

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE ZOOTECNIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA**



**“SUPLEMENTACIÓN DE ARGININA SOBRE EL  
DESEMPEÑO PRODUCTIVO Y ECONOMICO DE POLLOS MACHOS COBB 500  
EN FASES DE INICIO, CRECIMIENTO Y ACABADO”**

**Tesis**

**Para optar el título de:**

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. RIVERA ESPIRITU, Kailu Araceli**

**TINGO MARÍA – PERÚ**

**2025**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
TINGO MARÍA  
**FACULTAD DE ZOOTECNIA**  
COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN Y TESIS



"Año de la Recuperación y la Consolidación de la Economía Peruana"


**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

A las 06:00 p.m. del 15 de enero de 2025, los Miembros del Jurado que suscriben, se reunieron para calificar la Tesis titulada "SUPLEMENTACIÓN DE ARGININA SOBRE EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO Y ECONÓMICO DE POLLOS MACHOS COBB 500 EN FASES DE INICIO, CRECIMIENTO Y ACABADO", presentada por la Bachiller en Ciencias Pecuarias KAILU ARACELI RIVERA ESPIRITU.

Después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas, el Jurado declara **APROBADA LA TESIS** con el calificativo de "MUY BUENO".

En consecuencia, la sustentante queda capacitada para optar el **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA ZOOTECNISTA**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, y tramitado ante el Consejo Universitario, para el otorgamiento del Título, de conformidad con lo establecido en el Artículo 46°, inciso "b" del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 21 de enero de 2025

  
.....  
Ing. M. Sc. **JUAN LAO GONZÁLES**  
Presidente

  
.....  
Dr. **CARLOS ENRIQUE ARÉVALO ARÉVALO**  
Miembro

  
.....  
M. V. **LISANDRO ROGER TAFUR ZEVALLOS**  
Miembro

  
.....  
Dr. **RIZAL ALCIDES ROBLES HUAYNATE**  
Asesor

  
.....  
Ing. **WALTER ALBERTO PAREDES ORELLANA**  
Asesor

  
.....  
Dr. **JUAN CHOQUE TICACALA**  
Asesor

Copia : Archivo

JLG/CEAA/LRTZ/RARH/WAPO/JChT/slcp



UNAS

VICERRECTORADO DE  
INVESTIGACIÓNINSTITUTO DE  
INVESTIGACIÓNUNIDAD DE SOPORTE  
CIENTÍFICO  
REPOSITORIO INSTITUCIONAL

*"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"*  
*"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"*

## **CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 413 - 2025 - CS-RIDUNAS**

El Jefe de la Unidad de Soporte Científico de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

### **CERTIFICA QUE:**

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% y contenido generado por Inteligencia Artificial menor o igual al 20%. Según establece el Art. 29° y 30° del Acuerdo Nro.017-2025-CIUNAS-VRI-UNAS.

### **Programa de Estudio:**

Zootecnia

### **Tipo de documento:**

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	
-------	---	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE	
		SIMILITUD	CONTENIDO GENERADO POR INTELIGENCIA ARTIFICIAL
SUPLEMENTACIÓN DE ARGININA SOBRE EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO Y ECONOMICO DE POLLOS MACHOS COBB 500 EN FASES DE INICIO, CRECIMIENTO Y ACABADO	RIVERA ESPIRITU, KAILU ARACELI	11% Once	Menor a 20 %

Tingo María, 10 de diciembre de 2025.

 UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
UNIDAD DE SOPORTE CIENTÍFICO  
  
ING. EINSTEIN A. ORTIZ MORALES  
JEFE

C.C. Archivo

## DEDICATORIA

A Dios, por protegerme, guiarme y darme la fortaleza necesaria para seguir adelante y alcanzar mis metas, superando las dificultades que se presenten en el proceso.

A mis queridos padres: al señor Orlando Rivera Avalos y la señora Celina Espíritu Santiago por darme la vida, por su amor infinito, su apoyo incondicional, sus sacrificios y motivación constante, y sobre todo la confianza que depositaron en mí.

A mi hermano: Kelvin Orlando Rivera Avalos por su cariño infinito que me acompaña siempre, por su apoyo incondicional y motivación constante.

A Cheyler Montenegro Olivera mi amado compañero de vida por su amor, paciencia y apoyo incondicional acompañándome en cada etapa de este camino.

A mis abuelos: Rufina Santiago Lino y Gregorio Espíritu Alania, que desde el cielo siguen iluminando mi camino con su amor y bendiciones. Con profundo cariño y gratitud, les dedico este logro.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios y a mi familia por su apoyo incondicional y la confianza que me brindaron desde un inicio para lograr mis objetivos como profesional.

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva por ser el alma mater de mi formación profesional.

A mis asesores, Dr. Rizal Robles H., Ing. Walter Paredes O., Dr. Juan Choque T. quiero expresar mi especial agradecimiento y respeto, por brindarme su apoyo, sabiduría durante el desarrollo de esta investigación.

A mis jurados, Ing. M. Sc. Juan Lao Gonzáles, Dr. Carlos Arévalo Arévalo, M.V. Lizandro Tafur Zevallos, por el interés, apoyo y su paciencia.

A los docentes por sus enseñanzas, sus conocimientos y consejos durante los años de estudio.

## ÍNDICE GENERAL

Capítulo	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo general .....	2
1.2. Objetivos específicos.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
2.1. Antecedentes.....	4
2.2. Bases teóricas .....	6
2.2.1. Arginina.....	6
2.2.2. Importancia de la arginina .....	7
2.2.3. Absorción, metabolismo y función de la arginina.....	7
2.2.4. Generalidades del pollo de engorde.....	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
3.1. Lugar de ejecución.....	14
3.2. Tipo de investigación .....	14
3.3. Instalaciones, materiales y equipos .....	14
3.4. Animales experimentales.....	14
3.5. Insumo en estudio.....	15
3.6. Raciones experimentales y alimentación.....	15
3.7. Sanidad .....	18
3.8. Variable independiente .....	18
3.9. Tratamiento experimental.....	19
3.10. Esquema de distribución de tratamiento.....	19
3.11. Variables dependientes .....	19
3.12. Metodología.....	20
3.12.1. Ganancia diaria de peso .....	20
3.12.2. Consumo diario de alimento.....	20
3.12.3. Conversión alimenticia.....	20

3.12.4. Rendimiento de carcasa .....	20
3.12.5. Peso relativo de la Bursa de Fabricio, timo y bazo .....	21
3.12.6. Índice de temperatura y humedad (ITH) .....	21
3.12.7. Beneficio neto.....	22
3.12.8. Merito económico.....	22
3.13. Análisis estadísticos.....	22
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	15
4.1. Rendimiento productivo .....	15
4.2. Desempeño biológico .....	29
4.3. Variables climatológicas.....	30
4.4. Variables económicas .....	33
V. CONCLUSIONES.....	25
VI. PROPUESTAS A FUTURO .....	36
VII. REFERENCIAS .....	38

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Estructura porcentual y nutritiva de raciones para aves de inicio entre 1 a 7 días de cría según. .....	15
2. Estructura porcentual y nutritiva de raciones para aves de crecimiento entre 8 a 21 días de cría. ....	16
3. Estructura porcentual y nutritiva de raciones para aves de acabado entre 22 a 33 días de cría .....	17
4. Rendimiento productivo de pollos de engorde en la fase inicial alimentados con dietas suplementadas con distintos niveles de arginina digestible.....	15
5. Rendimiento productivo de pollos de engorde en la fase de crecimiento alimentados con dietas suplementadas con distintos niveles de arginina digestible .....	26
6. Rendimiento productivo de pollos de engorde en la fase de acabado alimentados con dietas suplementadas con distintos niveles de arginina digestible.....	28
7. Rendimiento productivo de pollos de engorde en el periodo total (1 a 33) alimentados con dietas suplementadas con distintos niveles de arginina digestible .....	29
8. Rendimiento productivo de pollos de engorde en el periodo total alimentados con dietas suplementadas con distintos niveles de arginina digestible.....	29
9. Beneficio neto (BN) y rendimiento económico (ME) de pollos de engorde alimentados con dietas suplementadas con distintos niveles de arginina.....	33

## ÍNDICE DE FIGURA

Figura	Página
1. Comportamiento de temperatura, humedad e índice de temperatura y humedad (ITH) en el galpón experimental durante 33 días de ensayo. ....	31

## RESUMEN

El trabajo se realizó en la unidad de aves del Centro de Producción e Investigación Granja Zootecnia-UNAS, Tingo María – Huánuco, con el objetivo de evaluar la suplementación de arginina sobre el desempeño bioeconómico de pollos Cobb 500 en fases de inicio, crecimiento y acabado, se emplearon 210 pollos machos de un día de edad con un peso inicial promedio de  $42.65 \pm 0.75$  g, adquiridos en la ciudad de Lima, distribuidos en un Diseño Completamente al Azar con covariable para controlar el peso inicial en cada una de las fases evaluadas, con tres tratamientos, siete repeticiones y ocho pollos por repetición, los tratamientos evaluados fueron T1: Dieta con 100% de los requerimientos de arginina, T2: Dieta con 130% de los requerimientos de arginina y T3: Dieta con 160% de los requerimientos de arginina. Los resultados muestran que la ganancia de peso, consumo de alimento y la conversión alimenticia de pollos en todas las fases y en el periodo total ( $p>0.05$ ) no fueron influenciados por los tratamientos a excepción de la fase de crecimiento donde los pollos consumieron más alimento con el T1 y la conversión alimenticia fue más eficiente en los pollos alimentados con los T2 y T3: entretanto, económicamente fue menor cada vez que se adicionó mayor nivel de arginina en las dietas de los pollos. Se concluye que la suplementación con arginina al 100%, 130% y 160% de las recomendaciones de Rostagno et al. (2017) no tuvo un impacto significativo en los índices zootécnicos y biológicos.

**Palabras clave:** Bursa, conversión alimenticia, pollos parrilleros, mérito económico.

## **Supplementing Arginine on the Productive and Economic Performance of Male Cobb 500 Chickens During the Initial, Growth and Finishing Phases**

### **Abstract**

The work was done at the [school of] zootechnic's farm in the bird unit, within the center for production and research [at the] UNAS (acronym in Spanish), [in] Tingo Maria, Huánuco, [Peru], with the objective of evaluating the [effect of] supplementing with arginine on the bioeconomic performance of Cobb 500 chickens during the initial, growth and finishing phases. Two hundred ten male chickens at one day of age, with an average initial weight of  $42.65 \pm 0.75$  g were used, acquired in the city of Lima; [they were] distributed in a completely randomized design, with a covariable in order to control the initial weight for each of the phases that were evaluated, with three treatments, seven repetitions and eight chickens per repetition. The treatments that were evaluated were: T1: diet with 100% of the arginine requirements, T2: diet with 130% of the arginine requirements and T3: diet with 160% of the arginine requirements. The results showed that the weight gain, feed consumption and feed conversion for the chickens during all of the phases and for the total period ( $p > 0.05$ ) were not influenced by the treatments, with the exception of the growth phase, where the chickens consumed more feed for T1 and the feed conversion was more efficient in the chickens fed with T2 and T3; however, economically, there was a decrease each time the arginine was added at a greater level in the chickens' diets. It was concluded that supplementing with arginine at 100%, 130% and 160% of the recommendations made by Rostagno et al. (2017) had no significant impact on the zootechnical nor the biological indices.

**Keywords:** bursa of Fabricius, feed conversion, broiler chickens, economic merit.

## I. INTRODUCCIÓN

Esta investigación se pretende realizar considerando que la crianza de pollos es una práctica rentable para los grandes y pequeños productores del Perú y países vecinos. La mayor parte de la producción de pollo está en manos de grandes y medianas empresas. Sin embargo, los productores pequeños que recién comienzan a criar carecen del conocimiento y la capacidad para formular dietas balanceadas que ayude el óptimo desarrollo de las aves para lograr un excelente desempeño productivo y a la vez económico y así cubrir la creciente demanda que existe de estos animales a nivel local y nacional lo que mejora la rentabilidad en la crianza avícola.

La industria avícola es una de las principales actividades económicas del sector pecuario, debido a su capacidad para satisfacer la creciente demanda de proteína animal tanto a nivel global como nacional. En el Perú, esta actividad está concentrada principalmente en la costa, con un predominio de líneas genéticas como Ross y Cobb, especialmente en las regiones de Lima, Ica y Trujillo. Este sector constituye el principal proveedor de proteína animal en el país, representando el 67% del consumo total de proteínas de origen animal por parte de la población. Además, la avicultura aporta el 23% de la producción agropecuaria y el 56% de la producción pecuaria nacional, según datos del Sistema Integrado de Estadística Agraria (2016).

Sin embargo, uno de los principales desafíos de la industria avícola peruana radica en la deficiencia nutricional de las dietas formuladas para aves, lo que puede derivar en un crecimiento subóptimo, una conversión alimenticia ineficiente y, en consecuencia, un desempeño productivo y económico limitado. Estas carencias afectan tanto a grandes como pequeños productores, siendo estos últimos los más afectados debido a sus limitaciones en la formulación de dietas balanceadas que aseguren una producción económicamente viable y permitan satisfacer la creciente demanda de carne de pollo en el mercado local y nacional.

