultado el 18 de jun. de 2021].
- Faust PL, Kovacs WJ. 2014. Cholesterol biosynthesis and ER stress in peroxisome deficiency. *Biochimie.* 98:75–85. eng. doi:10.1016/j.biochi.2013.10.019.
- Ganjali H, Raji A, Zarghi H. 2015. Effect of Post Hatch Delayed Access to Feed on Performance, GIT Physical and Histological Development and Yolk Absorption in Young Broiler Chicks. *Biomed. Pharmacol. J.* 8(2):945–955. doi:10.13005/bpj/846.
- Goudswaard J, Noordzij A, van Dam RH, vander Donk JA, Vaerman JP. 1977. The immunoglobulins of the turkey (*Meleagris gallopavo*). Isolation and characterization of IgG, IgM and IgA in body fluids, eggs and intraocular tissues. *Poult Sci.* 56(6):1847–1851. eng. doi:10.3382/ps.0561847.
- Guni FS, Mbaga SH, Katule AM. 2021. Performance Evaluation of Kuroiler and Sasso Chicken Breeds Reared under On-farm and On-station Management Conditions in Tanzania. *EJFOOD.* 3(2):53–59. <https://bit.ly/3jUg713>. doi:10.24018/ejfood.2021.3.2.254.
- Higgins DA, Calnek BW. 1975. Fowl immunoglobulins: quantitation in birds genetically resistant and susceptible to Marek's disease. *Infect Immun.* 12(2):360–363. eng. doi:10.1128/iai.12.2.360-363.1975.
- Hofacre C, Reynolds D, Mathis G, Lumpkins B, Ollis N, Smith J, Demey V. 2019. Effect of a Competitive Exclusion Culture in a Necrotic Enteritis Challenge Model in Broilers. *Journal of Applied Poultry Research.* 28(2):350–355. doi:10.3382/japr/pfy078.

- Hu Y, Sun Q, Zong Y, Liu J, Idriss AA, Omer NA, Zhao R. 2017. Prenatal betaine exposure alleviates corticosterone-induced inhibition of CYP27A1 expression in the liver of juvenile chickens associated with its promoter DNA methylation. *Gen Comp Endocrinol.* 246:241–248. eng. doi:10.1016/j.ygcen.2016.12.014.
- Huang DS, Li DF, Xing JJ, Ma YX, Li ZJ, Lv SQ. 2006. Effects of feed particle size and feed form on survival of *Salmonella typhimurium* in the alimentary tract and cecal *S. typhimurium* reduction in growing broilers. *Poult Sci.* 85(5):831–836. eng. doi:10.1093/ps/85.5.831.
- Husak RL, Sebranek JG, Bregendahl K. 2008. A survey of commercially available broilers marketed as organic, free-range, and conventional broilers for cooked meat yields, meat composition, and relative value. *Poult Sci.* 87(11):2367–2376. eng. doi:10.3382/ps.2007-00294.
- Jozefiak D, Rutkowski A, Kaczmarek S, Jensen BB, Engberg RM, Højberg O. 2010. Effect of β -glucanase and xylanase supplementation of barley- and rye-based diets on caecal microbiota of broiler chickens. *Br Poult Sci.* 51(4):546–557. eng. doi:10.1080/00071668.2010.507243.
- Khan RU, Nikousefat Z, Tufarelli V, Naz S, Javdani M, Laudadio V. 2012. Garlic (*Allium sativum*) supplementation in poultry diets: effect on production and physiology. *World's Poultry Science Journal.* 68(3):417–424. doi:10.1017/S0043933912000530.
- Konjufca VH, Pesti GM, Bakalli RI. 1997. Modulation of cholesterol levels in broiler meat by dietary garlic and copper. *Poult Sci.* 76(9):1264–1271. eng. doi:10.1093/ps/76.9.1264.
- Linna TJ, Frommel D, Good RA. 1972. Effects of early cyclophosphamide treatment on the development of lymphoid organs and immunological functions in the chickens. *Int Arch Allergy Appl Immunol.* 42(1):20–39. eng. doi:10.1159/000230590.
- Liu J, Duan Y, Hu Y, Sun L, Wang S, Fu W, Ni Y, Zhao R. 2016. Exogenous administration of chronic corticosterone affects hepatic cholesterol metabolism in broiler chickens showing long or short tonic immobility. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol.* 191:53–58. eng. doi:10.1016/j.cbpa.2015.09.020.
