Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

Ingeniería Agronómica

Proyecto Especial de Graduación

Efecto de la relación de arginina y lisina en el desempeño productivo y características de la canal de los pollos de engorde

Estudiantes

Christian Vicente Miranda Tosta

Nelson Javier Portillo Irías

Asesores

Yordan Martínez, D.Sc.

Patricio E. Paz, Ph.D.

Honduras, junio 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

Contenido....3

Índice de Cuadros....4

Resumen....5

Abstract....6

Introducción....7

Materiales y Métodos....10

Sitio de Estudio y Condiciones Geo-Climáticas....10

Animales, Diseño Experimental y Tratamientos....10

Condiciones Experimentales....13

Desempeño Productivo....14

Características de la Canal....14

Análisis Estadísticos....14

Resultados y Discusión....15

Conclusiones....22

Recomendaciones....23

Referencias....24

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Ingredientes y aportes nutricionales de los pollos de engorde Cobb 500® (0-8 días). 11

Cuadro 2 Ingredientes y aportes nutricionales de los pollos de engorde Cobb 500® (9-18 días) 12

Cuadro 3 Ingredientes y aportes nutricionales de los pollos de engorde Cobb 500® (19-35 días). 13

Cuadro 4 Efecto de la relación de Arginina y Lisina en la producción de Pollos de engorde (0-8 días de edad). 15

Cuadro 5 Efecto de la relación de Arginina y Lisina en la producción de pollos de engorde (9-18 días de edad). 16

Cuadro 6 Efecto de la relación de Arginina y Lisina en la producción de pollos de engorde (19-35 días de edad). 18

Cuadro 7 Efecto de la relación de Arginina y Lisina en la producción de pollos de engorde (1 a 35 días de edad). 19

Cuadro 8 Efecto de la relación de Arginina y Lisina en los porcentajes que representa cada pieza comestible u órganos del peso vivo total en la producción de pollos de engorde. 20

Resumen

La arginina y lisina son aminoácidos esenciales y limitantes en el crecimiento y mantenimiento de los pollos de engorde, tienen estructura similar y compiten por el mismo portador enzimático. Este estudio tuvo como objetivo evaluar la relación de arginina y lisina en el desempeño productivo y características de la canal de pollos de engorde. Un total de 1,120 pollos de engorde Cobb 500® de un día de edad se ubicaron aleatoriamente en siete tratamientos, cuatro repeticiones y 40 aves por repetición durante 35 días de edad. Los tratamientos consistieron en una relación de Arg:Lys de 1.04; 1.05; 1.06; 1.07; 1.08; 1.09 y 1.10. En la etapa inicial, las dietas no cambiaron ($P > 0.05$) el peso vivo (PV), índice de conversión alimenticia (ICA) y viabilidad, mientras la relación de 1.04 y 1.05 incrementó ($P \leq 0.05$) el consumo de alimento (CA). En la etapa de desarrollo, la relación de 1.07 obtuvo el mayor PV; la relación de 1.06 y 1.07 mejoró el ICA y 1.05, 1.07, 1.09 y 1.10 incrementó el CA ($P \leq 0.05$), sin influencias para la viabilidad ($P > 0.05$). En la etapa de finalización, la relación de 1.10 mejoró ($P \leq 0.05$) el ICA, sin cambios para el PV, CA y viabilidad ($P > 0.05$). La relación 1.05 incrementó ($P \leq 0.05$) el porcentaje de hígado y molleja. Las otras porciones comestibles no mostraron cambios notables. La relación de Arg:Lys hasta 1.10 no modificó del comportamiento productivo y las porciones comestibles de los pollos Cobb 500®.

Palabras clave: Arginina, canal animal, desempeño animal, lisina, pollo de engorde.

Abstract

Arginine and lysine are essential and limiting amino acids in the growth and maintenance of broilers, they have a similar structure and compete for the same enzyme carrier. This study aimed to evaluate the relationship of arginine and lysine in the productive performance and characteristics of the carcass of broilers. A total of 1,120 one-day-old Cobb 500® broilers were randomly placed in seven experimental treatments, four replicates per treatment, and 40 birds per replicate for 35 days. The treatments consisted of an Arg:Lys ratio of 1.04; 1.05; 1.06; 1.07; 1.08; 1.09 and 1.10. In the initial stage, the diets did not change ($P > 0.05$) live weight (PV), feed conversion index (ICA) and viability, while the ratio of 1.04 and 1.05 increased ($P \leq 0.05$) feed consumption (CA). In the development stage, the ratio of 1.07 obtained the highest PV; the ratio of 1.06 and 1.07 improved the ICA and 1.05, 1.07, 1.09 and 1.10 increased the CA ($P \leq 0.05$), although without influences for viability ($P > 0.05$). In the finalization stage, the ratio of 1.10 improved ($P < 0.05$) the ICA, without changes for the PV, CA and viability ($P > 0.05$). The 1.05 ratio increased ($P \leq 0.05$) the percentage of liver and gizzard. The other edible portions did not have noticeable changes. The Arg:Lys ratio up to 1.10 did not modify the productive behavior and the edible portions of the Cobb 500® chickens.

Keywords: Arginine, animal carcass, animal performance, lysine, broiler.

Introducción

La avicultura es una de las actividades pecuarias que ha tomado más auge en los últimos años, ya que, la carne de pollo tiene un impacto altamente positivo en la alimentación humana debido a su aporte de proteínas de alta calidad, vitaminas, minerales y grasas (Farrel 2013). Sumado a esto, el exponencial crecimiento poblacional conduce a las personas a buscar alternativas viables para una buena alimentación. Es por esto que el rubro avícola es una atractiva propuesta alimentaria para los consumidores porque pueden obtener un producto altamente nutritivo a un bajo precio en el mercado, lo cual aumenta su accesibilidad (Sevilla Úbeda y Murillo Martínez 2019). Dicha actividad, constituye un sector económico en continuo crecimiento y los productores enfrentan nuevos desafíos debido a los requerimientos nutricionales de la población (Montenegro Chavesta 2019).