Tradicionalmente, las dietas avícolas se formulaban en función del contenido de proteína cruda, lo que generaba desequilibrios en la proporción de aminoácidos esenciales y no esenciales, ocasionando pérdidas metabólicas y económicas significativas. Este desequilibrio no solo aumenta el catabolismo y la excreción de ácido úrico, sino que también incrementa el costo metabólico: mientras la síntesis de proteínas requiere 4 moles de ATP por aminoácido, su eliminación demanda hasta 6 moles ATP/g (Atencio et al., 2004). En la actualidad, las investigaciones nutricionales promueven la formulación de dietas basadas en

aminoácidos ideales, lo que permite maximizar la deposición proteica y minimizar las pérdidas metabólicas.

En este contexto, la arginina, un aminoácido esencial en las aves, juega un papel crítico en la síntesis proteica, el metabolismo energético y el desarrollo del sistema inmunológico. Sin embargo, en dietas basadas en harina de maíz y soya, la arginina es el quinto aminoácido limitante después de la metionina, lisina, treonina y valina (Vieira y Berres, 2007). Esta limitación se ve acentuada en aves de rápido crecimiento, como las de la línea Cobb 500, que tienen un requerimiento elevado de arginina debido a su alta tasa de deposición proteica y la interacción metabólica antagónica entre la lisina y la arginina (Ball et al., 2007).

Adicionalmente, las aves carecen de la enzima carbamoil fosfato sintasa 1 (CFS-1), lo que les impide sintetizar arginina de manera endógena (Khajali y Wideman, 2010). Por esta razón, la arginina debe ser suministrada a través de la dieta. Este aminoácido no solo es un nutriente clave para el crecimiento, sino que también desempeña funciones esenciales en la secreción de insulina, la regulación de la hormona del crecimiento y como modulador del sistema inmune (Wu, 2013).

A pesar de su importancia, el alto costo de la arginina sintética puede limitar su implementación, especialmente en dietas formuladas para maximizar el desempeño productivo de los pollos. Esto plantea interrogantes sobre la relación costo-beneficio de su suplementación y su impacto real en los parámetros productivos y económicos.

A partir de esta problemática, se formula la siguiente interrogante de investigación: ¿Cuál es el efecto de la suplementación de arginina dietaria sobre el desempeño productivo y económico de pollos machos Cobb 500 en las fases de inicio, crecimiento y acabado?

Para responder a esta interrogante, se planteó la hipótesis: la suplementación extra de 30% y 60% de arginina dietaria afecta significativamente el desempeño productivo y económico de pollos machos Cobb 500, permitiendo optimizar los parámetros de crecimiento y conversión alimenticia de manera rentable.

### **1.1. Objetivo general**

Determinar el efecto de la inclusión de arginina dietario en el desempeño productivo y económico en pollos macho Cobb 500 en la etapa de inicio, crecimiento y acabado.

## **1.2. Objetivos específicos**

- Determinar la ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y mortalidad en pollos macho COBB 500, de 1 a 33 días de edad alimentados con raciones suplementadas con arginina sintética.
- Determinar el rendimiento de carcasa y peso relativo de la Bursa de Fabricio, Timo y Bazo en pollos macho COBB 500, de 1 a 33 días de edad alimentados con raciones suplementadas con arginina sintética.
- Determinar el índice de temperatura y humedad (ITH) del ambiente para pollos macho Cobb 500, de 1 a 33 días de edad alimentados con raciones suplementados con arginina sintética.
- Determinar el Beneficio neto y Merito económico en la crianza de pollos macho Cobb 500, de 1 a 33 días de edad alimentados con raciones suplementados con arginina sintética.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Antecedentes

Brugaletta et al. (2023) estudiaron la suplementación de la L-arginina en un 10% más de las necesidades recomendadas en pollos en las fases de inicio de 0 a 9 días, crecimiento I de 10 a 21 días, crecimiento II de 22 a 35 días y acabado de 36 a 49 días de edad, donde evaluaron el desempeño productivo en 630 pollos parrilleros machos Ross 308 de un día de edad con dos tratamientos, siete repeticiones y cada repetición con 49 aves, donde observaron mejor conversión alimenticia en pollos suplementados con 10% más de arginina que aquellos no suplementados, en las fases de inicio y crecimiento I; entretanto en la fase de crecimiento II no hubo efecto ( $p>0.05$ ) de la suplementación de L-arginina; pero en la fase de acabado se observó apenas mejor peso corporal en pollos suplementados en referencia a los no suplementados.

Filho et al. (2021) realizaron un experimento en un diseño factorial  $5 \times 2$ , con cinco concentraciones de L-arginina en las dietas (1.2, 1.49, 1.77, 2.04 y 2.29%) y dos sexos (machos y hembras) de 29 a 42 días de edad, criados en jaulas, con seis repeticiones de 23 pollos por jaula haciendo un total de 690 pollos hembras y machos. Los autores evaluaron el desempeño productivo, demostrando que ( $p>0.05$ ) los pollos machos mostraron mayor ganancia de peso y mejor conversión alimenticia que las hembras y en cuanto al efecto de los niveles de suplementación de arginina sintética en las dietas se observó mejor conversión alimenticia cuando la suplementación fue en mayores niveles; sin embargo, la suplementación de la dieta de pollos de engorde machos o hembras de 29 a 42 días de edad con L-arginina a una concentración de 2.03% representa una estrategia nutricional para mejorar la conversión alimenticia y reducir los triacilglicéridos circulantes.

Khaleel & Saed (2023) estudiaron la suplementación de diferentes niveles de L-arginina y vitamina C en dietas de pollos parrilleros sobre los parámetros productivos e engorde, 150 pollos de engorde machos y hembras de la línea Ross 308 de un día de edad, fueron distribuidos en cinco tratamientos (T1: control, T2: 0.1% de arginina, T3: 0.15% de arginina, T4: 0.2% de arginina y T5: 300 mg/kg de alimento de vitamina C, con tres repeticiones y 10 aves por repetición. Los resultados del estudio revelaron que la utilización de los niveles especificados de arginina y vitamina C en las dietas no tuvo ningún impacto significativo en el rendimiento productivo, fisiológico y bioquímicos de los pollos de engorde.

Pérez, G., (2010) evaluaron los efectos de la suplementación con arginina (ARG) y vitamina E (VE) en la respuesta inmunitaria de pollos de engorde infectados experimentalmente con *Eimeria* spp. Se utilizaron 300 pollos divididos en seis grupos, con tres niveles de ARG (1.44%, 1.74%, 2.04%) y dos de VE (40 y 80 UI/kg). Los resultados mostraron que la dieta VE80-MARG mantuvo altos niveles de IgG, mientras que VE40-NARG produjo la mayor concentración de IgA. Las aves con VE80 y MARG aumentaron el estallido oxidativo de heterófilos y monocitos. Además, a los 31 días, las aves con HARG y VE80 presentaron menos lesiones en el intestino superior y medio, respectivamente. Estos hallazgos sugieren que ARG y VE juegan roles complementarios en la mejora de la respuesta inmune frente a la coccidiosis.

Miranda et al., (2021) estudiaron la relación entre arginina y lisina (Arg:Lys) en el rendimiento productivo y las características de la canal de pollos de engorde. El ensayo incluyó 1120 pollos de un día de edad, distribuidos aleatoriamente en 7 tratamientos, 4 repeticiones con 40 aves cada una, evaluados con un periodo de 35 días. Las relaciones Arg:Lys probadas fueron 1.04, 1.05, 1.06, 1.07, 1.08, 1.09 y 1.10. Durante la etapa inicial, no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en el peso vivo, la conversión alimenticia (CA) ni en la viabilidad, pero las relaciones de 1.04 y 1.05 incrementaron significativamente el consumo de alimento (CA) ( $p \leq 0.05$ ). En la etapa de desarrollo, la relación de 1.07 mostró el mayor PV, mientras que las relaciones de 1.06 y 1.07 mejoraron la CA. En esta misma etapa, las relaciones de 1.05, 1.07, 1.09 y 1.10 incrementaron el CA ( $p \leq 0.05$ ). En la etapa de final, la relación de 1.10 mejoró la CA ( $p \leq 0.05$ ), pero no se observaron cambios significativos en el PV ni en el CA ( $p > 0.05$ ). Además, la relación de 1.05 incrementó el porcentaje de hígado y molleja ( $p \leq 0.05$ ). En general, la relación Arginina - Lysina de hasta 1.10 no influyó significativamente en el comportamiento productivo ni en las porciones comestibles de los pollos.

Morales et al., (1994) Investigaron el impacto de diferentes concentraciones de arginina en dietas formuladas a base de sorgo, pasta de soya, gluten de maíz y harina de pescado, con variaciones en los niveles de proteína cruda (PC) y la inclusión o exclusión de L-treonina. Se llevaron a cabo tres ensayos con pollos Cobb 500 durante las primeras cuatro semanas de vida. En el primer ensayo, las dietas contenían un 22% de PC y dos niveles de arginina total (1.32% y 1.40%), con y sin la incorporación de L-treonina (0.03-0.06%), utilizando un diseño factorial  $2 \times 3$ . No se observaron diferencias significativas en la ganancia de peso entre los niveles de arginina ni con la inclusión de L-treonina; sin embargo, la conversión alimenticia resultó más eficiente con una concentración de arginina del 1.32%.

En el segundo experimento, las dietas contenían 21% de PC y niveles de arginina de 1.20%, 1.25% y 1.30%, con la adición de 0.03% de L-treonina. Se observó un menor crecimiento en pollos alimentados con 1.20% de arginina, independientemente de la adición de treonina. En el tercer experimento, las dietas contenían 20% de PC y niveles de arginina de 1.21% y 1.28%, con y sin L-treonina. Los pollos alimentados con un 1.28% de arginina mostraron mayores ganancias de peso. En conjunto, los resultados sugieren que las dietas formuladas con niveles óptimos de arginina, cercanos al 1.25%, son adecuadas para maximizar el desempeño productivo de pollos de engorde (Morales et al., 1994).

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Arginina**

La Arginina es como uno de los aminoácidos más versátiles en células animales, también es un potente secretagogo, que potencia la secreción de insulina, la hormona del crecimiento y el IGF-I en el torrente sanguíneo (Newsholme et al. 2005). Las concentraciones de poliamina en los tejidos de las aves son particularmente sensibles a las manipulaciones dietéticas de los niveles de Arginina. Debido a la falta de un ciclo funcional de la urea, las aves dependen de una fuente exógena de Arginina para formar ornitina, que en los mamíferos se deriva del ácido glutámico. La putrescina se forma por descarboxilación de la ornitina, y la espermina y la espermidina se obtienen a partir de la putrescina en presencia de S-adenosilmetionina descarboxilasa, que se deriva de la metionina; por tanto, tanto la arginina como la metionina están involucradas en su síntesis (Murakami et al. 2007).

Estas aminas biogénicas también se consideran factores locales nutricionalmente importantes para el crecimiento y la formación y maduración de la mucosa en el intestino delgado y el colon. La falta de poliaminas inhibe la proliferación, migración, y apoptosis de las células del intestino. Como precursor de las poliaminas, La arginina puede considerarse un agente trófico en el impulso al crecimiento y maduración de la mucosa intestinal, acelerando el proceso mitótico en la región de las criptas de las vellosidades con el consiguiente aumento del número y tamaño de las células de las vellosidades (Murakami et al. 2007).

A pesar del gran crecimiento del intestino delgado en la primera semana después de la eclosión, no está completamente maduro para los procesos de digestión y absorción. Como resultado, los pollos de engorde exhiben una correlación negativa entre el consumo de alimento y la digestibilidad de los nutrientes en la primera semana de vida. Sin embargo, después de la segunda semana de vida, esta correlación se vuelve positiva debido a la optimización del crecimiento intestinal y la actividad enzimática (Murakami et al. 2007).

Según Wu (2009), los aminoácidos inducen mecanismos de transcripción génica al activar importantes enzimas del proceso mitótico intestinal, como la glutamina en la inducción de la ornitina-descarboxilasa, la enzima responsable de la descarboxilación de la ornitina en la síntesis de poliaminas. También regulan la expresión génica en procesos muy específicos que implican la transferencia de información codificada de un gen a su producto (ARN y/o proteína). En mamíferos, la investigación ha demostrado que la suplementación dietética con Arginina y glicina (Gln) puede aumentar la expresión de genes antioxidantes y reducir la expresión de genes proinflamatorios en el intestino delgado y el tejido adiposo.

La ineficiencia de la síntesis de arginina en aves se produce por la ausencia de la enzima carbamoil fosfatasa sintasa 1 (CFS-1), imposibilitando la formación del producto carbamoil fosfato, que luego sería el reactivo junto con la L-ornitina para la acción de la enzima ornitina transcarboxilasa (OTC) obteniendo L-citrulina como producto (Khajali; Wideman, 2010).

### **2.2.2. Importancia de la arginina**

La arginina es un aminoácido esencial para las aves, siendo el quinto aminoácido limitante después de la metionina + cistina, lisina, treonina y triptófano (Atencio et al., 2004) y ha sido objeto de gran interés por ser uno de los aminoácidos más importantes involucrada en funciones inmunes (Ren et al., 2014), demostrando que es necesaria para respuestas inmunes óptimas (Kidd et al., 2001) y puede ayudar en situaciones donde hay una reducción en la respuesta inmune asociada a condiciones de estrés, como en caso de estrés por calor.