- Lu J, Idris U, Harmon B, Hofacre C, Maurer JJ, Lee MD. 2003. Diversity and succession of the intestinal bacterial community of the maturing broiler chicken. *Appl Environ Microbiol.* 69(11):6816–6824. eng. doi:10.1128/AEM.69.11.6816-6824.2003.
- Macaya Miguel C, López Farré A. 2007. Libro de la salud cardiovascular del Hospital Clínico San Carlos y de la Fundación BBVA: Alteraciones del colesterol y enfermedad cardiovascular. España: Fundación BBVA. ISBN: 9788496515925; [consultado el 3 de jul. de 2021]. <http://repositorio.dl-e.es/viewer.vm?id=96299&view=global&lang=es>.
- Maher MA. 2019. Descriptive Anatomy of Hepatic and Portal Veins with Special Reference to Biliary Duct System in Broiler Chickens (*Gallus gallus domesticus*): A Recent Illustration. *Braz. J. Poult. Sci.* 21(2). doi:10.1590/1806-9061-2019-0980.

- Marchioro A, Mallmann AO, Diel A, Dilkin P, Rauber RH, Blazquez FJH, Oliveira MGA, Mallmann CA. 2013. Effects of aflatoxins on performance and exocrine pancreas of broiler chickens. *Avian Dis.* 57(2):280–284. eng. doi:10.1637/10426-101712-Reg.1.
- Martínez Y, Altamirano E, Ortega V, Paz P, Valdivié M. 2021. Effect of Age on the Immune and Visceral Organ Weights and Cecal Traits in Modern Broilers. *Animals (Basel).* 11(3). eng. doi:10.3390/ani11030845.
- Martínez Y, Gonzalez A, Botello A, Perez K. 2021. Effect of a Combination of Propionic-Acetic Acid on Body Weight, Relative Weight of Some Organs, Lactic Acid Bacteria and Intestinal pH of Neonatal Broilers. *Braz. J. Poult. Sci.* 23(2). doi:10.1590/1806-9061-2020-1252.
- Martínez Aguilar Y, Martínez Yero O, Liu G, Ren W, Rodríguez Bertot R, Fonseca Jiménez Y, Olmo González C, Isert del Toro M, Aroche Ginarte R, Valdivié Navarro M, et al. 2013. Effect of dietary supplementation with *Anacardium occidentale* on growth performance and immune and visceral organ weights in replacement laying pullets. *Journal of Food Agriculture and Environment.* 11(3):1352–1357. <https://bit.ly/3k10XHA>.
- Merlot E, Couret D, Otten W. 2008. Prenatal stress, fetal imprinting and immunity. *Brain Behav Immun.* 22(1):42–51. eng. doi:10.1016/j.bbi.2007.05.007.
- Molina DS, Gutiérrez JB, Machado OD, Más Toro D, Martínez Y. 2019. Nutraceutical effect of *Ganoderma lucidum* fungus on neonatal broilers diet. *International Journal of Poultry Science.* 1–7. https://www.researchgate.net/publication/337161182_Nutraceutical_Effect_of_Ganoderma_lucidum_Fungus_on_Neonatal_Broilers_Diet. doi:10.3923/ijps.20191.
- Mukhtar N, Khan SH, Anjum MS. 2013. Hatchling length is a potential chick quality parameter in meat type chickens. *World's Poultry Science Journal.* 69(4):889–896. doi:10.1017/S0043933913000883.
- Nguyen DH, Lee KY, Mohammadigheisar M, Kim IH. 2018. Evaluation of the blend of organic acids and medium-chain fatty acids in matrix coating as antibiotic growth promoter alternative on growth performance, nutrient digestibility, blood profiles, excreta microflora, and carcass quality in broilers. *Poult Sci.* 97(12):4351–4358. eng. doi:10.3382/ps/pey339.
- Oakley BB, Lillehoj HS, Kogut MH, Kim WK, Maurer JJ, Pedrosa A, Lee MD, Collett SR, Johnson TJ, Cox NA. 2014. The chicken gastrointestinal microbiome. *FEMS Microbiol Lett.* 360(2):100–112. eng. doi:10.1111/1574-6968.12608.
- Ohtsu H, Yamazaki M, Abe H, Murakami H, Toyomizu M. 2015. Heat Stress Modulates Cytokine Gene Expression in the Spleen of Broiler Chickens. *Jpn. Poult. Sci.* 52(4):282–287. doi:10.2141/jpsa.0150062.