Múltiples factores inciden directa o indirectamente en el óptimo desarrollo de los pollos de engorde, entre ellos, resaltan la genética de los animales, el manejo de la parvada o la alimentación suministrada. La alimentación es importante para lograr la máxima expresión productiva (Gomez et al. 2010). Dicho factor es clave para el correcto crecimiento y desarrollo de las aves en la producción avícola, en búsqueda de los mejores rendimientos posibles. Además, en dichas producciones, la alimentación alcanza hasta un 75% de los costos totales de producción (Luna-Jimenez et al. 2019). Debido a lo antes mencionado, la alimentación tiene un papel protagónico en las producciones avícolas, con el objetivo de minimizar los costos de producción y maximizar u optimizar el desarrollo de los animales. Para lograr una alimentación que cumpla con dichos objetivos, los alimentos deben ser formulados lo más detallado posible, a partir de los componentes proteicos encargados del mantenimiento y el desarrollo muscular, los aminoácidos (Farrel 2013).

Los aminoácidos son las bases esenciales de las proteínas, siendo muy importantes para el desarrollo de la vida orgánica, su valor radica en lo indispensables que son para el desarrollo de casi todos los procesos biológicos dentro de la célula (Lozano Chavez 2018). Dichos procesos, son los principales encargados del crecimiento del ave, por lo cual, deficiencias en esos componentes se

traducen en un deficiente desarrollo del animal. El conocimiento preciso de los requerimientos de aminoácidos y de la composición de nutrimentos de los ingredientes, es fundamental para balancear eficazmente las raciones para pollo de engorda, y obtener los productos en el tiempo y rendimiento deseados (Da Costa et al. 2017). El concepto de proteína ideal es de suma importancia en la industria avícola, ya que, se refiere al balance exacto de los aminoácidos esenciales en la dieta del ave. Este balance debe ser capaz de satisfacer sin deficiencias ni excesos, las necesidades absolutas de todos los aminoácidos requeridos (Toalombo Vargas 2018).

La lisina es un aminoácido limitante en la mayor parte de las dietas, se encuentra comercialmente disponible en forma sintética, para ser utilizada en las raciones prácticas de los animales (Campos et al. 2016). Este es un aminoácido fisiológicamente esencial para mantenimiento, crecimiento y producción de aves, siendo su principal función la síntesis de proteína muscular (Rios Ramírez 2018). La arginina es un aminoácido esencial para las aves (Wu et al. 2009), y su importancia radica en múltiples factores que contribuyen a la salud y el óptimo desarrollo de las aves bajo producción. La deficiencia de este aminoácido en la dieta puede contribuir a una inmunopatología intestinal, lo cual hace más susceptibles a las aves ante las enfermedades (Drover et al. 2011). Por otra parte, este aminoácido es sumamente importante para la síntesis de proteína y funciones biológicas del ave, lo que fomenta el crecimiento y la salud de dichos organismos (Castro y Kim 2020).

Debido al papel fundamental que la arginina y la lisina juegan en la dieta de las aves, es muy importante determinar la óptima relación entre ambos, ya que dichos aminoácidos tienen una estructura similar y compiten en la absorción intestinal (Kidd et al. 2001). Además, la relación entre lisina y arginina también tiene efectos en la enzima catalizadora de arginina, llamada arginasa. Al existir un exceso en la concentración de lisina, incrementan los requerimientos de arginina, porque la actividad de dicha enzima es estimulada por el incremento en concentración de la lisina en la dieta (Chamruspollert et al. 2002). Lo antes mencionado, generará un efecto antagónico, en el cual, el excesivo incremento de lisina provoca una reducción en la biodisponibilidad de su contraparte, lo

que afecta de esta forma el crecimiento del ave. Este efecto se ve más marcado con un exceso de lisina que de arginina (Zampiga et al. 2018). Por ende, determinar el efecto de la relación de estos AA podría contribuir a comprender las necesidades de estos AA en el crecimiento del pollo de engorde moderno.

Según el National Research Council (1994), la relación óptima recomendada entre arginina y lisina en las dietas de pollos de engorde (Arg:Lys) es de 1.14 durante las primeras tres semanas, 1.10 entre las semanas 3 y 6, y 1.18 entre las semanas 6 y 8. Por otro lado, según Emmert y Baker (1997), la relación óptima recomendada de ambos aminoácidos es de 1.05 entre 0-3 semanas de edad, 1.08 entre 3-6 semanas de edad y 1.08 entre 6-8 semanas de edad. Con base en lo antes expuesto, es imprescindible determinar el antagonismo de estos dos aminoácidos, con el objetivo de conocer los requerimientos de arginina como aminoácido limitante y la lisina en concentraciones constantes. Los objetivos de la presente investigación se especifican a continuación:

Evaluar el efecto de la relación entre arginina y lisina en el desempeño productivo del pollo de engorde Cobb 500®.

Determinar el efecto de la relación entre arginina y lisina en las características de la canal del pollo de engorde Cobb 500®.

Materiales y Métodos

Sitio de Estudio y Condiciones Geo-Climáticas

Este estudio se realizó en el Centro de Investigación y Enseñanza Avícola de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicado en el Valle de Yegüare, municipio de San Antonio de Oriente, departamento de Francisco Morazán, a 32 km de Tegucigalpa, Honduras. La unidad experimental tiene una altura de 800 msnm y una temperatura promedio de 26 °C.

Animales, Diseño Experimental y Tratamientos

Para la investigación se ubicaron aleatoriamente 1,120 pollos de engorde Cobb 500® de un día de edad en siete tratamientos experimentales, cuatro repeticiones por tratamiento y 40 aves por repetición durante 35 días de edad. Los tratamientos consistieron en una relación de Arg/Lys de 1.04; 1.05; 1.06; 1.07; 1.08; 1.09 y 1.10.