Las aves, a diferencia de los mamíferos que tienen la capacidad de convertir el exceso de nitrógeno del organismo en urea para su posterior eliminación, sintetizan ácido úrico como metabolito final (Ribeiro et al., 2015). Por lo tanto, las aves no sintetizan arginina porque son uricotélicas y necesitan recibir gran parte de la arginina en la dieta, la cual juega un papel importante en la nutrición, el metabolismo y la salud.

### **2.2.3. Absorción, metabolismo y función de la arginina**

La arginina de la dieta presente en la luz intestinal se absorbe a través de la capa epitelial mediante 2 tipos de transporte: Transporte dependiente de Na<sup>+</sup>, que provoca un gasto energético mediante el uso de la bomba sodio-potasio, actuando contra un gradiente de concentración, a diferencia del transporte independiente del sodio. (dependiente de H<sup>+</sup>), que actúa a favor del gradiente de concentración, que es el más efectivo en el transporte de arginina (Khajali; Wideman, 2010).

Las interacciones bioquímicas de la L-arginina en el organismo animal son complejas e involucran muchas vías metabólicas, siendo este aminoácido precursor de varios otros compuestos como: ornitina, poliaminas (putrecina, espermidina y espermina), prolina (precursor del colágeno), creatina, citrulina y óxido nítrico. Además, tiene funciones en la liberación de insulina por las células  $\beta$  del páncreas y la hormona de crecimiento, además de desempeñar un papel inmunomodulador al servir como sustrato para el sistema inmunológico (Wu, 2013).

La L-arginina se hidroliza por acción de la enzima arginasa, formando una molécula de urea y otra de L-ornitina. La L-ornitina transfiere el grupo amino, por acción de la enzima ornitina aminotransferasa, al 2-oxoglutarato produciendo glutamato y L-delta-pirrolina-5-fosfato que sufre reducción formando L-prolina (Fernández; Murakami, 2010; Khajali; Wideman, 2010; Wu, 2013).

La L-prolina es importante en la composición de proteínas estructurales como el colágeno, desempeña un papel clave en la regulación de la expresión génica y la diferenciación celular, la curación de heridas, las reacciones antioxidantes y la respuesta inmune, así como en la síntesis de poliaminas y glutamato (Wu et al., 2011).

La creatina, al fosforilarse, forma fosfocreatina, que es una reserva energética para estos tejidos y, por tanto, es muy importante en el metabolismo energético de las aves, principalmente en los tejidos nervioso y muscular. La molécula de fosfocreatina, en situaciones de intenso gasto energético, puede suplir las necesidades energéticas de las aves mediante la rápida regeneración de adenosina difosfato (ADP) a adenosina trifosfato (ATP), y este suministro se mantiene por un corto período de tiempo (Wu, 2013).

Chamruspollert et al. (2004) detectaron que los pollos sometidos a estrés por calor (criados a 35 °C) tenían menor actividad de arginasa renal y menores cantidades de creatina y creatinina en sus excrementos que los pollos criados a 25 °C. La arginina es convertida en óxido nítrico por la enzima óxido nítrico sintetasa (NOS), que constituye la principal molécula reguladora del sistema inmunitario y es el principal mediador citotóxico y citostático de las células inmunitarias, favoreciendo la destrucción de microorganismos, parásitos y células tumorales. Durante los procesos infecciosos, células activadas como macrófagos, neutrófilos y células endoteliales liberan simultáneamente óxido nítrico (NO) y especies reactivas de oxígeno. La acción citotóxica indirecta del NO se basa principalmente en su interacción con estos intermediarios del oxígeno (Dusse et al., 2003).

Murakami et al. (2012) al suplementar con arginina en la dieta de pollos de engorde, también observaron una mejora en el rendimiento y morfometría del intestino delgado, especialmente en la primera semana.

Un estudio con suplementos de arginina en aves mostró una reducción de los efectos negativos de *Eimeria* en el rendimiento y mejoras en los índices morfológicos intestinales de los pollos de engorde, con efectos en la altura de las vellosidades y la profundidad de las criptas, y una disminución en el grosor de la capa muscular y reducción de recuento de ooquistes fecales (Laika; Jahanian, 2017). También hubo un aumento en las concentraciones séricas de hormona de crecimiento, peso del timo, proliferación de linfocitos, títulos de anticuerpos para la enfermedad de Newcastle, IgA e IFN- $\gamma$ , y concentración sérica de IgM (Xu et al., 2018).

Esser et al. (2017) suplementaron dietas vegetales con arginina al 0,8%, lo que resultó en un mayor peso de la canal y rendimiento de pechuga, además de una menor deposición de grasa abdominal en pollos de engorde sometidos a estrés por calor durante dos días antes del sacrificio.

La arginina es un aminoácido esencial en aves, desempeñando un papel crucial en el desarrollo y función del sistema inmunológico de los pollos. Su influencia se manifiesta en órganos linfoides primarios como el timo y la bursa de Fabricio, y en órganos secundarios como el bazo. El timo es un órgano fundamental en la maduración de linfocitos T, esenciales para la respuesta inmune celular. Dietas deficientes en arginina pueden conducir a una involución del timo, reduciendo su tamaño y afectando negativamente la producción de linfocitos T. Esto compromete la capacidad del ave para enfrentar infecciones. Estudios han demostrado que niveles adecuados de arginina en la dieta promueven un desarrollo óptimo del timo, mejorando la respuesta inmune (Pulido et al., 2004).

La bursa de Fabricio es el órgano principal para la maduración de linfocitos B, responsables de la producción de anticuerpos. Una deficiencia de arginina puede resultar en una bursa subdesarrollada, disminuyendo la producción de linfocitos B y, por ende, la capacidad de generar anticuerpos efectivos. La suplementación adecuada de arginina en la dieta ha mostrado favorecer el desarrollo de la bursa, fortaleciendo la inmunidad humoral en pollos. En cuanto al **bazo** es un órgano linfóide secundario, el bazo filtra la sangre y participa en la respuesta inmune. Aunque su desarrollo no depende directamente de la arginina, una dieta equilibrada en este aminoácido contribuye al mantenimiento general del sistema inmunológico, asegurando que órganos como el bazo funcionen de manera óptima (Pulido et al., 2004).

Oscar J. y Robin M. (2009) el timo es un órgano linfoide primario que se encuentra a lo largo del nervio vago, en paralelo con la vena yugular, y se extiende desde la entrada de la cavidad torácica hasta la tercera vértebra cervical. Este órgano, de origen ectodérmico, completa su desarrollo alrededor del día 15 de incubación. Su estructura incluye una corteza, rica en linfocitos, y una médula. En las aves, el timo consta de entre 7 y 8 lóbulos en cada lado del cuerpo y está estrechamente relacionado con la inmunidad celular. A medida que el ave alcanza la madurez sexual, el timo experimenta una atrofia y se integra en el tejido adiposo cervical, aunque conserva cierta actividad funcional.

Durante la embriogénesis, las células T precursoras, derivadas de las células madre de la aorta torácica, ingresan al timo en tres fases. Estas fases ocurren en momentos específicos: la primera inicia en el día 6.5, la segunda en el día 12, y la tercera en el día 18, con una duración de aproximadamente 1.5 a 2 días cada una. Tras cada oleada, se lleva a cabo una intensa proliferación y maduración de linfocitos, acompañada de la colonización de la corteza del timo, un proceso que se completa en tres días (Oscar J. y Robin M., 2009).

Por su parte, la Bolsa de Fabricio, ubicada sobre la cloaca, se forma a partir de la interacción entre el ectodermo y el endodermo, desarrollándose a partir de la membrana del urodeo. Este órgano aparece al quinto día de incubación y presenta pliegues que contienen corteza y médula, desempeñando un papel clave en la respuesta humoral. Su crecimiento se produce entre la tercera y la duodécima semana de vida, mientras que su involución ocurre entre la duodécima y la vigésima quinta semana (Oscar J. y Robin M., 2009).

La Bolsa de Fabricio proporciona un entorno adecuado para la proliferación de células B, albergando aproximadamente 10,000 folículos, cada uno con entre 2 y 4 células B precursoras que se desarrollan en células B maduras. Este órgano facilita los procesos de reconversión genética en las células B, pero no realiza los arreglos genéticos ni la producción de inmunoglobulinas en la superficie celular. En la zona cortico-medular se encuentran células interdigitantes y estromales, que son clave para la maduración de las células B. La división celular tiene lugar en la corteza, y posteriormente, los linfocitos migran hacia la médula. No ocurre migración entre folículos. En el embrión, las células B se duplican diariamente, mientras que en los pollitos la duplicación se da semanalmente. El desarrollo de las células B depende de la presencia de inmunoglobulinas de superficie (S-Ig). Después del nacimiento, la Bolsa de Fabricio induce la apoptosis para eliminar las células innecesarias o aquellas que no presentan la 5-Ig (Oscar J. y Robin M., 2009).

Oscar J. y Robin M. (2009) Los antígenos ambientales que ingresan a la Bolsa de Fabricio a través del peristaltismo inverso de la cloaca desempeñan un papel crucial en el

desarrollo de los linfocitos B. El epitelio de los folículos tiene la capacidad de pinocitosis, lo que le permite transportar antígenos del entorno hacia la médula y la corteza. Las células B en desarrollo se exponen a estos antígenos, lo que inicia el proceso de formación de células B, aunque no induce una activación ni una respuesta de anticuerpos. Las células B iniciadas migran hacia la periferia para continuar su desarrollo, mientras que las no iniciadas mueren en la médula ósea.

El timo es un órgano linfoide primario situado a lo largo del nervio vago, paralelo a la yugular, y se extiende desde la entrada de la cavidad torácica hasta la tercera vértebra cervical. Se origina del ectoendodermo y está completamente formado hacia el día 15 de incubación según Oscar J. y Robin M. (2009). Se divide en corteza y médula, siendo la corteza rica en linfocitos. En las aves, el timo tiene varios lóbulos, entre 7 y 8 a cada lado, y está asociado con la inmunidad celular. Con la madurez sexual, el timo se atrofia y se integra en la grasa cervical, aunque sigue siendo funcional.

Las células T precursoras, originadas en las células madre de la aorta torácica, ingresan al timo en tres oleadas durante la embriogénesis. La primera oleada comienza en el día 6.5, la segunda en el día 12, y la tercera en el día 18, con cada oleada durando entre 1.5 y 2 días. Después de cada migración, se produce una intensa proliferación y maduración de linfocitos, y la corteza del timo se coloniza, un proceso que dura tres días (Oscar J. y Robin M., 2009).

El-fiky et al. (2024) estudió el efecto de la suplementación de L-arginina en huevos fértiles sobre el peso de la Bolsa de Fabricio, el timo y el bazo. En el día 14, los pesos proporcionales de la Bolsa de Fabricio, el timo y el bazo fueron significativamente mayores en los grupos tratados con 1% y 3% de L-arginina mediante ovoinyección, en comparación con los grupos de control ( $P \leq 0.01$ ). Además, los pollitos nacidos de huevos inyectados con 1% y 3% de L-arginina mostraron aumentos significativos ( $p < 0.01$ ) en la concentración sérica de IgG.

Se considera que el requerimiento de arginina para una respuesta inmune óptima, tanto celular como humoral, en aves de corral es mayor que el necesario para una tasa máxima de crecimiento (Jahanian, 2009). La mayor demanda de arginina durante infecciones entéricas, como la coccidiosis, podría estar relacionada con su rol en la síntesis de poliaminas, fundamentales para la reparación del tejido mucoso (Rochell et al., 2017). En este contexto, el cuerpo prioriza la respuesta inmune sobre la deposición de proteínas en situaciones de estrés (Nogueira et al., 2021), lo que reduce la disponibilidad metabólica de arginina e impacta negativamente en el crecimiento (Allen y Fetterer, 2000). De manera similar, durante períodos

de estrés, especialmente el estrés por calor, la captación de arginina, tanto dependiente como independiente del sodio, se ve reducida, lo que aumenta el requerimiento de arginina en las aves (Khajali y Wideman, 2010).

#### **2.2.4. Generalidades del pollo de engorde**

##### **Desempeño productivo de pollos Cobb 500**

Los pollos de engorde han sido criados con el objetivo de alcanzar un peso corporal promedio de 2,5 kg en 42 días y una conversión alimenticia de 1,8 kg de alimento por cada kg de ganancia de peso. Sin embargo, parece que estamos alcanzando el límite en cuanto a eficiencia alimentaria y ganancia de peso, ya que cualquier intento de incrementar aún más la productividad podría tener repercusiones en los sistemas cardiopulmonar y óseo (Ferreira, 2009).

Los pollos de engorde Cobb serie 500 son robustos, de crecimiento rápido, alta eficiencia de conversión alimenticia y alto rendimiento de carne. Indicadores de producción para la línea Cobb 500, peso promedio acumulado en la primera semana 194 g, consumo de alimento 146 g, factor de conversión 0,75, peso en la segunda semana 534 g, consumo de alimento 547 g, factor de conversión 1,02, peso corporal en la tercera semana 1042 g, consumo de alimento 1263 g, índice 1,21, peso corporal de la cuarta semana, índice 4,675 g, índice de consumo 2273 g, índice de consumo de alimento 1,36, índice de consumo de 5 semanas 2392 g, consumo de alimento 3540 g e índice de conversión alimenticia 1,48 (Cobb, 2018).