- Panda AK, Bhanja SK, Shyam Sunder G. 2015. Early post hatch nutrition on immune system development and function in broiler chickens. *World's Poultry Science Journal*; [consultado el 20 de jun. de 2021]. 71(2):285–296. doi:10.1017/S004393391500029X.

- Perozo Marín F, Nava J, Mavárez Y, Arenas E, Briceño M. 2004. Morphometric characterization of ross line broiler chickens lymphoid organs reared under field conditions in Zulia State. *Revista Científica de Veterinaria*. 14(3):217–225. <https://bit.ly/37HZcZX>.
- Petracci M, Mudalal S, Babini E, Cavani C. 2014. Effect of White Striping on Chemical Composition and Nutritional Value of Chicken Breast Meat. *Italian Journal of Animal Science*. 13(1):179–183. doi:10.4081/ijas.2014.3138.
- Pihlaja M, Siitari H, Alatalo RV. 2006. Maternal antibodies in a wild altricial bird: effects on offspring immunity, growth and survival. *J Anim Ecol*. 75(5):1154–1164. eng. doi:10.1111/j.1365-2656.2006.01136.x.
- Qaid M, Albatshan H, Shafey T, Hussein E, am Abudabos. 2016. Effect of Stocking Density on the Performance and Immunity of 1- to 14-d- Old Broiler Chicks. *Braz. J. Poult. Sci*. 18(4):683–692. doi:10.1590/1806-9061-2016-0289.
- Rodic V, Peric L, Djukic-Stojcic M, Vukelic N. 2011. The environmental impact of poultry production. *Bio Anim Husb*; [consultado el 18 de jun. de 2021]. 27(4):1673–1679. <http://www.doiserbia.nb.rs/img/doi/1450-9156/2011/1450-91561104673R.pdf>. doi:10.2298/BAH1104673R.
- Romppanen T. 1982. Postembryonic development of the chicken bursa of Fabricius: a light microscopic histoquantitative study. *Poult Sci*. 61(11):2261–2270. eng. doi:10.3382/ps.0612261.
- Rose ME. 1979. The immune system in birds. *J R Soc Med*. 72(9):701–705. eng. doi:10.1177/014107687907200914.
- Samaniego LM, Laurencio M, Pérez M, Milián G, Rondón A, Piad R. 2007. Probiotic activity of a competitive exclusion mixture on productive indicators in broilers. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*. 5(5):360–367. doi:10.1080/11358120709487713.
- Sasso. 2018. Guía de manejo para pollos de engorde Sasso en pequeñas producciones. Francia: [sin editorial]; [actualizado el 18 de jun. de 2021; consultado el 18 de jun. de 2021]. <https://bit.ly/2VMFH05>.
- Svihus B, Choct M, Classen HL. 2013. Function and nutritional roles of the avian caeca: a review. *World's Poultry Science Journal*. 69(2):249–264. doi:10.1017/S0043933913000287.
- Taha-Abdelaziz K, Hodgins DC, Lammers A, Alkie TN, Sharif S. 2018. Effects of early feeding and dietary interventions on development of lymphoid organs and immune competence in neonatal chickens: A review. 201:1–11. eng. doi:10.1016/j.vetimm.2018.05.001.
- Torok VA, Allison GE, Percy NJ, Ophel-Keller K, Hughes RJ. 2011. Influence of antimicrobial feed additives on broiler commensal posthatch gut microbiota development and performance. *Appl Environ Microbiol*. 77(10):3380–3390. eng. doi:10.1128/AEM.02300-10.

- [USDA] United States Department of Agriculture. 2021. Livestock and poultry: world markets and trade; [consultado el 18 de jun. de 2021]. 1–18. https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock_poultry.pdf.
- van der Wielen PWJJ, Keuzenkamp DA, Lipman LJA, van Knapen F, Biesterveld S. 2002. Spatial and temporal variation of the intestinal bacterial community in commercially raised broiler chickens during growth. *Microb Ecol.* 44(3):286–293. eng. doi:10.1007/s00248-002-2015-y.
- Yang CM, Cao GT, Ferket PR, Liu TT, Zhou L, Zhang L, Xiao YP, Chen AG. 2012. Effects of probiotic, *Clostridium butyricum*, on growth performance, immune function, and cecal microflora in broiler chickens. *Poult Sci.* 91(9):2121–2129. eng. doi:10.3382/ps.2011-02131.
- Yang XJ, Li WL, Feng Y, Yao JH. 2011. Effects of immune stress on growth performance, immunity, and cecal microflora in chickens. *Poult Sci.* 90(12):2740–2746. eng. doi:10.3382/ps.2011-01591.