



**Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión**  
**Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Zootécnica**

**Utilización de L-Metionina en dietas a base de maíz y torta de soya en la alimentación de patos de 0 a 21 días**

**Tesis**

**Para optar el Título Profesional de Ingeniero Zootecnista**

**Autor**

**Gerson Aldair Delgadillo Ramírez**

**Asesor**

**Dr. Felix Esteban Airahuacho Bautista**

**Huacho – Perú**

**2023**



**Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales**

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

**Reconocimiento:** Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



# UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

## LICENCIADA

(Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)

"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

FACULTAD DE Ingeniería Agrarias, Industrias Alimentarias y Ambiental

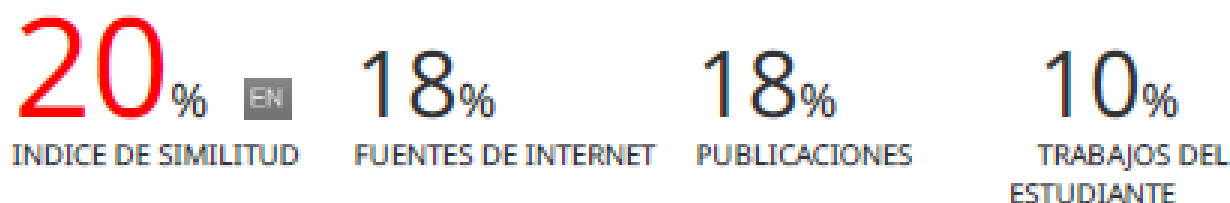
ESCUELA PROFESIONAL Ingeniería Zootécnica

### INFORMACIÓN DE METADATOS

<b>DATOS DEL AUTOR (ES):</b>		
<b>NOMBRES Y APELLIDOS</b>	<b>DNI</b>	<b>FECHA DE SUSTENTACIÓN</b>
Gerson Aldair Delgadillo Ramírez	70271906	03/04/23
<b>DATOS DEL ASESOR:</b>		
<b>NOMBRES Y APELLIDOS</b>	<b>DNI</b>	<b>CÓDIGO ORCID</b>
Dr. Felix Esteban Airahuacho Bautista	40769786	0000-0001-7484-0449
<b>DATOS DE LOS MIEMBROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:</b>		
<b>NOMBRES Y APELLIDOS</b>	<b>DNI</b>	<b>CODIGO ORCID</b>
M(o) Hilario Noberto Pujada Abad	15603577	0000-0003-4939-6774
M(o) Melanio Abercio Arocutipa Arohuanca	01308049	0000-0003-3640-638X
Ing. Luis Miguel Chavez Barbery	15759159	0000-0001-7816-1582

# UTILIZACION DE L-METIONINA EN DIETAS A BASE DE MAIZ Y TORTA DE SOYA EN LA ALIMENTACIÓN DE PATOS DE 0 A 21 DIAS

## INFORME DE ORIGINALIDAD



## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://scirp.org">scirp.org</a> Fuente de Internet	<1%
2	<a href="https://acervodigital.ufpr.br">acervodigital.ufpr.br</a> Fuente de Internet	<1%
3	Submitted to University of Exeter Trabajo del estudiante	<1%
4	<a href="https://rsdjournal.org">rsdjournal.org</a> Fuente de Internet	<1%
5	Bikas C. Debnath, Purnendu Biswas, Barun Roy. "The effects of supplemental threonine on performance, carcass characteristics, immune response and gut health of broilers in subtropics during pre-starter and starter period", Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 2018 Publicación	<1%
6	Rafael Silva Marchão, Felipe Barbosa Ribeiro, Jefferson Costa de Siqueira, Marcos Antonio	<1%

**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO  
SÁNCHEZ CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIAS, INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS y AMBIENTAL**

**ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA ZOOTECNICA**

**UTILIZACION DE L-METIONINA EN DIETAS A BASE DE MAIZ  
Y TORTA DE SOYA EN LA ALIMENTACIÓN DE PATOS DE 0 A  
21 DIAS**

**Sustentado y aprobado ante el Jurado evaluador**

M(o). Hilario Pujada Abad  
**Presidente**

M(o) Melanio Abercio Arocutipa Arohuanca  
**Secretario**

Ing. Luis Miguel Chavez Barbery  
**Vocal**

Dr. Felix Esteban Airahuacho Bautista  
**Asesor**

**HUACHO – PERÚ**

**2023**

## **DEDICATORIA**

*Agradecer a Dios por brindarme la vida, la fe y la perseverancia, gracias Dios mío por ser mi luz cuando todo se ponía gris, por darme la inteligencia de tomar buenas decisiones y así poder cumplir mis aspiraciones que tanto anhelo.*

*A mis queridos padres por inculcarme principios y valores que nunca dejo de aprender, agradezco el sacrificio y esfuerzo, muchos de mis logros se los debo a ellos; gracias por creer y confiar en mí.*