##### **Requerimientos nutricionales de los pollos de engorde**

Rostagno et al. (2017) se menciona que factores como la raza, genética, sexo, consumo de alimento, contenido energético de la dieta, disponibilidad de nutrientes, temperatura ambiental y humedad son algunos de los elementos que pueden influir en los requerimientos nutricionales de las aves. Además, se establece que las dietas para pollos de engorde machos durante las primeras tres semanas de vida deben contener un 22% de proteína cruda total. Para las semanas 4, 5 y 6, las dietas se formulan con un menor porcentaje de proteína cruda total, proponiendo valores entre el 19% y 20%, en comparación con los porcentajes iniciales.

Según el suplemento informativo sobre rendimiento y nutrición de los pollos de engorde Cobb 500 (2018), se recomienda que el porcentaje de nutrientes en esta línea se divida en cuatro etapas: para la fase de inicio, se sugiere un 23-24% de proteína; en la fase de crecimiento, un 21-22%; en el finalizador 1, un 19-21%; y en el finalizador 2, un 18-19%. En cuanto a la energía metabolizable (EM), las recomendaciones varían según la etapa: en inicio

debe ser de 2.850-3.000 kcal/kg; en crecimiento, de 2.900-3.050 kcal/kg; en finalizador 1, de 2.950-3.100 kcal/kg; y en finalizador 2, de 3.050-3.170 kcal/kg.

El propósito fundamental de la alimentación en la avicultura es satisfacer las necesidades nutricionales de los pollos a lo largo de todas las fases de inicio, crecimiento y engorde, con el fin de lograr mejoras en los indicadores de rendimiento y, en consecuencia, incrementar de manera constante la rentabilidad. Para lograrlo, es necesario formular una dieta balanceada que incluya nutrientes clave como proteínas, energía metabólica, minerales y vitaminas para asegurar un crecimiento adecuado y un rendimiento óptimo (Quishpe, 2006).

El alimento comercial balanceado para pollos de engorde contiene un valor de proteína del 18 % al 24 %, grasa del 3 % al 4 %, en términos de fibra se declara que no supera el 5 %, además, la densidad calórica por kg de alimento es de 3,2 mega calorías (Mc Donald et al 2006). Según Cobb Vantress 500 (2012), las recomendaciones nutricionales para pollo de engorde en la etapa de inicio son de 21-22% la proteína bruta, 3008 kcal/kg de EM, 1% de valina, 0.5% de metionina, 1.32% lisina, 0.2% de triptófano, 0.86% treonina y 1.38% de arginina.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Lugar de ejecución**

La investigación se desarrolló en la unidad avícola de la Granja Zootécnica, perteneciente a la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), ubicada en la ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, en la región Huánuco. Esta zona se encuentra a una altitud de 648 metros sobre el nivel del mar, con coordenadas geográficas de 9°17'54" de latitud sur y 76°0'1" de longitud oeste. El clima presenta una temperatura promedio anual de 28 °C, una humedad relativa del 84% y una precipitación anual aproximada de 3194 mm. La temporada de lluvias abarca de octubre a abril, mientras que el periodo seco se extiende de mayo a septiembre. Desde el punto de vista ecológico, la región se clasifica como un bosque húmedo premontano tropical. El experimento se llevó a cabo durante dos meses, entre marzo y abril del año 2023.

#### **3.2. Tipo de investigación**

El estudio corresponde a una investigación experimental.

#### **3.3. Instalaciones, materiales y equipos**

El experimento se llevó a cabo en el galpón N° 5 de la unidad avícola del Centro de Capacitación e Investigación de la Granja Zootécnica, perteneciente a la Facultad de Zootecnia. Este galpón tiene unas dimensiones de 24.74 m de largo, 9.72 m de ancho y 3.2 m de altura, con un piso de concreto y una inclinación del 3%. Su estructura está formada por vigas y postes de madera, techo de calamina a dos aguas con una claraboya, y paredes de malla metálica tipo gallinero. La parte más alta del techo alcanza los 4.2 m, con una claraboya de 0.6 m de apertura y 26 m de largo. Dentro del galpón se colocaron 21 jaulas experimentales hechas de malla metálica, con dimensiones de 1.25 × 0.8 × 0.7 m (largo × ancho × altura). Estas jaulas estaban equipadas con cama de viruta, un comedero tipo tolva y un bebedero sin asa.

#### **3.4. Animales experimentales**

Se trabajó con 168 pollos machos de un día de edad de la línea genética Cobb 500, con un peso inicial promedio de  $42.65 \pm 0.75$  g. Los pollos fueron adquiridos en la ciudad de Lima y distribuidos en tres tratamientos, con siete repeticiones por tratamiento.

Cada repetición constó de ocho aves, bajo condiciones de manejo uniformes durante toda la prueba.

Las fases evaluadas fueron las siguientes:

- Etapa de inicio: del día 1 al día 7.
- Etapa de crecimiento: del día 8 al día 21.
- Etapa de acabado: del día 22 al día 33.
- Periodo total: desde el día 1 hasta el día 33.

### 3.5. Insumo en estudio

Se utilizó el aminoácido sintético **L-arginina**, de nombre comercial *L-Arginine*, con un porcentaje de pureza al 98.5% fabricado por CJ (Liaocheng) Biotech Co., Ltd., en la zona económica y de desarrollo de Liaocheng, Shandong, China. El producto es un polvo seco de color blanco que se añadió a las dietas experimentales en diferentes proporciones.

### 3.6. Raciones experimentales y alimentación

Se diseñaron tres dietas experimentales para las fases de inicio, crecimiento y acabado, basándose en las recomendaciones nutricionales propuestas por Rostagno et al. (2017).

Se formularon tres raciones experimentales para las fases de inicio, crecimiento y acabado, siguiendo las recomendaciones nutricionales de Rostagno et al. (2017). Las raciones difirieron en los niveles de suplementación de arginina, con un 30% y 60% más de arginina en los tratamientos 2 y 3, respectivamente, en comparación con el tratamiento 1. Los detalles de las formulaciones se presentan en las Tablas 1, 2 y 3.

Tabla 1. Estructura porcentual y nutritiva de raciones para aves de inicio entre 1 a 7 días de cría según.

INSUMOS	TRATAMIENTOS		
	T1	T2	T3
Aceite de palma	1.762	1.762	1.762
Maíz grano 8.8%	54.86	54.86	54.86
Torta de soja 46%	37.709	37.709	37.709
Carbonato de calcio	0.909	0.909	0.909
Fosfato bicalcico	2.059	2.059	2.059
Sal común	0.547	0.547	0.547
Inerte	0.897	0.464	0.030
BHT	0.05	0.05	0.05
Aflaban	0.050	0.050	0.050

Cocciostato	0.05	0.05	0.05
Premix	0.100	0.100	0.100
Cloruro de colina	0.100	0.100	0.100
BMD	0.100	0.100	0.100
L-Lisina 98%	0.342	0.342	0.342
DL-Metionina 99%	0.243	0.243	0.243
L-Treonina 98%	0.116	0.116	0.116
L-Valina 98%	0.084	0.084	0.084
L-Arginina 98.5%	0.022	0.455	0.889
<b>Precio, S./kg</b>	<b>2.62</b>	<b>2.84</b>	<b>3.063</b>
<b>TOTAL</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>
<b>VALORES NUTRICIONALES</b>			
Materia seca, (%)	91.604	91.604	91.604
Proteína bruta, (%)	23	23	23
Fibra bruta, (%)	2.431	2.431	2.431
Extracto etéreo, (%)	5.070	5.070	5.070
Energía Metabolizable, kcal/kg	3000.000	3000.000	3000.000
Sodio, (%)	0.230	0.230	0.230
Calcio, (%)	1.011	1.011	1.011
Fosforo disponible, (%)	0.482	0.482	0.482
Lisina digestible, (%)	1.364	1.364	1.364
Metionina digestible, (%)	0.548	0.548	0.548
Treonina digestible, (%)	0.882	0.882	0.882
Triptófano digestible, (%)	0.255	0.255	0.255
Valina digestible, (%)	1.029	1.029	1.029
Arginina digestible, (%)	1.430	1.859	2.288

Tabla 2. Estructura porcentual y nutritiva de raciones para aves de crecimiento entre 8 a 21 días de cría.

INSUMOS	TRATAMIENTOS		
	T1	T2	T3
Aceite de palma	3.40	3.40	3.40
Maíz grano 8.8%	54.43	54.43	54.43
Torta de soja 46%	36.80	36.80	36.80
Carbonato de calcio	0.798	0.798	0.798
Fosfato bicalcico	1.829	1.829	1.829
Sal común	0.218	0.218	0.218
Inerte	0.90	0.47	0.005
BHT	0.05	0.05	0.05
Aflaban	0.05	0.05	0.05
Cocciostato	0.05	0.05	0.05

Premix	0.100	0.100	0.100
Cloruro de colina	0.100	0.100	0.100
BMD	0.05	0.05	0.05
Lisina 98%	0.25	0.25	0.25
Metionina 99%	0.246	0.246	0.246
Treonina 98%	0.129	0.129	0.129
Valina 98%	0.108	0.108	0.108
Arginina 98.5%	0.043	0.469	0.894
<b>TOTAL</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>
<b>Precio, S./kg</b>	<b>2.68</b>	<b>2.89</b>	<b>3.10</b>
<b>VALORES NUTRICIONALES</b>			
Materia seca, (%)	91.791	91.791	91.791
Proteína bruta, (%)	22.000	22.000	22.000
Fibra bruta, (%)	2.339	2.339	2.339
Extracto etéreo, (%)	6.113	6.113	6.113
Energía Metabolizable, kcal/kg	3100.000	3100.000	3100.000
Sodio, (%)	0.221	0.221	0.221
Calcio, (%)	0.907	0.907	0.907
Fosforo disponible, (%)	0.432	0.432	0.432
Lisina digestible, (%)	1.306	1.306	1.306
Metionina digestible, (%)	0.535	0.535	0.535
Treonina digestible, (%)	0.862	0.862	0.862
Triptófano digestible, (%)	0.240	0.240	0.240
Valina digestible, (%)	1.006	1.006	1.006
Arginina digestible, (%)	1.397	1.8161	2.2172

Tabla 3. Estructura porcentual y nutritiva de raciones para aves de acabado entre 22 a 33 días de cría

INSUMOS	TRATAMIENTOS		
	T1	T2	T3
Aceite de palma	6.62	6.62	6.62
Maíz grano 8.8%	46.35	46.35	46.35
Torta de soja 46%	26.90	26.90	26.90
Afrecho de trigo	15.00	15.00	15.00
Carbonato de calcio	0.92	0.92	0.92
Fosfato bicalcico	1.22	1.22	1.22
Sal común	0.20	0.20	0.20
Inerte	1.00	0.610	0.230
BHT	0.05	0.05	0.05
Aflaban	0.05	0.050	0.025
Cocciostato	0.05	0.05	0.05
Premix	0.100	0.100	0.025

Cloruro de colina	0.10	0.10	0.10
Bicarbonato de sodio	0.44	0.44	0.44
Lisina 98%	0.33	0.33	0.33
Metionina 99%	0.24	0.24	0.24
Treonina 98%	0.17	0.17	0.17
Valina 98%	0.16	0.16	0.16
Arginina 98.5%	0.11	0.50	0.888
<b>TOTAL</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>
<b>Precio, S./kg</b>	<b>2.59</b>	<b>2.79</b>	<b>2.98</b>
<b>VALORES NUTRICIONALES</b>			
Materia seca, (%)	91.568	91.568	91.568
Proteína bruta, (%)	20.517	20.517	20.517
Fibra bruta, (%)	3.007	3.007	3.007
Extracto etéreo, (%)	10.000	10.000	10.000
Energía Metabolizable, kcal/kg	3200.000	3200.000	3200.000
Sodio, (%)	0.211	0.211	0.211
Calcio, (%)	0.822	0.822	0.822
Fosforo disponible, (%)	0.384	0.384	0.384
Lisina digestible, (%)	1.235	1.235	1.235
Metionina digestible, (%)	0.506	0.506	0.506
Treonina digestible, (%)	0.815	0.815	0.815
triptófano digestible, (%)	0.222	0.222	0.222
Valina digestible, (%)	0.951	0.951	0.951
Arginina digestible, (%)	1.32	1.71	2.11

### 3.7. Sanidad

Previo al inicio del experimento, se desinfectaron tanto el galpón como las jaulas experimentales utilizando detergente, lejía, formol y cal viva. Asimismo, los comederos y bebederos fueron sometidos a un proceso de desinfección. Como medida preventiva para reducir el riesgo de enfermedades, se colocó un pediluvio en la entrada del galpón.

El programa de vacunación consistió en administrar la vacuna triple aviar por vía ocular a los 7 días de edad, seguida de una segunda dosis a los 18 días. Además, el acceso al galpón por parte del personal estuvo restringido y condicionado al uso del pediluvio, como medida para asegurar la bioseguridad.