Cuadro 1

Ingredientes y aportes nutricionales de los pollos de engorde Cobb 500® (0-8 días).

Ingredientes	1.04 Arg/Lys	1.05 Arg/Lys	1.06 Arg/Lys	1.07 Arg/Lys	1.08 Arg/Lys	1.09 Arg/Lys	1.1 Arg/Lys
Harina de maíz (10.59 %)	59.7	59.75	59.88	59.99	60.08	60.12	60.22
Harina de soya (46.83%)	31.57	31.51	31.39	31.27	31.2	31.15	31.05
Pre-mezcla de minerales y vitaminas	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Cloruro de sodio	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Aceite de palma africana	3.35	3.35	3.31	3.3	3.27	3.27	3.25
Colina	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
DL-Metionina	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
L-Treonina	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
L-Lisina	0.34	0.34	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
L-Arginina	0.13	0.14	0.16	0.18	0.19	0.2	0.22
Carbonato de calcio	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
Biofos	1.53	1.53	1.53	1.53	1.53	1.53	1.53
Mycofix plus 5.0	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
Enzimas Lumis Lbzyme X50	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Coccidiostato	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Aportes nutricionales							
EM (kcal/kg MS)	2975	2975	2975	2975	2975	2975	2975
Proteína cruda	22	22	22	22	22	22	22
Ca	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
P disponible	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
Lisina	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22
Arginina	1.27	1.28	1.3	1.31	1.32	1.33	1.35
Metionina+cistina	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
Treonina	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
Triptófano	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

Nota. Las relaciones expresadas de los aminoácidos comprenden la división entre los aportes nutricionales entre arginina y lisina.

Cuadro 2

Ingredientes y aportes nutricionales de los pollos de engorde Cobb 500® (9-18 días)

Ingredientes	1.04 Arg/Lys	1.05 Arg/Lys	1.06 Arg/Lys	1.07 Arg/Lys	1.08 Arg/Lys	1.09 Arg/Lys	1.1 Arg/Lys
Harina de maíz (10.59 %)	66.17	66.23	66.25	66.34	66.46	66.51	66.51
Harina de soya (46.83%)	25.72	25.66	25.63	25.54	25.43	25.37	25.37
Pre-mezcla de minerales y vitaminas	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Cloruro de sodio	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Aceite de palma africana	2.93	2.92	2.92	2.92	2.87	2.87	2.87
Colina	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
DL-Metionina	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
L-Treonina	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
L-Lisina	0.36	0.36	0.36	0.36	0.37	0.37	0.37
L-Arginina	0.17	0.18	0.19	0.2	0.22	0.23	0.23
Carbonato de calcio	1.54	1.54	1.54	1.54	1.54	1.54	1.54
Biofos	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
Mycofix plus 5.0	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
Enzimas Lumis Lbzyme X50	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Coccidiostato	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Aportes nutricionales							
Energía metabolizable (kcal/kg MS)	3025	3025	3025	3025	3025	3025	3025
Proteína cruda	20	20	20	20	20	20	20
Ca	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
P disponible	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
Lisina	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
Arginina	1.17	1.18	1.19	1.2	1.21	1.22	1.23
Metionina+cistina	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
Treonina	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73
Triptófano	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18

Nota. Las relaciones expresadas de los aminoácidos comprenden la división entre los aportes nutricionales entre arginina y lisina.

Cuadro 3

Ingredientes y aportes nutricionales de los pollos de engorde Cobb 500® (19-35 días).

Ingredientes	1.04 Arg/Lys	1.05 Arg/Lys	1.06 Arg/Lys	1.07 Arg/Lys	1.08 Arg/Lys	1.09 Arg/Lys	1.1 Arg/Lys
Harina de maíz de descarte (10.59%)	67.82	67.89	67.97	68.02	68.07	68.21	68.27
Harina de soya (46.83%)	23.69	23.63	23.55	23.5	23.45	23.31	23.25
Pre-mezcla de minerales y vitaminas	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Cloruro de sodio	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Aceite de palma africana	3.82	3.8	3.78	3.77	3.77	3.73	3.72
Colina	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
DL-Metionina	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
L-Treonina	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
L-Lisina	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.32	0.32
L-Arginina	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.17	0.18
Carbonato de calcio	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41
Biofos	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21
Mycofix plus 5.0	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
Enzimas Lumis Lbzyme X50	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Coccidiostato	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Aportes nutricionales							
Energía metabolizable (kcal/kg MS)	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100
Proteína cruda	19	19	19	19	19	19	19
Ca	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76
P disponible	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
Lisina	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
Arginina	1.06	1.07	1.08	1.09	1.1	1.11	1.12
Metionina+cistina	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Treonina	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66
Triptófano	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18

Nota. Las relaciones expresadas de los aminoácidos comprenden la división entre los aportes nutricionales entre arginina y lisina.

Condiciones Experimentales

Cada repetición se constituyó por un corral con 11 aves/m^2. El alimento y el agua se suministraron *ad libitum* en comederos tipo tolva y bebederos de niple, respectivamente. La temperatura y la ventilación dentro del galpón se controló mediante criadoras de gas, manejo de cortinas y ventiladores. La nave se desinfectó según las normas de calidad medioambientales. No se utilizaron medicamentos, ni atención veterinaria terapéutica durante toda la etapa experimental.

Desempeño Productivo

En cada fase experimental (inicio, crecimiento y finalización) se determinaron los indicadores del desempeño productivo de los pollos de engorde. La viabilidad se determinó por los animales vivos entre los existentes al inicio del experimento. Se calculó la conversión alimenticia como la cantidad de alimento ingerido, para una ganancia de 1 kg de peso vivo. El peso inicial y el final de cada etapa se evaluó de forma individual, en una balanza industrial Mettler Toledo® IND226 con precisión ±1.00 g, respectivamente. El consumo de alimento acumulado se calculó diariamente mediante el método de oferta y rechazo.