*A mi amado hijo Nicolas mi gran motivación, a mi novia por brindarme su apoyo incondicional y supo comprenderme en este proceso tan largo, nunca dudo que lo lograría.*

*A mis queridas abuelitas Hilda y Clorinda que son mis ángeles, a donde se encuentren se sientan orgullosas de su nieto y me den su bendición.*

## **AGRADECIMIENTO**

*A mis Docentes de la Escuela de Zootecnia de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, que me brindaron su conocimiento y me motivaron constantemente para poder así lograr mis objetivos.*

*Además, agradecer a todas las personas que han ayudado en el presente trabajo de investigación de una u otra manera para la culminación satisfactoriamente.*

## Índice general

ITEM	DESCRIPCIÓN	PAG. N°
	DEDICATORIA	3
	AGRADECIMIENTO	4
	INDICE GENERAL	5
	INDICE DE TABLAS	6
	RESUMEN	7
	ABSTRACT	8
	INTRODUCCIÓN	9
<b>CAPITULO I.</b>	<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>10</b>
1.1.	Descripción de la realidad problemática	10
1.2.	Formulación del problema	11
1.2.1.	Problema general	11
1.2.2.	Problemas específicos	11
1.3.	Objetivos de la investigación	11
1.3.1.	Objetivo general	11
1.3.2.	Objetivos específicos	11
1.4.	Justificación de la investigación	12
1.5.	Delimitaciones del estudio	12
<b>CAPITULO II.</b>	<b>MARCO TEORICO</b>	<b>13</b>
2.1.	Antecedentes de la investigación	13
2.2.	Bases teóricas	16
2.3.	Definición de términos básicos	25
2.4.	Hipótesis de investigación (*)	26
2.4.1.	Hipótesis general	26
2.4.2.	Hipótesis específicas	26
<b>CAPITULO III.</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>27</b>
3.1.	Diseño metodológico	27
3.1.1.	Ubicación	27
3.1.2.	Materiales e insumos	27
3.1.3.	Diseño Experimental	27
3.1.4.	Tratamientos	28
3.1.5.	Características del área experimental	29
3.1.6.	Variables evaluadas	29
3.1.7.	Conducción del experimento	30
3.2.	Población y muestra	30
3.2.1.	Población	30
3.2.2.	Muestra	30
3.3.	Técnicas de recolección de datos	31
3.4.	Técnicas para el procedimiento de la información	32
<b>CAPITULO IV.</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>33</b>
<b>CAPITULO.V.</b>	<b>DISCUSIÓN</b>	<b>40</b>
<b>CAPITULO.VI.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>44</b>
6.1.	Conclusiones	44
6.2.	Recomendaciones	44



CAPITULO.VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	45
Anexos	53

### Índice de tablas

Número	DESCRIPCIÓN	PAG. N°
1	Requerimientos de proteína total, metionina y metionina + cistina en patos muscovy según diferentes recomendaciones (%).	24
2	Composición porcentual de las dietas experimentales tal como ofrecido	28
3	Composición nutricional de las dietas experimentales tal como ofrecido	29
4	Efecto de utilización de L-metionina en dietas a base de maíz y torta de soya sobre el peso vivo de patos de 0 a 21 días.	33
5	Efecto de utilización de L-metionina en dietas a base de maíz y torta de soya sobre el consumo de alimento de patos de 0 a 21 días.	35
6	Efecto de utilización de L-metionina en dietas a base de maíz y torta de soya sobre la conversión alimenticia de patos de 0 a 21 días.	37

## RESUMEN

**Objetivo:** Evaluar el efecto de la suplementación de diferentes niveles de L-metionina en la dieta basado en maíz y torta de soya de patos de engorde de 0 a 21 días de edad a través de parámetros productivos. **Metodología:** Noventa patos fueron distribuidas al azar en 30 unidades experimentales conformado por 6 tratamientos con 5 réplicas cada una. Cada unidad experimental estuvo formada por 3 animales. Se elaboró una dieta basal con maíz y soya. Seguidamente, se complementó con aminoácido sintético L-Metionina en concentraciones de 0,08; 0,16; 0,24; 0,32 y 0,40%, obteniendo concentraciones de metionina más cistina ascendentes, pero constantes en energía y demás nutrientes. Se realizó el análisis de variancia y la prueba de comparación de medias de Tukey. El modelo lineal discontinuo o segmentado y el modelo de dosis-respuesta fueron ejecutados para determinar el nivel de metionina óptimo. **Resultados:** El peso corporal y el consumo de alimento no fueron influenciados por los niveles de suplementación de L-metionina. Los patos que consumieron dietas suplementadas con 0.24 y 0.32 % L-metionina mostraron las conversiones más eficientes, mientras que los patos que consumieron dietas suplementados con 0.08% L-metionina mostraron la conversión de alimento menos eficiente. **Conclusiones:** La utilización de 0.08 a 0.40% de L-metionina en la dieta influyó sobre la eficiencia de conversión alimenticia, pero no sobre el peso corporal y consumo de alimento. Se determinó que la concentración óptima de metionina más cistina sería de 0.81% en la dieta de patos Muscovy de 0 a 21 días de edad.