### 3.8. Variable independiente

Los niveles de arginina suplementada en las dietas constituyeron la variable independiente del estudio.

### 3.9. Tratamiento experimental

Los tratamientos experimentales fueron los siguientes:

- T1: Dieta con el 100% de los requerimientos de arginina digestible.
- T2: Dieta con el 130% de los requerimientos de arginina digestible.
- T3: Dieta con el 160% de los requerimientos de arginina digestible.

Los requerimientos de arginina en dietas de pollos parrilleros en sus diferentes fases fueron tomados de las recomendaciones de Rostagno et al. (2017).

### 3.10. Esquema de distribución de tratamiento

Los pollos fueron dispuestos de la siguiente forma:

T1R3 UE=8	T2R2 UE=8	T1R7 UE=8
T2R1 UE=8	T1R6 UE=8	T3R5 UE=8
T1R2 UE=8	T3R3 UE=8	T2R5 UE=8
T3R4 UE=8	T1R5 UE=8	T3R7 UE=8
T2R4 UE=8	T2R6 UE=8	T1R4 UE=8
T3R2 UE=8	T1R1 UE=8	T3R1 UE=8
T2R3 UE=8	T3R6 UE=8	T2R7 UE=8

UE: Unidad experimental 8 pollos

T: Tratamiento (T1, T2, T3)

R: Repetición (R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7).

### 3.11. Variables dependientes

- Ganancia diaria de peso (GDP), g.
- Consumo de alimento (CDA), g
- Conversión alimenticia (CA)
- Rendimiento de carcasa (RC), %
- Peso relativo de la Bursa de Fabricio, Timo y Bazo, g
- ITH del ambiente

- Beneficio neto, S/.
- Mérito económico (ME), %

### 3.12. Metodología

#### 3.12.1. Ganancia diaria de peso

La ganancia diaria de peso (GDP) se determinó calculando la diferencia entre el peso final y el peso inicial de los pollos. Este resultado se dividió entre el número de días evaluados, utilizando la fórmula:

$$GDP = \frac{\text{Peso final} - \text{Peso inicial}}{\text{Número de días evaluados}}$$

#### 3.12.2. Consumo diario de alimento

El consumo diario de alimento se registró pesando el alimento al inicio de cada etapa experimental. Cada tratamiento fue identificado con recipientes marcados según el nivel de arginina suplementada en la dieta. El alimento fue ofrecido diariamente, y al final de cada etapa se pesó el sobrante, calculando el consumo mediante la diferencia entre el peso inicial y el alimento restante.

#### 3.12.3. Conversión alimenticia

La conversión alimenticia (CA) se calculó como la relación entre el consumo de alimento y la ganancia de peso obtenida durante el período evaluado, aplicando la siguiente fórmula:

$$CA = \frac{\text{Consumo de alimento (g)}}{\text{ganancia de peso (g)}}$$

#### 3.12.4. Rendimiento de carcasa

Al término del experimento, se seleccionaron al azar dos pollos por repetición. Los pollos seleccionados fueron pesados individualmente para registrar su peso vivo (PV). Posteriormente, fueron sacrificados mediante desangrado tras un aturdimiento previo, y se extrajeron la sangre, plumas y vísceras. La carcasa fue pesada considerando patas y cabeza, y el rendimiento de carcasa (RC) se calculó utilizando la fórmula:

$$RC\% = \left( \frac{PB}{PV} \right) \times 100$$

Donde:

- RC: Rendimiento de carcasa (%).
- PB: Peso beneficiado del pollo (kg).
- PV: Peso vivo del pollo (kg).

### 3.12.5. Peso relativo de la Bursa de Fabricio, timo y bazo

Se sacrificaron 42 pollos en total, 14 pollos por tratamiento, 2 por cada repetición. Los pollos fueron aturdidos y desangrados, posteriormente se retiró las plumas del cuello y de la cloaca, lugares donde se retiraron el timo y la bolsa de Fabricio, en seguida fueron retirados toda la pluma con ayuda del agua a 80 grados centígrados y posteriormente se realizó una incisión longitudinal desde el cuello hasta la cloaca, para exponer la cavidad torácica y abdominal. Se extrajo, luego estos órganos fueron trasladados al Laboratorio de Sanidad para el control de peso en una balanza analítica de precisión de marca Boeco Germany.

El peso relativo de la Bursa de Fabricio, timo y bazo se calculó como una relación respecto al peso corporal del ave (PC), aplicando la fórmula:

$$\text{Peso relativo de organos (\%)} = \frac{\text{Peso del órgano (g)}}{\text{Peso corporal (g)}} \times 100$$

### 3.12.6. Índice de temperatura y humedad (ITH)

Para medir la temperatura y humedad relativa del ambiente se utilizó un termohigrómetro. Con los valores registrados, se calculó el índice de temperatura y humedad (ITH) para determinar el nivel de confort térmico de los pollos Cobb 500, utilizando la fórmula propuesta por García et al. (2007):

$$ITH = 0,81 \times TA + (TA - 14,4) \times \frac{HR}{100} + 46,4$$

Donde:

- TA: Temperatura Ambiental (°C).
- HR: Humedad relativa (%).

### 3.12.7. Beneficio neto

El beneficio neto (BN) se calculó teniendo en cuenta tanto los costos de producción (tanto fijos como variables) como los ingresos obtenidos de la venta de los pollos al final del experimento. La fórmula utilizada para el cálculo fue la siguiente:

$$BN_i = PY_i - (CF_i + CV_i)$$

Donde:

- **BN<sub>i</sub>**: Beneficio neto por pollo para cada tratamiento (S/).
- **PY<sub>i</sub>**: Ingreso bruto para cada pollo (S/).
- **CF<sub>i</sub>**: Costo fijo por pollo para cada pollo (S/).
- **CV<sub>i</sub>**: Costo variable por pollo para cada pollo (S/).

### 3.12.8. Merito económico

El mérito económico (ME) se calculó considerando el beneficio neto y el costo total de cada tratamiento mediante la fórmula:

$$ME = \frac{BN}{CT} \times 100$$

Donde:

- **ME**: Merito económico en porcentaje (%).
- **BN**: Beneficio neto por tratamiento (S/).
- **CT**: Costo total por tratamiento (S/).

### 3.13. Análisis estadísticos

Los datos fueron distribuidos en un Diseño Completamente al Azar con covariable para controlar el peso inicial en cada una de las fases evaluadas, con tres tratamientos y siete repeticiones por tratamiento, empleando grupos de ocho pollos como unidad experimental.

El modelo lineal aditivo utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

Donde:

- **Y<sub>ij</sub>**: *j* - ésima observación del *i* - ésimo tratamiento.
- **μ**: Media de la población.

- $T_i$  : Efecto de la inclusión de arginina digestible.
- $e_{ij}$ : Error experimental.

Las diferencias entre los promedios se analizaron mediante la prueba de comparación de medias de DGC al 5% de significancia. El análisis de varianza (ANOVA) fue realizado utilizando el software InfoStat (Infostat, 2020).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Rendimiento productivo

#### Rendimiento productivo durante la fase de inicio (1-7 días de edad)

La Tabla 4 presenta los resultados del desempeño productivo de pollos macho durante la etapa de inicio (1 - 7 días), los cuales fueron alimentados con raciones que contenían diferentes niveles de arginina digestible, correspondientes al 100%, 130% y 160% de las recomendaciones propuestas por Rostagno et al. (2017).

Tabla 4. Rendimiento productivo de pollos de engorde en la fase inicial alimentados con dietas suplementadas con distintos niveles de arginina digestible

	PI, g	PF, g	GDP, g	CDA, g	CA
Ración con 100% de arginina	42.74	165.71	17.57	20.23	1.16
Ración con 130% de arginina	42.53	163.69	17.31	20.38	1.18
Ración con 160% de arginina	42.67	173.04	18.62	20.53	1.10
p-valor	---	---	0.2856	0.9182	0.0560
CV (%)	---	---	8.92	6.65	4.81

**Leyenda:** PI: Peso inicial, PF: Peso final, GDP: Ganancia diaria de peso, CDA: Consumo diario de alimento, CA: Conversión alimenticia. CV: Coeficiente de Aviación.

En general, los resultados muestran que no hubo diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en la GDP y el CDA entre los tratamientos, lo que sugiere que la suplementación de arginina a diferentes niveles durante la fase de inicio no tuvo un impacto estadísticamente significativo en estas variables. No obstante, de manera numérica, los pollos suplementados con 160% de arginina mostraron la mayor GDP (18.62 g) y el mayor CDA (20.53 g), en comparación con los tratamientos con 100% (17.57 g de GDP y 20.23 g de CDA) y 130% de arginina (17.31 g de GDP y 20.38 g de CDA).

En cuanto a la conversión alimenticia (CA), aunque no alcanzó un nivel de significancia estadística estricto ( $p = 0.0560$ ), se observó una tendencia hacia una mejora en el tratamiento con 160% de arginina (1.10), en comparación con los tratamientos con 100% (1.16) y 130% (1.18). Esta tendencia sugiere que el tratamiento con 160% de arginina podría haber favorecido una mejor eficiencia en la utilización del alimento para el crecimiento en esta fase inicial.

El coeficiente de variación (CV) fue relativamente bajo para todas las variables evaluadas, lo que indica una buena consistencia en los datos recolectados. Sin embargo, el alto costo de la arginina en el tratamiento con 160% podría limitar la viabilidad económica de esta suplementación, considerando que las diferencias en el desempeño productivo no fueron significativas.

Estos resultados son consistentes con los hallazgos de Brugaletta et al. (2023), quienes evaluaron la adición de arginina sintética en raciones de pollos en la etapa de inicio (0 a 9 días de edad), empleando 1.5 g de arginina sintética con una pureza del 98% por cada kg de alimento. En dicho estudio, los resultados no mostraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en el desempeño zootécnico durante la fase de inicio, excepto en la conversión alimenticia, la cual fue más eficiente en los pollos suplementados con arginina sintética.

De manera similar, Fathima et al. (2024) investigaron la suplementación de arginina al 100% y 125% en la etapa inicial (1 a 14 días) y observaron que no hubo diferencias estadísticas significativas ( $p > 0.05$ ) para las variables ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia entre los distintos tratamientos. En contraste, Castro et al. (2020) analizaron niveles crecientes de arginina (1.04%, 1.14%, 1.24%, 1.34% y 1.44%) en raciones de pollos durante los primeros 6 días de vida y reportaron que tanto la ganancia diaria de peso como el consumo diario de alimento tendieron a incrementarse conforme aumentaron los niveles de arginina en la dieta. Por otro lado, Murakami et al. (2012) demostraron que la inclusión de niveles crecientes de arginina en la dieta (10%, 20%, 30% y 40% por encima de las recomendaciones del NRC) durante el periodo de arranque mejoró significativamente el desarrollo de la mucosa intestinal, lo que impactó positivamente en el rendimiento productivo.

En resumen, la suplementación con 160% de arginina mostró tendencias favorables en términos de GDP y CA en la fase de inicio, aunque estas no fueron estadísticamente significativas. Esto sugiere que, si bien niveles elevados de arginina podrían tener un efecto positivo en la eficiencia alimenticia, su aplicación debe ser evaluada cuidadosamente desde el punto de vista económico, especialmente en condiciones donde el estrés ambiental o nutricional no sea un factor limitante.

En la Tabla 5 se presentan los resultados del desempeño productivo de los pollos parrilleros durante la fase de crecimiento (8 a 21 días de edad) alimentados con raciones suplementadas con arginina sintética al 100%, 130% y 160%, de acuerdo con las recomendaciones de Rostagno et al. (2017).

Tabla 5. Rendimiento productivo de pollos de engorde en la fase de crecimiento alimentados con dietas suplementadas con distintos niveles de arginina digestible

	PI, g	PF, g	GDP, g	CDA, g	CA
Ración con 100% de arginina	165.71	919.67	53.74	72.03 a	1.35 b
Ración con 130% de arginina	163.69	943.97	55.46	67.99 b	1.23 a
Ración con 160% de arginina	173.04	926.78	54.23	64.29 b	1.19 a
p-valor	---	---	0.7378	0.0373	0.0233
CV (%)	---	---	7.64	7.24	5.05

**Leyenda:** PI: Peso inicial, PF: Peso final, GDP: Ganancia diaria de peso, CDA: Consumo diario de alimento, CA: Conversión alimenticia. ab: Letras distintas dentro de una misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Tukey (5%), CV: Coeficiente de variación.

### Rendimiento productivo durante la fase de crecimiento (8-21 días de edad)

Durante la etapa de crecimiento (8-21 días), la ganancia diaria de peso en los pollos machos no presentó diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en respuesta a la suplementación con distintos niveles de arginina en las dietas. No obstante, el consumo diario de alimento sí se vio significativamente afectado ( $p < 0.05$ ), registrándose un menor consumo en los grupos que recibieron 130% y 160% de arginina en comparación con los alimentados al 100%, quienes mostraron el mayor consumo de alimento. En cuanto a la conversión alimenticia, los niveles de suplementación de 130% y 160% de arginina mejoraron significativamente la eficiencia alimenticia ( $p < 0.05$ ), mientras que el grupo con 100% presentó una conversión alimenticia menos favorable.