Características de la Canal

A los 35 días de edad se sacrificaron por el método de desangrado en la vena yugular 10 aves/tratamiento en ayunas por seis horas. Para determinar el peso relativo de la canal y vísceras, se realizó un pesaje de los pollos de ceba antes del sacrificio en una balanza digital Truweigh™ Blaze digital scale BL-100-01-BK con precisión ± 0.1 g. Después del sacrificio se pesó la canal, pechuga, pierna, grasa abdominal, hígado, corazón, páncreas y molleja.

Análisis Estadísticos

Los datos se procesaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) de clasificación simple en un diseño completamente al azar (DCA). En los casos necesarios se empleó la Décima de Duncan (1955) para determinar las diferencias entre medias. La viabilidad se determinó por comparación de proporciones. Todos los análisis se desarrollaron en el software estadístico SPSS versión 23.1.

Resultados y Discusión

En el Cuadro 4 se muestra el efecto de la relación de Arginina y Lisina en la producción de pollos de engorde de 1 a 8 días de edad. Para las variables de peso vivo inicial y final, índice de conversión alimenticia y viabilidad, no hubo diferencia entre los tratamientos experimentales ($P > 0.05$). Por su parte, los grupos dietéticos con la relación de 1.04 y 1.05 incrementaron el consumo de alimento ($P \leq 0.05$), en comparación a los demás tratamientos.

Cuadro 4

Efecto de la relación de Arginina y Lisina en la producción de Pollos de engorde (0-8 días de edad).

Tratamientos	Indicadores productivos				
	Peso vivo inicial (g)	Peso vivo final (g)	CA (g)	ICA	Viabilidad (%)
1.04 Arg-Lys	48.50	177.01	201.48[a]	1.54	99.50
1.05 Arg-Lys	48.50	178.23	202.30[a]	1.54	99.50
1.06 Arg-Lys	48.25	177.31	192.68[b]	1.49	100.00
1.07 Arg-Lys	48.50	177.80	191.55[b]	1.49	99.50
1.08 Arg-Lys	48.25	178.23	194.08[b]	1.49	100.00
1.09 Arg-Lys	48.50	179.20	195.50[ab]	1.49	99.50
1.10 Arg-Lys	48.50	179.49	192.65[b]	1.47	99.50
EE ±	0.15	1.38	2.45	0.02	0.26
Valor de P	0.7004	0.8164	0.0113	0.2530	0.5058

Nota. Arg: arginina; Lys: lisina; CA: consumo de alimento; ICA: índice de conversión alimenticia; EE ±: Error Estándar; P: Probabilidad

Según Corzo y Kidd (2003), la suplementación de arginina dietética en las dietas puede generar efectos positivos en la fase inicial de los pollos de engorde al promover el desarrollo del sistema inmunológico del ave. Lo antes mencionado, se evidenció en el consumo de alimento, en el cual, el uso de arginina promueve o reduce el consumo de alimento, sin deprimir el ICA. El peso vivo final en la etapa inicial del ave, coincidió con el patrón indicado por Zampiga et al. (2018), quienes señalan que un aumento en la relación de Arginina y Lisina no incidió en el peso final, lo cual concordó con este experimento, ya que los animales tuvieron un peso vivo similar.

Por otro lado, el consumo de alimento en la etapa inicial, difirió con los resultados de Labadan et al. (2001), estos autores mostraron que una menor inclusión de Arg provocó una reducción paulatina del consumo de alimento. Mientras tanto, en este estudio se contempló que los mayores

niveles de ingesta se obtuvieron con las menores inclusiones de dicho aminoácido. Por su parte, el índice de conversión alimenticia en este estudio, concordó al resultado obtenido por Zampiga et al. (2018), en donde, una relación más amplia de Arg:Lys mejoró el ICA. A lo largo de todo el experimento, no se presentaron diferencias entre los tratamientos experimentales para el indicador de viabilidad, lo que demostró que la dieta suministrada no provocó mortalidad en los pollos de engorde. Según Kidd et al. (2001), la dieta suministrada con arginina no afecta la viabilidad de ningún experimento en sus múltiples etapas.

El Cuadro 5 muestra el efecto de la relación de Arginina y Lisina en la producción de pollos de engorde de 9 a 18 días de edad. El indicador de viabilidad no presentó diferencias entre todos los tratamientos experimentales ($P > 0.05$). La relación de 1.07 incrementó sustancialmente el peso vivo final ($P \leq 0.05$), en comparación a los demás tratamientos. Por su parte, el tratamiento con 1.08 presentó el PV más bajo ($P \leq 0.05$). Asimismo, los tratamientos con 1.05, 1.07, 1.09 y 1.10 incrementaron el consumo de alimento ($P < 0.05$), mientras que el tratamiento con 1.08 presentó la menor ingesta alimenticia. Además, el ICA fue más bajo en los tratamientos con 1.06 y 1.07 ($P < 0.05$), en comparación a los otros tratamientos que presentaron un índice de conversión más alto.

Cuadro 5

Efecto de la relación de Arginina y Lisina en la producción de pollos de engorde (9-18 días de edad).