**Palabras claves:** Patos Muscovy, metionina más cistina, L-metionina

## ABSTRACT

**Objective:** To evaluate the effect of the supplementation of different levels of L-methionine in the diet based on corn and soybean meal of broilers ducks from 0 to 21 days of age through productive parameters. **Methodology:** Ninety ducks were randomly distributed in 30 experimental units composed of 6 treatments with 5 replicates each. Each experimental unit consisted of 3 animals. A basal diet with corn and soybean meal was elaborated. Next, it was supplemented with synthetic amino acid L-Methionine in concentrations of 0.08; 0.16; 0.24; 0.32 and 0.40%, obtaining ascending concentrations of methionine plus cystine, but constant in energy and other nutrients. Analysis of variance and Tukey's comparison of means test were performed. The discontinuous or segmented linear model and the dose-response model were run to determine the optimal methionine level. **Results:** Body weight and feed intake were not influenced by L-methionine supplementation levels. Ducks consuming diets supplemented with 0.24 and 0.32% L-methionine showed the most efficient feed conversions, while ducks consuming diets supplemented with 0.08% L-methionine showed the least efficient feed conversion. **Conclusions:** The use of 0.08 to 0.40% of L-methionine in the diet influenced feed conversion efficiency, but not body weight and feed intake. It was determined that the optimal concentration of methionine plus cystine would be 0.81% in the diet of Muscovy ducks from 0 to 21 days of age.

**Keywords:** Muscovy ducks, methionine plus cystine, L-methionine

## INTRODUCCION

Los patos constituyen una parte importante de la industria avícola en todo el mundo (Patil *et al.*, 2021), y en los 20 últimos años, su producción ha aumentado considerablemente: de 2,9 millones de toneladas en el año 2000 a cerca de 5 millones de toneladas en 2019 (FAOSTAT, 2021). En América del Sur, la producción de carne de patos paso de 16 a cerca de 23 mil toneladas, lo que representa un aumento del 39% (FAOSTAT, 2021). En el Perú, la producción de patos y su consumo es de gran arraigo, especialmente la zona norte costera peruana. Platillos a base esta especie son tradicionales y muy apetecidos. Según Ali *et al.* (2007), comparado con la carne de pollo de engorde, la carne de pato contiene porcentajes más altos de proteína y cenizas, porcentajes más bajos de grasa y agua y un contenido más alto de fibra de músculo rojo en la carne de pechuga.

En aves de corral, la metionina es el primer aminoácido limitante en las dietas comerciales a base de maíz y soya (Zhao *et al.*, 2018). Dietas deficientes en metionina se reflejan en el deterioro del rendimiento del crecimiento y la calidad de la canal (Wen *et al.*, 2017; Xue *et al.*, 2018), por lo que la suplementación correcta de metionina es crucial para asegurar el crecimiento de las aves (Millecam *et al.*, 2021). La mayoría de los estudios de recomendación de metionina emplearon la DL-Met para crear las diferentes concentraciones dietéticas de aminoácidos azufrados debido a que el isómero L-Met no era disponible como un aditivo alimenticio registrado (Faridi *et al.*, 2016; Millecam *et al.*, 2021). Actualmente, el aminoácido sintético L-Met, se encuentra disponible como un aditivo alimenticio, lo que sugiere establecer la suplementación óptima de L-Met más cistina. La metionina puede complementarse como DL-Met (50% D-Met y 50% L-Met) o L-Met puro. Fisiológicamente, las células animales solo pueden usar los isómeros L de los aminoácidos para los procesos de síntesis proteica, y cada isómero D debe convertirse primero en el isómero L correspondiente antes de usarse en la síntesis de proteínas (Millecam *et al.*, 2021).

Teóricamente, la suplementación de L-Met puro en el alimento debería conducir a una absorción y síntesis de proteínas más eficientes (Millecam *et al.*, 2021). La presente investigación evaluó el efecto de la suplementación de diferentes niveles de L-Met en la dieta sobre el rendimiento productivo de patos de engorde de 0 a 21 días.

## CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Descripción de la realidad problemática

La fluctuación constante del costo del alimento y las preocupaciones sobre el impacto ambiental de la producción animal son incentivos importantes en la búsqueda de una mejor eficiencia en la utilización de nutrientes y, por tanto, la producción animal (Moughan, 2012). En la nutrición de las aves, la metionina es considerado un aminoácido esencial debido a que el ave no puede sintetizarlo en cantidades suficientes (Burley *et al.*, 2016), y se comporta como un aminoácido limitante en raciones base de maíz y soya, si no es complementado con aminoácidos sintéticos, limitando el crecimiento del ave (Millecam *et al.*, 2020).