Estos resultados coinciden con los reportados por Brugaletta et al. (2023), quienes evaluaron la suplementación de arginina sintética en raciones de pollos en la fase de crecimiento I (10 a 21 días de edad) con una inclusión de 1.5 g de arginina sintética con una pureza del 98% por cada kg de ración. Dicho estudio concluyó que los pollos suplementados con arginina presentaron una mejor conversión alimenticia, aunque las demás variables productivas no fueron afectadas significativamente.

La mejora en la eficiencia alimenticia observada podría estar relacionada con el papel metabólico de la arginina como nutriente clave en la síntesis proteica y como precursor de hormonas de crecimiento (HC), del factor de crecimiento insulinoide tipo 1 (IGF-1) y de insulina en pollos de engorde (Xu et al., 2018; Sirathonpong et al., 2019). Estos compuestos pueden contribuir a un metabolismo más eficiente de los nutrientes, promoviendo un mayor desempeño productivo. Asimismo, Xu et al. (2018) reportaron que los niveles elevados de

arginina en la dieta pueden modular el microbioma intestinal, incrementando las poblaciones de *Lactobacillus salivarius* y reduciendo la presencia de *Escherichia coli*.

De manera complementaria, Castro et al. (2020) evaluaron niveles crecientes de arginina (1.04%, 1.14%, 1.24%, 1.34% y 1.44%) en raciones de pollos de 7 a 14 días de edad y observaron una tendencia al aumento de la ganancia diaria de peso y una mayor eficiencia en la conversión alimenticia conforme se incrementaron los niveles de arginina. Estos resultados refuerzan la hipótesis de que mayores niveles de arginina en la dieta pueden promover mejoras en el desempeño productivo al favorecer el desarrollo y la recuperación de la barrera intestinal, disminuyendo su permeabilidad y optimizando la absorción de nutrientes (Viana et al., 2010; Quirino et al., 2013; Costa et al., 2014).

Estudios adicionales, como los de Sukhotnik et al. (2005) y Tan et al. (2010), han demostrado que la arginina estimula la proliferación y la regeneración del epitelio intestinal, además de incrementar la altura de las vellosidades intestinales en pollos. Yuan et al. (2015) confirmaron, mediante estudios *in vitro*, que la arginina promueve la proliferación de las células de las criptas intestinales en embriones de pollo, lo que podría ser beneficioso para la recuperación y desarrollo del intestino en situaciones de estrés. No obstante, Fathima et al. (2024) observaron resultados parcialmente diferentes al estudiar la suplementación de arginina al 100% y 125% durante la fase de crecimiento (14 a 21 días de edad). En dicho estudio, se reportó un menor consumo de alimento ( $p < 0.05$ ) en los pollos alimentados con 125% de arginina, mientras que las demás variables productivas no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos.

### **Rendimiento productivo en fase de acabado (22 a 33 días de edad)**

La Tabla 6 presenta los resultados del desempeño productivo de los pollos parrilleros durante la fase de acabado (22 a 33 días de edad) alimentados con raciones suplementadas con diferentes niveles de arginina digestible (100%, 130% y 160% de las recomendaciones de Rostagno et al., 2017).

La ganancia diaria de peso, el consumo diario de alimento y la conversión alimenticia de los pollos de engorde durante la fase de acabado (22-33 días de edad) no mostraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) debido a la suplementación con distintos niveles de arginina en las dietas. Sin embargo, a nivel numérico, los pollos que recibieron raciones suplementadas con un 130% de arginina registraron mayores ganancias de peso, mayor consumo de alimento y una conversión alimenticia más eficiente en comparación con los grupos alimentados con dietas que contenían un 100% y 160% de arginina. Estos resultados son consistentes con lo

reportado por Brugaletta et al. (2023), quienes evaluaron el efecto de la suplementación con arginina sintética en dietas para pollos durante la fase de crecimiento II (22-35 días de edad). En dicho estudio, se incorporaron 1.5 g de arginina sintética con una pureza del 98% por cada kilogramo de dieta, sin evidenciar diferencias significativas en las variables productivas de las aves.

Tabla 6. Rendimiento productivo de pollos de engorde en la fase de acabado alimentados con dietas suplementadas con distintos niveles de arginina digestible

	PI, g	PF, g	GDP, g	CDA, g	CA
Ración con 100% de arginina	919.81	1841.20	75.92	214.02	2.85
Ración con 130% de arginina	943.99	1898.30	80.68	220.93	2.75
Ración con 160% de arginina	926.65	1854.87	77.06	219.68	2.87
p-valor	---	---	0.5052	0.4501	0.6627
CV (%)	---	---	10.01	4.83	9.61

**Leyenda:** PI: Peso inicial, PF: Peso final, GDP: Ganancia diaria de peso, CDA: Consumo diario de alimento, CA: Conversión alimenticia, CV: Coeficiente de variación.

### Desempeño Productivo en el Periodo Total (1 a 33 días de edad)

Resultados similares fueron observados por Fathima et al. (2024), quienes investigaron la suplementación de arginina (100% frente a 125%) durante la fase de acabado (21 a 28 días de edad). En su investigación, no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en la ganancia de peso, el consumo de alimento ni en la conversión alimenticia entre los diferentes tratamientos evaluados. En la Tabla 7 se presentan los resultados del desempeño productivo de pollos parrilleros durante el periodo total (1 a 33 días de edad), alimentados con raciones que contenían diferentes niveles de arginina digestible (100%, 130% y 160% de las recomendaciones de Rostagno et al., 2017).

Los resultados muestran que la ganancia diaria de peso, el consumo diario de alimento y la conversión alimenticia no fueron significativamente influenciados ( $p > 0.05$ ) por los niveles de suplementación de arginina en las raciones. No obstante, de manera numérica, los pollos alimentados con raciones que contenían 1.71% y 2.11% de arginina (130% y 160% de suplementación, respectivamente) presentaron una mayor ganancia de peso, un mayor consumo diario de alimento y una conversión alimenticia más eficiente en comparación con aquellos que consumieron raciones con 1.32% de arginina (100% de suplementación).

Estos resultados son parcialmente consistentes con los reportados por Brugaletta et al. (2023), quienes evaluaron el periodo total (1 a 49 días de edad) y encontraron un mayor peso vivo acumulado y una conversión alimenticia significativamente mejor ( $p < 0.05$ ) en los pollos suplementados con arginina en comparación con los pollos del tratamiento control.

Tabla 7. Rendimiento productivo de pollos de engorde en el periodo total (1 a 33) alimentados con dietas suplementadas con distintos niveles de arginina digestible

	PI, g	PF, g	GDP, g	CDA, g	CA
Ración con 100% de arginina	42.74	1816.89	53.76	109.63	2.05
Ración con 130% de arginina	42.53	1889.29	55.96	113.59	2.03
Ración con 160% de arginina	42.67	1888.21	55.93	114.06	2.04
p-valor	---	---	0.5306	0.3748	0.9785
CV (%)	---	---	7.45	5.62	5.26

**Leyenda:** PI: Peso inicial, PF: Peso final, GDP: Ganancia diaria de peso, CDA: Consumo diario de alimento, CA: Conversión alimenticia, CV: Coeficiente de variación.

#### 4.2. Desempeño biológico

En la Tabla 8 se presentan los resultados del peso vivo (PV), peso de carcasa (PC), rendimiento de carcasa (RC), peso relativo de la bolsa de Fabricio (PRBURSA), peso relativo del bazo (PRBAZO) y peso relativo del timo (PRTIMO) en pollos parrilleros de 33 días de edad, alimentados con raciones que contenían diferentes niveles de arginina digestible: 1.32%, 1.71% y 2.11% (equivalentes al 100%, 130% y 160% de las recomendaciones de Rostagno et al., 2017).

Tabla 8. Rendimiento productivo de pollos de engorde en el periodo total alimentados con dietas suplementadas con distintos niveles de arginina digestible

	PV, g	PC, g	RC, %	PRBURSA, %	PRBAZO, %	PRTIMO, %
100% de arginina	1937	1526	78.79	0.11 a	0.0576	0.12
130% de arginina	1976	1575	79.70	0.12 a	0.0584	0.11
160% de arginina	2047	1614	79.10	0.10 b	0.0561	0.11
p-valor	---	---	0.3633	0.0118	0.3139	0.1079
CV (%)	---	---	2.13	9.25	7.08	7.41

**Nota:** PV: Peso vivo; PC: Peso de carcasa; RC: Rendimiento de carcasa; PRBURSA: Peso relativo de la bolsa de Fabricio; PRBAZO: Peso relativo del bazo; PRTIMO: Peso relativo del timo. Los valores con letras distintas en la misma columna difieren significativamente ( $p < 0.05$ ).

El rendimiento de la canal y los pesos relativos del bazo y el timo en pollos parrilleros de 33 días de edad no mostraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) debido a la suplementación con diferentes niveles de arginina en las raciones. Resultados similares fueron reportados por Filho et al. (2021), quienes no observaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en el rendimiento de carcasa de pollos de 42 días de edad suplementados con 1.20%, 1.49%, 1.77%, 2.04% y 2.29% de arginina, obteniendo rendimientos de carcasa de 76.61%, 76.28%, 77.06%, 77.42% y 76.66%, respectivamente.

Sin embargo, estos resultados no coinciden con los reportados por Castro et al. (2020), quienes observaron un incremento en el rendimiento de la canal en pollos de engorde, patos y pavos suplementados con arginina en niveles crecientes.

Por otro lado, el peso relativo de la bolsa de Fabricio presentó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), siendo mayor en los pollos suplementados con 100% y 130% de arginina en comparación con los alimentados con 160%.

El-fiky et al. (2024) estudiaron la relación de la suplementación de L-arginina en huevos fértiles sobre el peso de la bolsa de fabricio, del timo y del bazo, en el día 14, los pesos proporcionales del bazo, la bolsa de Fabricio y el timo fueron significativamente mayores en los grupos de ovoinyección tratados con 1% y 3% de L-arginina que en los grupos de control ( $p \leq 0.01$ ); además, los pollitos nacidos de huevos inyectados con 1 y 3% de L-Arginina mostraron aumentos significativos ( $p < 0.01$ ) en la concentración sérica de IgG.

No obstante, se cree que el requerimiento de arginina para respuestas inmunes celulares y humorales óptimas en aves de corral es mayor que el requerido para una tasa máxima de crecimiento en aves de corral (Jahanian, 2009). El aumento de la demanda de arginina durante infecciones entéricas como la coccidiosis podría deberse a su papel en la síntesis de poliaminas que es necesaria para la reparación del tejido mucoso (Rochell et al., 2017). Por lo tanto, el cuerpo prioriza la respuesta inmune sobre la deposición de proteínas durante las condiciones de estrés (Nogueira et al., 2021), lo que reduce la disponibilidad metabólica de arginina e impacta negativamente en el crecimiento (Allen y Fetterer, 2000). De manera similar, durante las condiciones de estrés, especialmente durante el estrés por calor, la captación de arginina dependiente e independiente del sodio se deprime, lo que aumenta el requerimiento de arginina en las aves (Khajali y Wideman, 2010).

### **4.3. Variables climatológicas**

Los valores promedio de las variables climáticas dentro del galpón experimental durante el periodo de estudio fueron los siguientes:

- Temperatura mínima: 24.02 °C.
- Temperatura máxima: 32.6 °C.
- Humedad relativa mínima: 44.33%.
- Humedad relativa máxima: 79.15%.
- Índice de Temperatura y Humedad (ITH) mínimo: 69.84.
- Índice de Temperatura y Humedad (ITH) máximo: 86.80.

Estos datos se presentan gráficamente en la Figura 1.

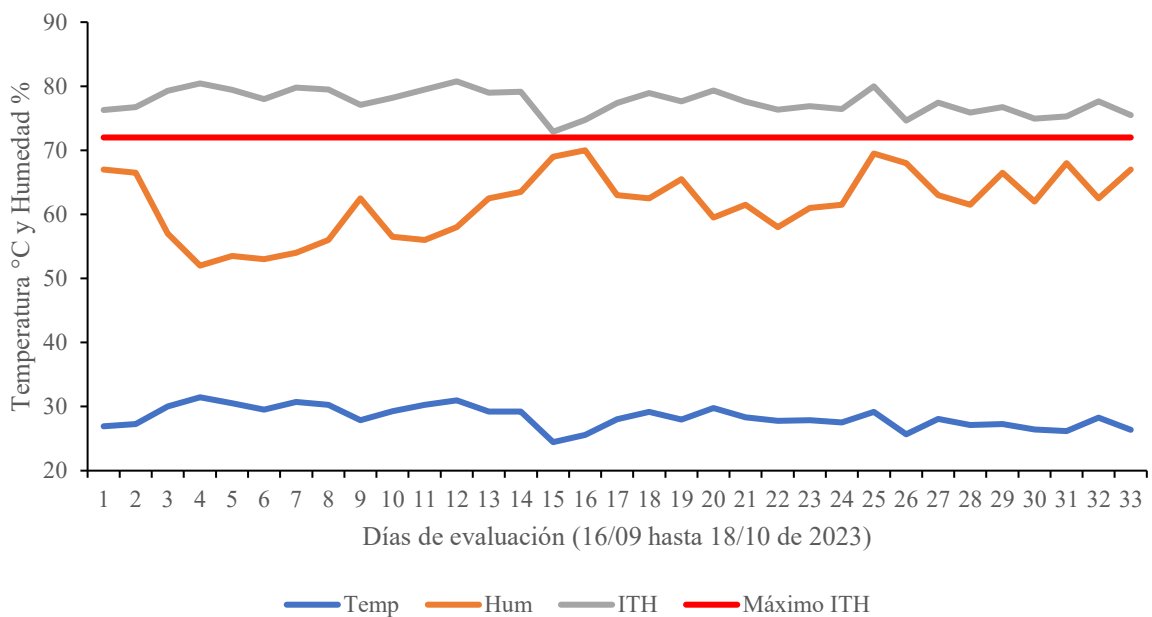


Figura 1. Comportamiento de temperatura, humedad e índice de temperatura y humedad (ITH) en el galpón experimental durante 33 días de ensayo.