Tratamientos	Indicadores productivos (9-18 días de edad)			
	Peso vivo final (g)	CA (g)	ICA	Viabilidad (%)
1.04 Arg-Lys	752.29^{bc}	846.15^{ab}	1.46^{ab}	100
1.05 Arg-Lys	773.60^{ab}	862.00^{a}	1.45^{ab}	96.25
1.06 Arg-Lys	757.25^{abc}	834.50^{bc}	1.44^{b}	97.50
1.07 Arg-Lys	777.14^{a}	858.65^{a}	1.43^{b}	97.50
1.08 Arg-Lys	736.53^{c}	822.35^{c}	1.48^{a}	96.25
1.09 Arg-Lys	767.14^{ab}	861.48^{a}	1.47^{ab}	97.50
1.10 Arg-Lys	767.00^{ab}	866.85^{a}	1.48^{a}	97.50
EE ±	7.67	7.70	0.01	1.32
Valor de P	0.0088	0.001	0.0384	0.2308

Nota. Arg: arginina; Lys: lisina; CA: consumo de alimento; ICA: índice de conversión alimenticia; EE ±: Error Estándar; P: Probabilidad

El peso vivo final en la etapa de desarrollo, no coincidió con los resultados obtenidos por Zampiga et al. (2018); puesto que, dicho estudio mostró que el aumento en la relación de los

aminoácidos generó un aumento de este parámetro. Mientras, en este estudio se evidenció que las relaciones más altas de Arginina y Lisina en esta etapa específica no contribuyeron a una mayor ganancia de peso, ya que, la relación de 1.07 Arg:Lys fue el tratamiento con el mayor peso vivo.

Así mismo, el índice de conversión alimenticia difirió con el estudio realizado por Jahanian y Khalifeh-Gholi (2018), quienes reportaron que un nivel de inclusión de Arginina del 100% del NRC recomendado (Arg:Lys de 1.14 en etapa inicial y 1.10 en etapa de desarrollo), genera una reducción en el ICA al compararlo con inclusiones del 90% del NRC recomendado (Arg:Lys = 1.02 en etapa inicial y 0.99 en desarrollo). De esta manera, este estudio demostró que la relación de 1.10 tuvo un ICA mayor en comparación a los demás tratamientos experimentales con menor relación de estos aminoácidos. Según Labadan et al. (2001), el parámetro de consumo de alimento para la etapa de desarrollo, presentó variaciones en el consumo de alimento entre los tratamientos, la inclusión de Arginina tiene una influencia directa en el consumo de alimento; lo que coincidió de esta manera con los resultados de ingesta de alimento obtenidos en este estudio.

En el Cuadro 6 se muestra el efecto de la relación de Arginina y Lisina en la producción de pollos de engorde de 19 a 35 días de edad. Para las variables de peso vivo final, consumo de alimento y viabilidad, no hubo diferencia entre todos los tratamientos experimentales ($P > 0.05$). El tratamiento experimental con 1.10 de Arg/Lys disminuyó el índice de conversión alimenticia ($P \leq 0.05$), en comparación a los demás tratamientos, los cuales, tuvieron un nivel más alto.

Cuadro 6

Efecto de la relación de Arginina y Lisina en la producción de pollos de engorde (19-35 días de edad).

Tratamientos	Indicadores productivos (19-35 días de edad)			
	PV (g)	CA (g)	ICA	Viabilidad(%)
1.04 Arg-Lys	2225.2	2461.9	1.68[ab]	99.3
1.05 Arg-Lys	2165.7	2369.2	1.70[a]	100
1.06 Arg-Lys	2198.6	2432.7	1.69[a]	99.5
1.07 Arg-Lys	2231.3	2456.3	1.69[a]	99.5
1.08 Arg-Lys	2191.9	2469.7	1.70[a]	100
1.09 Arg-Lys	2233.8	2441.1	1.67[ab]	99.5
1.10 Arg-Lys	2253.2	2455.3	1.65[b]	100
EE ±	26.99	25.93	0.01	0.26
Valor de P	0.3068	0.1409	0.039	0.21

Nota. Arg: arginina; Lys: lisina; ICA: índice de conversión alimenticia; EE ±: Error Estándar; P: Probabilidad

El peso vivo final en la etapa de finalización, concordó con los resultados obtenidos por Fouad et al. (2013); estos autores reportaron que las dietas con mayores suplementaciones de Arginina, no tuvieron un incremento significativo en el peso vivo. Mientras tanto, la variable de alimento consumido no difirió con los resultados expuestos por Labadan et al. (2001), quienes determinaron que el consumo de alimento no se vio influenciado por los diferentes niveles de inclusión de Arginina en los tratamientos experimentales, lo que obtuvo ingestas similares entre los menores y mayores niveles de inclusión. Coincidentemente, en este estudio se observó que los niveles de ingesta entre las relaciones más altas o bajas de los aminoácidos fueron similares. En cuanto al índice de conversión alimenticia, este parámetro difirió con los resultados determinados por Zampiga et al. (2018), en el que señalaron que las mayores relaciones entre Arginina y Lisina se traduce en menores índices de conversión alimenticia en esta etapa. Por otro lado, este estudio reveló que la menor y la mayor relación entre los aminoácidos no difirieron significativamente en el ICA.

En el Cuadro 7 se muestra el efecto de la relación de Arginina y Lisina en la producción de pollos de engorde de 1 a 35 días de edad. Los tratamientos experimentales no afectaron significativamente la ganancia de peso, consumo de alimento, índice de conversión alimenticia y viabilidad acumulada ($P > 0.05$).

Cuadro 7

Efecto de la relación de Arginina y Lisina en la producción de pollos de engorde (1 a 35 días de edad).