La deficiencia observada en dietas a base de maíz y soya han sido corregidas con la suplementación de DL-metionina (DL-Met), y con el uso de este suplemento, muchas investigaciones determinaron el requerimiento de aminoácidos azufrados (metionina, cisteína) de la mayoría de aves de importancia zootécnica. Actualmente, la industria de alimentos ha disponibilizado el aminoácido de configuración L o L-metionina (L-Met). Si un ave consume DL-Met, solo el 50% será disponible como L-Met para su absorción directa en el intestino, mientras que el otro 50% debe convertirse primero en L (Millecam *et al.*, 2021). Teóricamente, la suplementación de L-Met puro en el alimento conduciría a una absorción y síntesis de proteínas más eficientes (Millecam *et al.*, 2021), sin embargo, existe poca información de la eficiencia de conversión de D- a L-Met en aves (Esteve-García & Khan, 2018).

La presente investigación evaluó el efecto de la suplementación de diferentes niveles de L-Met en la dieta de patos de engorde de 0 a 21 días de edad a través de la medición del peso corporal, ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia, longitud de la cuarta pluma del ala primaria e índice de plumaje.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿La suplementación de diferentes niveles de L-Met en la dieta de patos de engorde de 0 a 21 días influyen sobre su rendimiento productivo?

### **1.2.2. Problemas específicos**

¿La suplementación de diferentes niveles de L-Met en la dieta de patos de engorde de 0 a 21 días influyen sobre el peso corporal?

¿La suplementación de diferentes niveles de L-Met en la dieta de patos de engorde de 0 a 21 días influyen sobre el consumo de alimento?

¿La suplementación de diferentes niveles de L-Met en la dieta de patos de engorde de 0 a 21 días influyen sobre la conversión alimenticia?

¿La suplementación de diferentes niveles de L-Met en la dieta de patos de engorde de 0 a 21 días influyen sobre el índice de plumaje?

## **1.3. Objetivos de la investigación**

### **1.3.1. Objetivo general**

Evaluar el efecto de la suplementación de diferentes niveles de L-Met en la dieta de patos de engorde de 0 a 21 días de edad a través de parámetros productivos.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

Evaluar la suplementación de diferentes niveles de L-Met en la dieta y su efecto sobre el peso corporal de patos de engorde de 0 a 21 días.

Evaluar la suplementación de diferentes niveles de L-Met en la dieta y su efecto sobre el consumo de alimento de patos de engorde de 0 a 21 días.

Evaluar la suplementación de diferentes niveles de L-Met en la dieta y su efecto sobre la conversión alimenticia de patos de engorde de 0 a 21 días.

Evaluar la suplementación de diferentes niveles de L-Met en la dieta y su efecto sobre el índice de plumaje de patos de engorde de 0 a 21 días.

#### **1.4. Justificación de la investigación**

Actualmente, el aminoácido sintético L-Met, se encuentra disponible como un aditivo alimenticio, lo que sugiere establecer la suplementación óptima de L-Met más cistina. La metionina puede complementarse como DL-Met (50% D-Met y 50% L-Met) o L-Met puro. Si un ave consume DL-Met, solo el 50% está disponible directamente como L-Met, mientras que el otro 50% debe convertirse primero a la configuración L (Millecam *et al.*, 2021). Teóricamente, la suplementación de L-Met puro en el alimento debería conducir a una absorción y síntesis de proteínas más eficientes (Millecam *et al.*, 2021).

La eficacia de L-Met en comparación con DL-Met se ha examinado recientemente en cerdos (Kong *et al.*, 2016), pollos de engorde (Millecam *et al.*, 2021), pavos (Park *et al.*, 2018) y peces (Powell *et al.*, 2015), y la mayoría de estos resultados muestran leves ventajas de L-Met en comparación con DL-Met, pero con algunas inconsistencias; que estarían relacionados con las diferencias en especies, edad y las variables de respuesta examinadas (Zhang *et al.*, 2019).

La presente investigación evaluó la suplementación de diferentes niveles de L-Met en la dieta de patos de engorde de 0 a 21 días. Los resultados obtenidos pueden ser utilizados como referencia en la alimentación de patos muscovy en la fase de inicio (0-3 semanas) cuando se emplea L-Met como fuente de suplementación del aminoácido metionina.

#### **1.5. Delimitaciones del estudio**

El experimento fue realizado en una instalación experimental particular ubicado en Amay, ciudad de Huacho, utilizando patos de 0 hasta los 21 días de edad. El experimento inicio el 1 de noviembre y culmino el 22 de noviembre del 2021.