De acuerdo con los datos presentados en la Figura 1, el ITH superó el valor máximo recomendado de 72 en varias etapas del ensayo, lo que indica que las aves estuvieron expuestas a estrés térmico por altas temperaturas, particularmente entre los días 22 y 33 de edad. Según los rangos de temperatura recomendados, las aves de 16 a 18 días de edad deben mantenerse a 28 °C, mientras que las de 19 a 21 días a 26-28 °C, y las de 22 a 24 días a 24-26 °C. En el día 21 del ensayo, las temperaturas mínima y máxima registradas fueron de 24.3 °C y 32.3 °C, respectivamente, con un promedio de 28.3 °C. Estos datos sugieren que las condiciones ambientales en el galpón experimental estuvieron por encima de los rangos ideales para el desarrollo óptimo de los pollos parrilleros.

La suplementación con arginina no logró aliviar la hipertermia inducida por el ambiente, ya que las aves suplementadas con diferentes niveles de arginina respondieron de manera similar al estrés térmico. Este comportamiento es consistente con los hallazgos de Brugaletta et al. (2023), quienes estudiaron la respuesta productiva y microbiológica del ciego en pollos de

engorde suplementados con arginina y sometidos a estrés térmico cíclico. En ese estudio, un grupo control fue alimentado con una dieta basal, mientras que otro grupo recibió una dieta suplementada con L-arginina cristalina. Las aves fueron mantenidas en condiciones de termoneutralidad hasta el día 34 y luego sometidas a estrés térmico cíclico ( $\sim 34$  °C de 9:00 a 18:00 h) a partir del día 35. Los resultados mostraron que el desempeño productivo de ambos tratamientos fue similar ( $p > 0.05$ ); sin embargo, las aves sometidas a estrés térmico mostraron un rendimiento inferior en comparación con aquellas criadas en condiciones de termoneutralidad.

Aunque la suplementación con arginina no redujo los efectos adversos del estrés térmico sobre el rendimiento del crecimiento, se observó que antes de la aplicación del estrés térmico, la suplementación con arginina mejoró significativamente la conversión alimenticia (-5.7%) y aumentó el peso corporal (+3.3%) hasta el día 27 del ensayo. Estos resultados concuerdan con los reportados por Zampiga et al. (2018) y Brugaletta et al. (2023), quienes concluyeron que las dietas ricas en arginina pueden mejorar el rendimiento productivo de los pollos de engorde en condiciones de termoneutralidad.

Por otro lado, la exposición cíclica a altas temperaturas deterioró notablemente el desempeño productivo, reduciendo el consumo de alimento y la ganancia de peso corporal, mientras que incrementó la temperatura corporal y la mortalidad, lo que coincide con los efectos típicos reportados en pollos sometidos a estrés térmico (Brugaletta et al., 2022; Teyssier et al., 2022).

Abdulkarimi et al. (2019) evaluaron la suplementación de arginina (100%, 130% y 160% de los requerimientos) en raciones de pollos de engorde criados bajo condiciones de estrés por bajas temperaturas ( $15$  °C  $\pm$  1 °C) desde los 7 hasta los 42 días de edad. Las fases evaluadas incluyeron inicio (1 a 10 días), crecimiento (11 a 24 días) y acabado (25 a 42 días). Los resultados indicaron que la ganancia de peso, el consumo de alimento y la conversión alimenticia no fueron influenciados por la suplementación de arginina en ninguna de las fases evaluadas.

Aunque algunos estudios sugieren que la suplementación con arginina puede contrarrestar los efectos adversos del estrés térmico (Hassan et al., 2021; Teyssier et al., 2022), los resultados del presente ensayo no respaldan esta afirmación. Una posible explicación para esta discrepancia es que los efectos beneficiosos de la suplementación con arginina podrían haber sido atenuados por la marcada reducción en la ingestión de alimento (IF) causada por el estrés térmico, lo que resultó en un consumo insuficiente de arginina para preservar el rendimiento productivo. Cabe destacar que la reducción de la ingestión de alimento no fue

uniforme; las aves suplementadas con arginina mostraron una menor disminución en la IF (-10.7%) en comparación con las aves del grupo control (-19.7%). Esto sugiere que futuras investigaciones podrían explorar niveles más altos de arginina en la dieta como una estrategia para compensar la pérdida de ingestión en condiciones de estrés térmico.

#### 4.4. Variables económicas

La Tabla 9 presenta los resultados económicos de los pollos parrilleros alimentados con dietas suplementadas con distintos niveles de arginina digestible (100%, 130% y 160% de las recomendaciones de Rostagno et al. (2017)). Se analizaron variables tales como el peso vivo (Y), el precio de venta del pollo (P), los costos fijos (CF), los costos variables (CV), el beneficio neto (BN) y el mérito económico (ME).

El análisis económico reveló que el mérito económico (ME) fue mayor en los pollos alimentados con raciones suplementadas con 100% de arginina (16.77%), seguido por los tratamientos con 130% (13.63%) y 160% (9.81%). Este resultado refleja que, aunque la suplementación con niveles más altos de arginina podría mejorar algunos parámetros productivos, su impacto económico se ve negativamente afectado por el alto costo de este insumo (aproximadamente S/. 50/kg de producto), lo que incrementa los costos variables (CV) en los tratamientos con 130% y 160%.

El beneficio neto (BN) también fue mayor en el tratamiento con 100% de arginina (S/. 2.11), en comparación con los tratamientos con 130% (S/. 1.82) y 160% (S/. 1.34). A pesar de que el peso vivo de los pollos fue ligeramente superior en el tratamiento con 130% (1.89 kg) y 160% (1.88 kg) en comparación con el tratamiento con 100% (1.82 kg), el incremento en el precio de venta del pollo no compensó el mayor costo variable asociado con la suplementación de arginina.

Tabla 9. Beneficio neto (BN) y rendimiento económico (ME) de pollos de engorde alimentados con dietas suplementadas con distintos niveles de arginina

Tratamientos	Y (g)	P (S/./kg)	CF, S/.	CV, S/.	BN, S/.	ME, %
Ración con 100% de arginina	1.82	14.54	3.96	8.47	2.11	16.77
Ración con 130% de arginina	1.89	15.11	3.96	9.33	1.82	13.63
Ración con 160% de arginina	1.88	15.11	3.96	9.81	1.34	9.81

**Nota:**

Y = Peso vivo de los pollos (kg);

P = Precio de venta del pollo (S/. 8.0/kg);

CF = Costo fijo por ave (S/.);

CV = Costo variable por ave (S/.);

BN = Beneficio neto por ave (S/.);

ME = Mérito económico (%).

El mayor mérito económico observado en el tratamiento con 100% de arginina puede explicarse por la optimización del costo-beneficio, ya que el desempeño productivo fue similar entre los tratamientos, pero el costo de la arginina aumentó considerablemente en los tratamientos con 130% y 160% de suplementación. Esto destaca la importancia de considerar el costo de los insumos en la formulación de dietas, especialmente en ingredientes de alto valor como la arginina sintética.

Camarena (2022) y Albornoz (2018) reportaron méritos económicos en rangos similares al tratamiento con 100% de arginina, lo que respalda la eficiencia de las dietas formuladas bajo recomendaciones estándar. Sin embargo, es importante señalar que, aunque la arginina puede mejorar ciertos parámetros productivos, su impacto económico negativo debe ser cuidadosamente evaluado en función de los precios de mercado y las condiciones de producción.

Estos resultados son consistentes con investigaciones previas, como las de Camarena (2022) y Albornoz (2018), quienes reportaron méritos económicos de 13.38% y 19.32%, respectivamente, en pollos alimentados con dietas estándar basadas en maíz y soya. En este contexto, se reafirma que las dietas formuladas con niveles óptimos de aminoácidos esenciales, sin exceder las recomendaciones, son más económicamente viables para los productores, especialmente en sistemas intensivos donde los costos de insumos representan una proporción significativa del gasto total.

Adicionalmente, el costo fijo (CF) se mantuvo constante en todos los tratamientos (S/. 3.96), lo que indica que las diferencias en los resultados económicos son atribuibles únicamente al costo variable (CV) y al beneficio neto generado por las distintas dietas. Este hallazgo subraya la necesidad de considerar el balance entre el desempeño productivo y los costos de los insumos al evaluar estrategias de suplementación en la producción avícola.

En conclusión, el tratamiento con 100% de arginina mostró el mejor desempeño económico, lo que sugiere que niveles más altos de suplementación pueden no ser rentables debido al elevado costo de la arginina, especialmente en situaciones donde las diferencias productivas no son estadísticamente significativas.

## V. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos, se concluye lo siguiente:

- La suplementación con arginina al 100%, 130% y 160% de las recomendaciones de Rostagno et al. (2017) no tuvo un impacto significativo en los índices zootécnicos de los pollos machos Cobb 500 durante las fases de inicio, acabado y el período total. No obstante, en la fase de crecimiento (8 a 21 días de edad), los pollos que recibieron una suplementación de 130% y 160% de arginina presentaron un menor consumo de alimento y una conversión alimenticia más eficiente en comparación con los alimentados con el 100%.
- Las variables biológicas de los pollos no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, salvo en el peso relativo de la bolsa de Fabricio, que fue menor en los pollos suplementados con 160% de arginina, lo que podría reflejar una respuesta adaptativa del sistema inmunológico al mayor nivel de suplementación.
- Las condiciones ambientales del periodo experimental estuvieron caracterizadas por temperaturas y humedad relativa elevadas, lo que ocasionó que el índice de temperatura y humedad (ITH) superara los valores máximos recomendados, sometiendo a las aves a estrés térmico. Esto pudo afectar el desempeño general de los pollos y limitó los posibles beneficios de la suplementación con arginina.
- Desde una perspectiva económica, la suplementación de arginina al 130% y 160% resultó menos eficiente en comparación con la suplementación al 100%, debido al elevado costo de la arginina sintética y a la ausencia de mejoras significativas en el desempeño productivo. Este resultado subraya que la suplementación con niveles superiores a los recomendados no genera una relación costo-beneficio favorable bajo las condiciones evaluadas.

## **VI. PROPUESTAS A FUTURO**

- Realizar evaluaciones adicionales sobre la suplementación de arginina sintética en raciones de pollos parrilleros, con especial atención al desempeño productivo bajo condiciones de estrés térmico.
- Investigar la suplementación conjunta de arginina y glutamina sintética en raciones de pollos de engorde, particularmente durante la fase de inicio, para evaluar sus posibles efectos sinérgicos en el desarrollo y la eficiencia alimenticia.

## VII. REFERENCIAS

- Albornoz, L. (2018). Diferentes niveles de harina de semilla de canavalia (*canavalia ensiformis* L.) predigerida in vitro como insumo en la alimentación para pollos parrilleros en fase de acabado. Pregrado. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María.
- Abdulkarimi, R., Hossein, M., Daneshyar, M. (2019). Effects of dietary Glutamine and arginine supplementation on performance, intestinal morphology and ascites mortality in broiler chickens reared under cold environment. Departamento of Animal Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Iran. <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0150>.
- Allen, C., Fetterer, H. (2000). Efecto de las infecciones por *Eimeria acervulina* en la L-arginina plasmática. *Poult. Sci.* 79 (10), 1414–1417. 10.1093/ps/79.10.1414
- Atencio, A., Albino, T., Rostagno, S., Carvalho, O., Vieites, M., Pupa, R. (2004). Exigência de arginina digestível para frangos de corte machos em diferentes fases, 33(6). <https://doi.org/10.1590/s1516-35982004000600012>
- Atencio, A., Albino, F., Rostagno, S., Oliveira, C., Vieites, M., & Pupa, R. (2004). Exigências De Arginina Digestíveis Para Frangos De Corte Machos Em Diferentes Fases., V. 33, N. 6, P. 1456-1466.
- Ball, O., Urschel, L., Pencharz, B. (2007). Consecuencias nutricionales de las diferencias entre especies en el metabolismo de la arginina y la lisina. *J. n.* 137:1626-1641.
- Barreto, L. (2005). *Modulo línea de profundización en sistema de producción Avícola*. [Tesis Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Bogotá, Colombia] 155 p.
- Brugaletta, G., Zampiga, M., Laghi, L., Indio, V., Oliveri, Ch., Cesare, A., Sirri, F. (2023). Feeding broiler chickens with arginine above recommended levels: effects on growth performance, metabolism, and intestinal microbiota. *Journal of Animal Science and Biotechnology* (2023) 14:33.
- Casado A. (2015). Aminoácidos en la nutrición de pollos de engorde. <http://docplayer.es/4468465-Aminoacidos-en-la-nutricion-de-pollos-de-engorde.html>.
- Castro, F., Yun, P., Yadav, S., Gould, R., Craig, S., Pazdro, R., Kim, W. (2020). The effects of L-Arginine supplementation on growth performance and intestinal health of broiler chickens challenged with *Eimeria* spp. Department of Poultry Science, University of Georgia, Athens, GA, 30602, USA. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.08.017>.