Tratamientos	Indicadores productivos acumulados (1-35)			
	GP (g)	CA (g)	ICA	Viabilidad (%)
1.04 Arg-Lys	2176.95	3509.47	1.62	99.58
1.05 Arg-Lys	2117.46	3433.47	1.62	98.54
1.06 Arg-Lys	2150.65	3459.85	1.61	98.96
1.07 Arg-Lys	2183.10	3506.40	1.61	97.92
1.08 Arg-Lys	2143.91	3486.15	1.63	98.75
1.09 Arg-Lys	2185.56	3498.10	1.60	98.75
1.10 Arg-Lys	2204.93	3514.82	1.60	98.96
EE ±	27.03	29.18	0.03	0.46
Valor de P	0.3106	0.4052	0.9646	0.3437

Nota. Arg: arginina; Lys: lisina; GP: Ganancia de peso; CA: Consumo de alimento ICA: índice de conversión alimenticia; EE ±: Error Estándar; P: Probabilidad

La ganancia de peso y consumo de alimento acumulados durante toda la vida de las aves tuvo un comportamiento similar al expuesto en el estudio realizado por Zampiga et al. (2018), en el cual se observó que la suplementación de Arginina tuvo un efecto limitado en la ganancia de peso y consumo de alimento, sin presentar diferencias entre los tratamientos experimentales. Este estudio también demostró que los diferentes niveles de inclusión de Arginina durante todo el ciclo del ave, no provocó marcados incrementos en la ganancia de peso o ingesta de alimento. De esta manera, se puede observar que similares resultados pueden ser obtenidos independientemente de las relaciones de Arginina/ Lisina.

Según el estudio realizado por Laika y Jahanian (2017), las dietas con niveles del 100-110% de las recomendaciones del NRC, es decir, las dietas que cumplían o excedían la recomendación del NRC durante todo el ciclo del ave, no presentaron diferencias significativas en el índice de conversión alimenticia. De igual manera, según Xu YQ. et al. (2018), las dietas con inclusiones por debajo de la relación recomendada (Arg:Lys = 0.67 y 0.69) en todo el ciclo del ave, no mostraron diferencias significativas en cuanto al ICA. Ambos estudios previamente expuestos, coinciden con el comportamiento observado en el presente estudio, ya que, los diferentes niveles de inclusión de Arginina en los distintos tratamientos experimentales no afectaron los índices obtenidos.

En el Cuadro 8 se muestra el efecto de la relación de Arginina y Lisina en los porcentajes que representa cada pieza comestible u órganos del peso vivo total en la producción de pollos de engorde. Para las variables de canal, pechuga, pierna, grasa abdominal, corazón y páncreas no se mostraron diferencias entre todos los tratamientos experimentales ($P > 0.05$). En la variable de hígado, se mostraron diferencias ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos experimentales, siendo el tratamiento de 1.05 el de mayor porcentaje y el tratamiento de 1.07 el menor. En cuanto a la variable de molleja, se reflejó un mayor porcentaje de ganancias ($P \leq 0.05$) en los tratamientos 1.04, 1.05, 1.06 y 1.08, siendo el tratamiento 1.10 el menor de todos los grupos experimentales.

Cuadro 8

Efecto de la relación de Arginina y Lisina en los porcentajes que representa cada pieza comestible u órganos del peso vivo total en la producción de pollos de engorde.

Tratamientos	Porciones comestibles (%)							
	Canal	Pechuga	Pierna	Grasa Abdo-minal	Hígado	Corazón	Páncreas	Molleja
1.04 Arg-Lys	70.06	16.04	15.16	1.12	1.93^{b}	0.52	0.20	2.85^{a}
1.05 Arg-Lys	68.95	15.22	14.98	1.24	2.25^{a}	0.53	0.22	2.62^{a}
1.06 Arg-Lys	68.94	14.94	15.47	1.37	1.78^{bc}	0.47	0.19	2.68^{a}
1.07 Arg-Lys	73.01	16.31	15.56	1.27	1.70^{c}	0.48	0.18	2.49^{ab}
1.08 Arg-Lys	73.91	15.67	15.70	1.33	1.98^{b}	0.49	0.20	2.63^{a}
1.09 Arg-Lys	69.54	16.04	15.34	1.24	1.84^{bc}	0.51	0.18	2.58^{ab}
1.10 Arg-Lys	70.69	16.30	15.59	1.40	1.77^{bc}	0.47	0.18	2.25^{b}
EE ±	2.00	0.67	0.56	0.12	0.07	0.03	0.01	0.12
Valor de P	0.4492	0.7047	0.9722	0.6655	<0.001	0.5537	0.1499	0.0349

Nota. Arg: arginina; Lys: lisina; EE ±: Error Estándar; P: Probabilidad

El peso en porcentaje de los órganos: hígado, páncreas y corazón difirieron con los resultados obtenidos por Jespersen et al. (2021), quienes determinaron que las dietas suplementadas con mayor concentración de arginina provocaron un incremento en el peso de dichos órganos. Por el contrario, en este estudio se observó que las mayores inclusiones de arginina no aumentaron el peso relativo de estos órganos. En cuanto a la molleja, este parámetro difirió con los resultados de Taylor et al. (2021), los autores identificaron que una mayor suplementación de Arginina produjo un mayor peso relativo de la molleja. En cambio, este estudio reveló que las menores concentraciones de arginina

presentaron mayor ganancia de peso en este órgano. El peso en porcentaje de la pechuga, pierna y grasa abdominal coincidieron con los resultados obtenidos por Attia et al. (2020), quienes concluyeron que diferentes relaciones de arginina y lisina en sus tratamientos experimentales (1.10, 1.125 y 1.2) tuvieron leves fluctuaciones en los pesos totales, sin indicar diferencias significativas. Los autores indicaron que el grupo experimental 1 (con relación Arg:Lys =1.10) tuvo un similar resultado en el rendimiento de la pechuga que los grupos experimentales T2 y T3 (con relación Arg:Lys =1.125 y 1.2, respectivamente).

Así mismo, en este estudio los tratamientos con relación de 1.04 y 1.09 tuvieron el mismo resultado en la variable de pechuga. El comportamiento antes descrito, donde los pesos tuvieron leves variaciones sin mostrar diferencias entre los tratamientos experimentales, esto demuestra que las diferentes relaciones entre arginina y lisina no afectaron las variables de pechuga, pierna y grasa abdominal. Según Villar Mejia (2019), diferentes niveles de inclusión de arginina en los tratamientos experimentales no incidieron en los resultados obtenidos en el indicador de la canal. Dicho parámetro coincidió con los resultados obtenidos en este estudio, puesto que, las diferentes relaciones de Arg:Lys no presentaron diferencias entre los tratamientos experimentales.