## CAPITULO II. MARCO TEORICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación

Millecam *et al.* (2021) investigaron las necesidades óptimas de L-Met más Cys de los pollos de engorde en la fase de inicio (0-10 días), crecimiento (11-23 días) y finalización (24-35 días) de vida por separado. Se formulo una dieta basal deficiente en Met + Cys junto con otras 6 dietas con concentraciones crecientes de L-Met para cada fase. Las aves solo se incluyeron en una fase de vida y se alimentaron con una dieta comercial antes de su inclusión. Se midieron el peso corporal, la ganancia diaria de peso, la ingesta diaria de alimento y la relación de conversión alimenticia (relación ganancia / alimento) para todas las aves. Se determinaron los parámetros de sacrificio para las aves incluidas en la fase de finalización. Al final de cada período de estudio, se observaron diferencias significativas en todos los parámetros de desempeño medidos. Las aves alimentadas con las dietas deficientes se caracterizaron por un rendimiento más bajo, mientras que, desde algún punto, no se pudo observar ninguna ganancia en el rendimiento. La suplementación correcta de L-Met parecía más crucial en la fase de inicio y crecimiento, que se caracterizó por mayores diferencias en el rendimiento entre las dietas de prueba en comparación con las aves de finalización. Los requisitos óptimos de Met + Cys se determinaron utilizando modelos lineales de línea discontinua y asintóticos exponenciales. El modelo lineal de línea discontinua mostró en general el mejor ajuste. A partir de este estudio, se pudo concluir que los pollos de engorde tienen menores requisitos de L-Met más Cys basados en la suplementación con L-Met que los requisitos convencionales basados en DL-Met. Sin embargo, se requiere más investigación para confirmar estos hallazgos.

Wu *et al.* (2021) ejecutaron un experimento factorial de  $2 \times 6$  para determinar las influencias de los niveles de energía metabolizable (EM) y metionina (Met) de la dieta sobre el rendimiento del crecimiento, las características de la canal y los parámetros bioquímicos plasmáticos de patos Pekín de 1 a 21 días de edad. Un total de 600 patitos Pekín machos de un día de edad fueron asignados aleatoriamente a 12 grupos (seis repeticiones de cada grupo y ocho patos por repetición) en un arreglo de dos factores de  $2 \times 6$ . Los niveles basales de Met de dos dietas basales (11,54 y 12,52 MJ / kg EM) fueron 0,31 y 0,29%, respectivamente. El aminoácido cristalino L-Met se complementó para producir seis dietas de acuerdo con diferentes niveles complementarios (0, 0.05,



0.10, 0.15, 0.20 y 0.25%). Los resultados mostraron que el peso corporal y el aumento de peso diario promedio aumentaron con el aumento de los niveles de Met en la dieta. A medida que aumentaba el nivel de Met en la dieta, aumentaba el rendimiento muscular de la pierna. Por el contrario, el aumento del nivel de EM en la dieta disminuyó el rendimiento muscular de la pierna y aumentó la grasa abdominal. Los resultados sugieren que el requerimiento de Met de los patos Pekin en la etapa inicial se vio afectado por los niveles de EM en la dieta. Los datos potencialmente proporcionan apoyo teórico para la utilización de L-Met cristalino en la producción de patos.

Zhang *et al.* (2019) evaluaron el efecto de la L-Met sobre el crecimiento, la calidad de la canal, las características de las plumas y la morfología del intestino delgado de patos Pekín comparado con la suplementación convencional de DL-Met. Durante la fase inicial (1 a 14 días), los patos fueron alimentados con una dieta basal (Met, 0,30%) o suplementada con DL-Met o L-Met al 0,05, 0,10, 0,15 o 0,20% del alimento. Durante la fase de crecimiento (15 a 35 días), los patos fueron alimentados con una dieta basal (Met, 0.24%) o suplementada con DL-Met o L-Met al 0.04, 0.08, 0.12 o 0.16% del alimento. En comparación con los patos alimentados con la dieta basal, la suplementación con DL-Met o L-Met aumentó el peso corporal de los patos en los días 14 y 35, aumentó la ganancia diaria promedio y la ingesta diaria promedio de alimento, disminuyó la conversión alimenticia en la fase inicial y aumento la ganancia de peso diaria durante todo el período de 35 días. La eficacia de L-Met en comparación con DL-Met fue de 140,1% para 14 días de peso corporal, 137,6% para ganancia de peso diaria y 121,0% para la conversión alimenticia durante los días 1 a 14. Los patos alimentados con dietas suplementadas con L-Met tenían una mayor proporción de musculo en las piernas, mayor que en patos complementados con DL-Met. La proporción de músculo de la pechuga se mejoró con la suplementación con DL-Met en lugar de L-Met. La puntuación de las plumas del dorso y la longitud de la cuarta pluma del ala primaria aumentaron con la suplementación con DL-Met o L-Met y hubo una mayor eficacia de L-Met en relación con DL-Met para la puntuación de las plumas del dorso (153,1%). La suplementación dietética de DL-Met o L-Met aumentó la altura de las vellosidades de la mucosa ileal de los patos en los días 14 y 35. En general, la suplementación dietética con L-Met o DL-Met afectó el rendimiento del crecimiento de los patos durante la fase inicial y mejoró los rasgos de las plumas y la morfología del intestino delgado. La eficacia de L-Met a DL-Met varió de 120 a 140% para el rendimiento de crecimiento de

los patos jóvenes (1 a 14 días) y fue del 153% para los rasgos de pluma de los patos (35 días).