- Chamruspollert, M.; Pesti, M, Bakalli, I. (2004). Chick responses to dietary arginine and methionine levels at different environmental temperatures. *British Poultry Science*, 2004; v.45 (1):93-100.
- Cobb Vantress 500 (2018). Pollo de engorde Cobb 500 Guía de manejo. Manual. Perú. 9p.
- Cobb Vantress 500. (2012). Suplemento informativo de rendimiento y nutrición de pollos de engorde. 14 p.
- Costa, A., Soares, D., Wanner, P., Dos Santos, G., Fernandes, O., Martins, S., Nicoli, R., Coimbra, C., Cardoso, N. (2014). L-arginine supplementation prevents increases in intestinal permeability and bacterial translocation in male Swiss mice subjected to physical exercise under environmental heat stress. *Journal of Nutrition*, 144(2), 218–223. <https://doi.org/10.3945/jn.113.183186>.
- Dusse, M.; Vieira, M., Carvalho, G. (2003). Revisão sobre óxido nítrico. *Journal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial*, v. 39, p. 343-350.
- El-fiky, A., El-Shafai, A., Morshedy, A., Farag, S., Selim, D. (2024). Influence of in ovo injection with l-arginine on hatchability, post-hatch growth performance, blood parameters and immunity of. *Menufiya Journal of Animal Poultry and Fish Production*, 8(6):57-73. doi: 10.21608/mjapfp.2024.306058.1020.
- Esser, F.; Gonçalves, R.; Rorig, A.; Cristo, A.; Perini, R. & Fernandes, I. (2017). Effects of guanidionoacetic acid and arginine supplementation to vegetable diets fed to broiler chickens subjected to heat stress before slaughter. *Revista Brasileira Ciência Avícola*, v. 19, n. 3, p. 429-436. &.
- Fathima, S., Al Hakeem, W., Selvaraj, R., Shanmugasundaram, R. (2024). Beyond protein synthesis: the emerging role of arginine in poultry nutrition and host-microbeinteractions. Departamento de Ciencias Avícolas, Universidad de Georgia, Athens, GA, Estados Unidos. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38235383/>.
- Fernandes, M., Murakami, E. (2010) Arginine metabolism in uricotelic species., v. 32, n. 4, p. 357–366.
- Ferreira K. (2009). Análisis nutricional de la carne de cerdo, ternera y pollo. *Médica Veterinária*, Universidad Estatal Paulista (UNESP), Campus de Jaboticabal, São Paulo, Brasil.
- Filho, T., Lima, M., Oliveira, H., Abreu, L., Rosa, V., de Laurentis, C., Naves, L., Rodrigues, V. (2021). Supplemental L-arginine improves feed conversion and modulates lipid Metabolism in male and female broilers from 29 to 42 days of age. *Animal* 15 (2021) 100120.

- García, I., López, G., Bech, S., Santolaria, J., Yàñez, C., Nogareda, F., De Rensis, M., López, B. (2007). "Climate factors affecting conception rate of high producing dairy cows in northeastern Spain". *Theriogenology*, 67(8): 1379-1385. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology>.
- Hassan, F., Arshad, A., Hassan, S., Bilal, M., Saeed, M., and Rehman, S. (2021). Physiological role of arginine in growth performance, gut health and immune response in broilers: A review. *Worlds. Poult. Sci. J.* 77, 517–537. doi:10.1080/00439339.2021.1925198.
- Jahanian R. (2009). Respuestas inmunológicas afectadas por las concentraciones de proteína y arginina en la dieta en pollos de engorde en etapa inicial. *Poult. Sci.* 88 (9), 1818–1824. 10.3382/ps.2008-00386.
- Khajali, F. & Wideman, R. (2010). Dietary arginine: metabolic, environmental, immunological and physiological interrelationships. *World's Poultry Science Journal*, v. 66, p. 751-766.
- Khaleel, A. & Saed, Z. (2023). Effect of Adding L-Arginine to Broiler Diets on Physiological Performance. 4th International Conference of Modern Technologies in Agricultural Sciences, doi:10.1088/1755-1315/1262/7/072103.
- Kidd, M., Peebles, E., Whitmarsh, S., Yeatman, J. & Wideman, R. (2001). Growth and immunity of broiler chicks as affected by dietary arginine. *Poultry Science*; 80:1535-1542.
- Laika, M.; Jahanian, R. (2017). Increase in dietary arginine level could ameliorate detrimental impacts of coccidial infection in broiler chickens. *Livestock Science*, v. 195, p. 38-44.
- Mc Donald, P; Edwards, R; Greenhalgh, F; Morgan, C. (2006). *Nutrición Animal*. (6.ª ed.) Editorial Acribia. Zaragoza, España. 587 p.
- Miranda T., Christian V., Portillo I., Nelson J. (2021). Efecto de la relación de arginina y lisina en el desempeño productivo y características de la canal de los pollos de engorde. Zamorano.edu; Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana. <https://bdigital.zamorano.edu/items/d65fc95a-8731-49c1-8498-892464790bef>
- Morales, E., Ávila, E., & Luis, J. (1994). Arginine and threonine needs in growing broiler diets. *Técnica Pecuaria En México*; <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=MX19960044188>.
- Murakami, E., Fernández, I., Hernández, L., Santos, C. (2007). Effects of starter diet supplementation with arginine on broiler production performance and on small intestine morphometry. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 32(3), 259–266. <https://doi.org/10.1590/s0100-736x2012000300014>.

- Murakami, E.; Fernández, I.; Hernández, L.; Santos, C. (2012). Effects of starter diet supplementation with arginine on broiler production performance and on small intestine morphometry. *Pesquisa Veterinaria Brasileira*, v. 32, n. 3, p. 259-266.
- Newsholme P., Brennan L., Rubi B. y Maechler P. (2005). Nuevos conocimientos sobre el metabolismo de los aminoácidos, la función de las células beta y la diabetes. *clin. ciencia* 108:185-1
- Nilipour, A. (2012). Cómo manejar y alimentar los pollos modernos de hoy. [conferencia], VIII Seminario Internacional en Ciencias Avícolas y III Feria Expo-Avícola; Bolivia. <http://www.engormix.com/MA-avicultura/manejo/articulos/como-manejar-alimentar-pollos-t4494/124-p0.htm>.
- Nogueira, R., Sakomura, K., Reis, P., Leme, B., Létourneau-Montminy, M., Viana, S. (2021). Modelado de los requerimientos de lisina y arginina en pollos de engorde. *Animals* 11 (10), 2914. 10.3390/ani11102914.
- Oscar J. y Robin M. (2009). Sistema Inmune Aviar: Estrategia de Protección de las Aves, Importancia de su Buen Funcionamiento. [https://www.wpsa-aeca.es/aeca\\_imgs\\_docs/dr.\\_oscar\\_robin.pdf](https://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/dr._oscar_robin.pdf).
- Pérez, G. (2010). Efectos de la suplementación con arginina y vitamina C en pollos de engorda vacunados e infectados experimentalmente con *Eimeria spp* (Tesis maestría). Repositorio Digital del Colegio de Postgraduados. [http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/63/Perez\\_Carbajal\\_C\\_MC\\_Ganaderia\\_2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/63/Perez_Carbajal_C_MC_Ganaderia_2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- Pulido, M., Hernández, R., & Ulloa, J. (2002). Relación entre el desarrollo de la bolsa de Fabricio y el bazo como indicadores de inmunocompetencia en pollos. *Revista Científica FCV-LUZ*, 12(4). <https://www.redalyc.org/pdf/959/95914305.pdf>
- Quirino, E., Cardoso, N., Santos, G., Evangelista, P., Arantes, M., Fiúza, A., Correia, I. (2013). The role of L-arginine and inducible nitric oxide synthase in intestinal permeability and bacterial translocation. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 37(3), 392–400. <https://doi.org/10.1177/0148607112458325>
- Quishpe, G. (2006). Factores que afectan el consumo de alimento en pollos de engorde y postura. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Universidad Zamorano. Zamorano, Honduras. 38 p.
- Ren W, Chen S, Yin J, Duan J, Li T, Liu G, Feng Z, Tan B, Yin Y, Wu G. (2014). Dietary arginine supplementation of mice alters the microbial population and activates intestinal innate immunity. *The Journal of Nutrition*. 144: 988-995.

- Ribeiro, R.; Ribeiro, L.; Messias, K.; Rocha, C. (2015). Importância nutricional da arginina em dietas de aves. *Revista Eletronica Nutritime*, v.12, n. 4, p. 4149- 4161.
- Rochell, J., Helmbrecht, A., Parsons, M., Dilger, N. (2017). Efectos interactivos de la arginina dietética y la infección por *Eimeria acervulina* en el crecimiento y el metabolismo de los pollos de engorde. *Poult. Sci.* 96 (3), 659–666. 10.3382/ps/pew295.
- Rostagno S, Albino F, Hannas I, Donzele L, Sakomura K, Perazzo G, Saraiva A, Abreu T, Rodrigues B, Oliveira F, Barreto L, Brito O. (2017). *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*. 4. ed. Viçosa: Editora UFV.
- Santiago, H., Luiz, R., Teixeira, F., Juarez, A., Donzele, L., Gomes, P. (2005). *Composición de Alimentos y Requerimientos Nutricionales 2 a Edición* Editor: Horacio Santiago Rostagno. <http://www.fagro.edu.uy/nutrical/ensenanza/avicultura/Tablas%20aves%20y%20cerdos.pdf>.
- Santos, E. (2020). Efeito do estresse térmico e suplementação da dieta com arginina e vitamina C no desempenho e imunidade de frangos de corte. *Médica Veterinária e Zootecnia*. Universidad Estatal Paulista Campus de Botacu, São Paulo, Brasil.
- Sanz, P. Revidatti, F. Fernández, R. Sindik, M. Laffont, G. (1950). Desarrollo del aparato digestivo en pollos Campero INTA alimentados con proto mucuna (*Stizolobium deeringianum*). 107-112, p.
- Sistema Integrado de Estadística Agraria (SIEA). (2016). *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola y Ganadera 2015*. Ministerio de Agricultura y Riego. Lima, Perú.
- Sirathonpong, O., Ruangpanit, Y., Songserm, O., Koo, E. J., Attamangkune, S. (2019). Determination of the optimum arginine : lysine ratio in broiler diets. *Animal Production Science*, 59(9), 1705–1710. doi:10.1071/AN18049.
- Sukhotnik, I., Mogilner, J., Krausz, M., Laurie, M., Hirsh, M., Coran, A., Shiloni, E. (2005). Oral arginine reduces gut mucosal injury caused by lipopolysaccharide endotoxemia in rat.
- Tan, B., Yin, Y., Kong, X., Li, P., Gao, H., Li, X., Huang, R., Wu, G. (2010). L-Arginine stimulates proliferation and prevents endotoxin-induced death of intestinal cells. doi: 10.1007/s00726-009-0334-8.
- Teyssier, R., Brugaletta, G., Sirri, F., Dridi, S., Rochell, J. (2022). A review of heat stress in chickens. Part II: Insights into protein and energy utilization and feeding. *Front. Physiol.* 13, 943612. doi:10.3389/fphys.2022.943612.

- Vieira L. & Berres J. (2007). El cuarto aminoácido limitante para pollos de engorde. Anais XX Congreso Latinoamericano de Avicultura, Porto Alegre, p.143-152.
- Wu G. (2009). Aminoácidos: metabolismo, funciones y nutrición. *Aminoácidos* 37:1-17.
- Wu G. (2013). *Amino Acid: Biochemistry and Nutrition*. 1 ed. Boca Raton: Taylor and Francis Group LLC. 458 p.
- Wu, G.; Bazer, F.; Burghardt, R.; Johnson, G.; Kim, S.; Knabe, D.; Li, P.; Li, X.; Mcknight, J.; Satterfield, M.; Spencer, T. (2011). Proline and hydroxyproline metabolism: implications for animal and human nutrition. *Amino acids*, v. 40, n. 4, p. 1053-1063.
- Xu, Y.; Guo, Y.; Shi, B.; Yan, S.; Guo, X. (2018). Dietary arginine supplementation enhances the growth performance and immune status of broiler chickens. *Livestock Science*, v. 209, p. 8-13.
- Yuan, C., Ding Y., He, Q., Azzam, M., Lu, J., Zou, T. (2015). L-arginine upregulates the gene expression of target of rapamycin signaling pathway and stimulates protein synthesis in chicken intestinal epithelial cells. *Poult. Sci.* 2015;94:1043–1051. doi: 10.3382/ps/pev051.