Conclusiones

Las diferentes relaciones de arginina y lisina modificaron el peso vivo, consumo de alimento e índice de conversión alimenticia en las etapas intermedias, sin embargo, globalmente los tratamientos dietéticos no afectaron ningún indicador productivo acumulado en los pollos de engorde hasta los 35 días de vida.

Los grupos experimentales no indicaron cambios en el porcentaje de canal, pechuga, pierna, grasa abdominal, corazón y páncreas en los pollos de engorde, sin embargo, la relación de 1.05 incrementó el peso relativo del hígado y molleja, este último parámetro también incrementó con la relación 1.04, 1.06 y 1.08 de arginina y lisina.

Recomendaciones

Formular las dietas de pollos Cobb 500® con la menor relación de Arg/Lys, ya que, los parámetros productivos y características de la canal no presentan diferencias entre los tratamientos, lo cual reduciría los costos de alimentación.

Evaluar la relación de Arg:Lys en la actividad inmunológica y capacidad antioxidante de los pollos de engorde aparentemente sanos y enfermos.

Realizar un estudio experimental con la relación de la Arg:Lys con otro híbrido de pollos de engorde.

Referencias

Attia YA, Bovera F, Wang J, Al-Harthi MA, Kim WK. 2020. Multiple Amino Acid Supplementations to Low-Protein Diets: Effect on Performance, Carcass Yield, Meat Quality and Nitrogen Excretion of Finishing Broilers under Hot Climate Conditions. Animals (Basel). 10(6):3–10. eng. doi:// %2010.3390/ani10060973. doi:10.3390/ani10060973.

Campos A, Salguero S, Albino L, Rostango H. 2016. Aminoácidos en la Nutrición de Pollos de Engorde: Proteina Ideal [Tesis]. Brasil: Universidad Viçosa; [consultado el 18 de may. de 2021]. https:// www.researchgate.net/profile/Sandra-Salguero/publication/268339668_Aminoacidos_en_la_ Nutricion_de_Pollos_de_Engorde_Proteina_Ideal/links/56eff55408ae52f8ad7f856c/ Aminoacidos-en-la-Nutricion-de-Pollos-de-Engorde-Proteina-Ideal.pdf.

Castro FLdS, Kim WK. 2020. Secondary Functions of Arginine and Sulfur Amino Acids in Poultry Health: Review. Animals (Basel); [consultado el 1 de jun. de 2021]. 10(11). eng. doi://%2010.3390/ ani10112106. doi:10.3390/ani10112106.

Chamruspollert M, Pesti GM, Bakalli RI. 2002. Dietary interrelationships among arginine, methionine, and lysine in young broiler chicks. Br J Nutr; [consultado el 18 de may. de 2021]. 88(6):655–660. eng. https://doi.org/10.1079/BJN2002732. doi:10.1079/BJN2002732.

Corzo A, Kidd MT. 2003. Arginine Needs of the Chick and Growing Broiler [Regulation of lipid synthesis in animal organs]. Journal of Poultry Science; [consultado el 18 de may. de 2021]. 2(6):379–382. ger. https://docsdrive.com/pdfs/ansinet/ijps/2003/379-382.pdf.

Da Costa MJ, Colson G, Frost TJ, Halley J, Pesti GM. 2017. Evaluation of starter dietary digestible lysine level on broilers raised under a sex-separated or straight-run housing regime, part 2: Economics of sex separation and digestible lysine level for maximum returns. Poult Sci. 96(9):3282–3290. eng. https://doi.org/10.3382/ps/pex128. doi:10.3382/ps/pex128.

Drover JW, Dhaliwal R, Weitzel L, Wischmeyer PE, Ochoa JB, Heyland DK. 2011. Perioperative use of arginine-supplemented diets: a systematic review of the evidence. J Am Coll Surg; [consultado el 1 de jun. de 2021]. 212(3):385-99. eng. doi://https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2010.10.016. doi:10.1016/j.jamcollsurg.2010.10.016.

Emmert JL, Baker DH. 1997. Use of the Ideal Protein Concept for Precision Formulation of Amino Acid Levels in Broiler Diets. Journal of Applied Poultry Research; [consultado el 18 de may. de 2021]. 6(4):462–470. https://doi.org/10.1093/japr/6.4.462. doi:10.1093/japr/6.4.462.

Farrel D. 2013. Funcion de las aves de corral en la nutrición humana. Revisión de Desarrollo Avícola; [consultado el 18 de may. de 2021]. 2:2–3. http://www.fao.org/3/i3531s/i3531s.pdf.

Fouad AM, El-Senousey HK, Yang XJ, Yao JH. 2013. Dietary L-arginine supplementation reduces abdominal fat content by modulating lipid metabolism in broiler chickens. Animal; [consultado el 18 de may. de 2021]. 7(8):1239–1245. eng. https://doi.org/10.1017/S1751731113000347. doi:10.1017/S1751731113000347.

Gomez RS, Cortes Cuevas A, Lopez Coello C, Avila Gonzales E. 2010. Evaluación de tres programas de alimentación para pollos de engorda con base en dietas sorgo-soya con distintos porcentajes de

proteína [Tesis]. Mexico: Universidad Nacional Autonoma de Mexico; [consultado el 18 de may. de 2021]. http://www.scielo.org.mx/pdf/vetmex/v42n4/v42n4a5.pdf.