Wickramasuriya *et al.* (2019) al evaluar el efecto de los isómeros de metionina (D- y L-Met) en pollos de engorde expuestos a estrés por calor agudo (33°C) observaron que las aves que consumieron la dieta suplementada con L-Met mejoró el rendimiento del crecimiento, superó la depresión del crecimiento y redujo la incidencia de dermatitis de la almohadilla del pie cuando los pollos de engorde estuvieron expuestos a estrés por calor agudo en el período de inicio.

Xue *et al.* (2018) realizaron un experimento de dosis - respuesta para investigar los efectos del exceso de DL-Met y L-Met sobre la respuesta de crecimiento de los patos Pekin en la fase de inicio de 7 a 21 días de edad. Un total de 462 patos Pekín machos de siete días de edad fueron colocados en 77 corrales con piso de alambre con 6 aves por corral. Hubo 11 tratamientos que incluyeron una dieta control con nivel adecuado con metionina (que contenía 0,49% de metionina) y dietas de control suplementadas con 5 niveles de DL-Met o L-Met (0,25, 0,50, 0,75, 1,0 y 1,25%). A los 21 días de edad, se midió la ganancia de peso, el consumo de alimento y la conversión alimenticia. El aumento de peso y la ingesta de alimento no cambiaron notablemente y se mantuvieron en una meseta cuando la DL-Met o L-Met suplementaria estaba por debajo del 0,50%, pero la ganancia de peso y la ingesta de alimento disminuyeron aún más a medida que la DL-Met o L-Met suplementaria aumentó de 0,50 a 1,25%. Tanto el exceso de DL-Met como el de L-Met redujeron la ganancia de peso y la ingesta de alimento, pero no hubo diferencias significativas en la ganancia de peso y la ingesta de alimento entre los patos alimentados con dietas suplementadas con DL-Met o L-Met. Según este ensayo, las eficiencias de DL-Met en relación con L-Met para la depresión del aumento de peso y la ingesta de alimento fueron del 97 y 95%, respectivamente. En resumen, el exceso de DL-Met y L-Met fue tóxico para los patos Pekin en la etapa de inicio y ambas fuentes de metionina fueron igualmente deprimentes para el crecimiento.

Yoo *et al.* (2017) evaluó siete niveles de metionina en la dieta (0,30 a 0,90% con un incremento del 0,1%) para determinar el requerimiento de metionina de patos nativos coreanos machos durante 3 semanas después de la eclosión, a partir del primer día de edad. Cada tratamiento dietético tuvo seis repeticiones con ocho patitos por corral. El peso corporal final y la ganancia de peso aumentaron con el incremento de los niveles

de metionina en la dieta hasta un 0,4%, y luego disminuyeron con un aumento adicional del nivel de metionina en la dieta. Por el contrario, el índice de conversión alimenticia disminuyó hasta un 0,4% y aumentó con el aumento del nivel de metionina en la dieta. Tanto el peso corporal vacío como las proporciones de peso corporal vacío aumentaron linealmente mientras que el nivel de metionina en la dieta se elevó hasta 0.4%. El requerimiento dietético de metionina estimado para pesos corporales máximos, ganancia diaria y relación de conversión alimenticia mínima fue 0.36, 0.39 y 0.40%, respectivamente, cuando se ajustó a los modelos de meseta lineal y cuadrática.

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Forma química de la metionina

La metionina (ácido  $\gamma$ -metiltiobutírico) contiene un grupo  $\alpha$ -amino y una cadena lateral que no contiene carga, clasificándose en el grupo de aminoácidos neutros. La metionina lleva el nombre de su estructura, ya que su cadena lateral contiene un grupo metilo unido covalentemente a un átomo de azufre (Yang *et al.*, 2020).

Todos los aminoácidos de las proteínas, excepto la glicina, tienen un centro quiral en  $C\alpha$  con configuración L (Brunner *et al.*, 2019) que le permite exhibir el fenómeno de quiralidad o actividad óptica (McDonald *et al.*, 2010) y tomar dos formas de imagen especular, dextro- o D- y levo- o L- (Figura 1). Es decir, la forma L y la forma D corresponden a dos aminoácidos simétricos como imágenes especulares (Yang *et al.*, 2020).

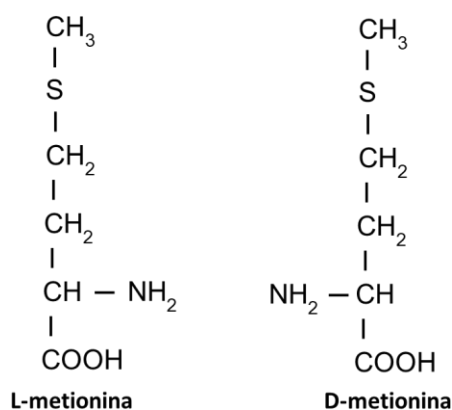


Figura 1. Estructura de la metionina (químicamente conocida como ácido  $\alpha$ -amino- $\gamma$ -metiltiobutírico). La diferencia entre D-Met y L-Met se

encuentra en los dos enlaces C-N.

Los animales pueden usar L-Met directamente para el metabolismo, incluida la síntesis de proteínas (Tian *et al.*, 2016; Kong *et al.*, 2016), mientras que D-Met debe convertirse enzimáticamente en L-Met antes de ser utilizadas por el animal (Figura 2; Zhang *et al.*, 2018). El isómero D-Met se oxida primero a ácido 2-ceto-4 (metiltio) butanoico (KMB) por la enzima D-aminoácido oxidasa (D-AAOX). La D-AAOX es una enzima peroxisomal que usa flavina adenina dinucleótido (FAD) como cofactor y se encuentra presente en varios tejidos (Pollegioni *et al.*, 2007) como el hígado, riñón e intestino delgado de pollos (Brachet & Puigserver, 1992). En pollos, la KMB es transaminado por la enzima transaminasa usando leucina, la isoleucina y la valina que actúan como donantes de amino para la síntesis de metionina, mientras que la glutamina es mucho menos eficaz (Gordon & Sizer, 1965). La transaminasa es ubicua y no se cree que sea un paso limitante en el proceso de transformación (Zhang *et al.*, 2018).

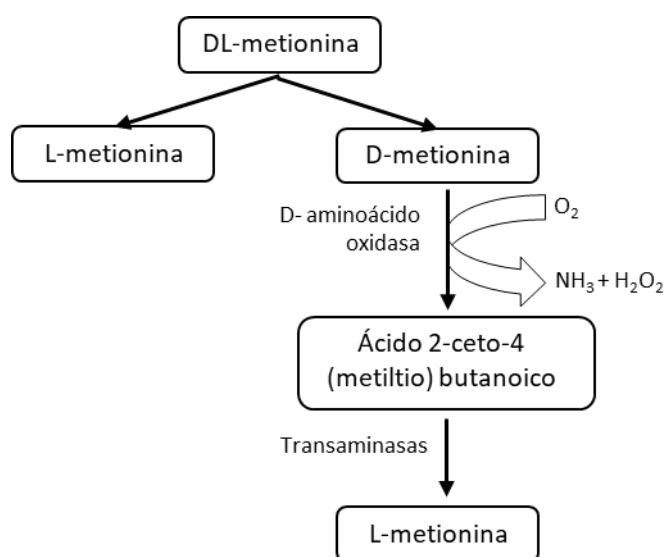


Figura 2. Metabolismo de la metionina proveniente de la fuente dietética DL-Met (Zhang *et al.*, 2018).

El producto grado alimenticio, fuente de metionina, más utilizada es DL-Met (99% puro), una mezcla 50:50 de D-Met y L-Met (Yang *et al.*, 2020). Comparado con DL-Met, el producto L-Met es menos conocida. El producto L-Met se obtenía habitualmente mediante la purificación de L-Met a partir de productos DL-Met, pero a costo elevado por lo que rara vez era utilizado en la

industria de alimentos para animales (Yang *et al.*, 2020). Recientemente, un producto L-Met de grado alimenticio (99% de pureza) es disponible comercialmente. El producto L-Met de grado alimenticio se produce a partir de síntesis química, fermentación microbiana de materias primas de origen vegetal o una combinación de ambas (Willke, 2014).