Jahanian R, Khalifeh-Gholi M. 2018. Marginal deficiencies of dietary arginine and methionine could suppress growth performance and immunological responses in broiler chickens. J Anim Physiol Anim Nutr (Berl); [consultado el 18 de may. de 2021]. 102(1):e11-e20. eng. https://doi.org/10.1111/jpn.12695. doi:10.1111/jpn.12695.

Jespersen JC, Richert S, Cesar de Paula Dorigam J, Oelschlager ML, Dilger RN. 2021. Effects of lysine biomass supplementation on growth performance and clinical indicators in broiler chickens. Poult Sci; [consultado el 18 de may. de 2021]. 100(3). eng. https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.12.068. doi:10.1016/j.psj.2020.12.068.

Kidd MT, Peebles ED, Whitmarsh SK, Yeatman JB, Wideman RF. 2001. Growth and immunity of broiler chicks as affected by dietary arginine. Poult Sci; [consultado el 18 de may. de 2021]. 80(11):1535–1542. eng. https://doi.org/10.1093/ps/80.11.1535. doi:10.1093/ps/80.11.1535.

Labadan MC, Hsu KN, Austic RE. 2001. Lysine and arginine requirements of broiler chickens at two- to three-week intervals to eight weeks of age. Poult Sci; [consultado el 18 de may. de 2021]. 80(5):599–606. eng. https://doi.org/10.1093/ps/80.5.599. doi:10.1093/ps/80.5.599.

Laika M, Jahanian R. 2017. Increase in dietary arginine level could ameliorate detrimental impacts of coccidial infection in broiler chickens. Livestock Science; [consultado el 18 de may. de 2021]. 195:38–44. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.11.002. doi:10.1016/j.livsci.2016.11.002.

Lozano Chavez AP. 2018. Los aminoácidos y su rol en el desarrollo y crecimiento de los pollos de engorde [Tesis]. Colombia: Universidad de Cooperativa de Colombia; [consultado el 18 de may. de 2021]. https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/6093/1/2018_Los_amino%C3%A1cidos_y_su_rol.pdf.

Luna- Jimenez AL, Gonzales-Cortés N, Jimenez-Vera R. 2019. Avicultura Sustentable: Fomentando la cadena de valor de la caña de azúcar [Tesis]. Mexico: Universidad Juarez Autonoma de Tabasco; [consultado el 18 de may. de 2021]. http://revistas.unellez.edu.ve/index.php/agrollania/article/view/709.

Montenegro Chavesta JL. 2019. Producción y Comercialización de Productos Avicolas. Peru: Ministerio de Agricultura y Riego Peru; [consultado el 18 de may. de 2021]. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/519920/produccion-comercializacion-avicola-dic19-070220.pdf.

[NRC] National Research Council. 1994. Nutrient Requirements of Poultry. Washington, D.C.: National Academies Press. 635 vol. ISBN: 978-0-309-04892-7; [consultado el 18 de may. de 2021].

Rios Ramírez JP. 2018. Efecto de Lisina dietética en el comportamiento productivo y el rendimiento diferencial de piezas en pollos [Tesis]. Mexico: Universidad Autónoma Chapingo; [consultado el 18 de may. de 2021]. http://repositorio.chapingo.edu.mx/bitstream/handle/20.500.12098/488/mcig-rrjp_18.pdf?sequence=2&isAllowed=y.

Sevilla Úbeda AL, Murillo Martínez ED. 2019. Investigación de mercado de carne de pollo industrial, El Tortuguero, Región Autónoma Costa Caribe Sur, 2018 [Tesis]. Nicaragua: Universidad Nacional

Agraria; [consultado el 18 de may. de 2021]. https://repositorio.una.edu.ni/3951/1/tne70s511i.pdf.

Taylor J, Sakkas P, Kyriazakis I. 2021. What are the limits to feed intake of broilers on bulky feeds? Poult Sci; [consultado el 18 de may. de 2021]. 100(3):80–89. eng. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7936167/pdf/main.pdf. doi:10.1016/j.psj.2020.11.008.

Toalombo Vargas PA. 2018. Utilización de aminoácidos sintéticos con reducción de proteína bruta en la alimentación de pollos parrilleros [Tesis]. Ecuador: Facultad de Ciencias Pecuarias del Chimborazo; [consultado el 18 de may. de 2021]. https://www.eumed.net/rev/caribe/2018/03/alimentacion-pollos-parrilleros.html.

Villar Mejia OM. 2019. Evaluación del desempeño zootécnico y rendimiento en canal de pollos ross 308 ap, sometidos a diferentes tablas de consumo [Tesis]. Colombia: Universidad Cooprativa de Colombia; [consultado el 18 de may. de 2021]. https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/7563/1/2019_evaluacion_desempeno.pdf.

Wu G, Bazer FW, Davis TA, Kim SW, Li P, Marc Rhoads J, Carey Satterfield M, Smith SB, Spencer TE, Yin Y. 2009. Arginine metabolism and nutrition in growth, health and disease. Amino Acids; [consultado el 18 de may. de 2021]. 37(1):153–168. eng. https://link.springer.com/article/10.1007/s00726-008-0210-y. doi:10.1007/s00726-008-0210-y.

Xu YQ, Guo YW, Shi BL, Yan SM, Guo XY. 2018. Dietary arginine supplementation enhances the growth performance and immune status of broiler chickens. Livestock Science; [consultado el 18 de may. de 2021]. 209:8–13. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.01.001. doi:10.1016/j.livsci.2018.01.001.

Zampiga M, Laghi L, Petracci M, Zhu C, Meluzzi A, Dridi S, Sirri F. 2018. Effect of dietary arginine to lysine ratios on productive performance, meat quality, plasma and muscle metabolomics profile in fast-growing broiler chickens. J Anim Sci Biotechnol; [consultado el 18 de may. de 2021]. 9:79. eng. doi.10.1186/s40104-018-0294-5. doi:10.1186/s40104-018-0294-5.