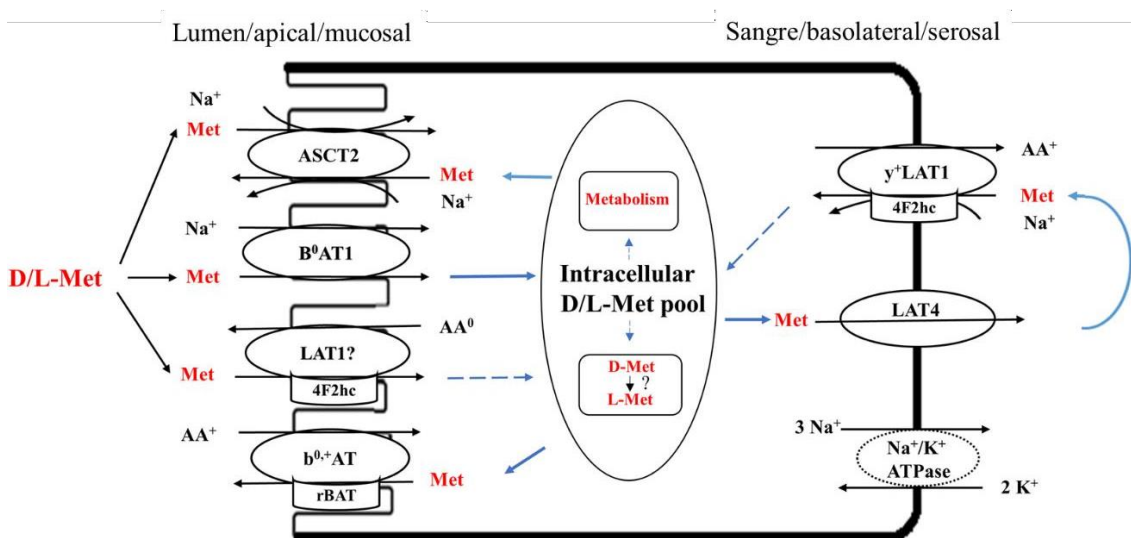
### **2.2.2. Absorción intestinal y metabolismo celular de la metionina**

La asimilación de los nutrientes de la dieta se produce principalmente en el intestino delgado (Zhang *et al.*, 2017). Las proteínas de la dieta se digieren primero mediante hidrólisis enzimática para generar productos finales absorbibles, incluidos aminoácidos y péptidos libres (Zhang *et al.*, 2017). Estos nutrientes son absorbidos por las células epiteliales que recubren el intestino delgado mediante una variedad de transportadores (Zhang *et al.*, 2017). Una vez dentro de las células epiteliales, estos nutrientes se utilizan para el metabolismo celular o se transportan fuera de la célula y en la sangre para su entrega a otras células y tejidos (Gilbert *et al.*, 2008).

Una absorción insuficiente en el intestino aumentaría la excreción de desechos. Los ingredientes, las proporciones de aminoácidos, los regímenes de alimentación y la calidad del agua tienen efectos sobre la función y la expresión del transportador involucrado en la absorción de un nutriente (Tian *et al.*, 2015; Wu *et al.*, 2018; Yang *et al.*, 2019). Por lo tanto, estos parámetros también pueden afectar potencialmente la absorción de metionina (Fagundes *et al.*, 2020).

DL-Met se absorbe principalmente en el intestino delgado a través del transporte mediado por portadores (Soriano-García *et al.*, 1998). Tras la absorción intestinal, toda la D-Met debe convertirse en L-Met antes de que las células lo utilicen eficazmente (Yang *et al.*, 2020). Los transportadores de aminoácidos se definen como transportadores de portadores de solutos y se pueden clasificar en familias según la selectividad del sustrato y la dependencia / independencia del sodio. Como aminoácido neutro, la metionina podría transportarse por múltiples rutas, incluidas las vías dependientes del sodio y vías independientes del sodio (To *et al.*, 2021). Según To *et al.* (2021) la absorción de la metionina en el

intestino animal sería de la siguiente manera (Figura 3): La  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -ATPasa basolateral mantiene una concentración baja de  $\text{Na}^+$  intracelular para crear un gradiente a través de la membrana apical que soporta el cotransporte de  $\text{Na}^+$ -metionina. Múltiples transportadores participan en el transporte de metionina desde la membrana apical. A concentraciones bajas de metionina, la absorción de metionina puede facilitarse de manera eficaz mediante el transportador ASCT2 de alta afinidad dependiente de sodio y/o el transportador 4F2hc/LAT1 de alta/media afinidad independiente de sodio. Mientras tanto, el transportador rBAT/ $\text{b}^{0,+}\text{AT}$  de alta afinidad independiente de sodio es un importante antiportador que apoya la entrada de AA catiónicos a cambio de Met. A altas concentraciones, la entrada de Met está mediada principalmente por el transportador  $\text{B}^0\text{AT1}$  de baja afinidad dependiente de sodio. El transporte basolateral parece ser más simple que el transporte apical. El transportador LAT4 de baja afinidad independiente de sodio gobierna el flujo de Met hacia el torrente sanguíneo, mientras que el transportador 4F2hc /  $\gamma^+\text{LAT1}$  de alta afinidad permite que Met vuelva a entrar para apoyar el metabolismo intracelular y / o permitir el flujo de AA catiónico. Las flechas azules indican los flujos de Met cuando la concentración de Met es alta en el lumen intestinal. Las flechas azules punteadas pueden desempeñar un papel menor. Una vez que DL-Met ingresa al grupo intracelular, una gran cantidad se reubicará en el lado basolateral para ingresar a la sangre y una pequeña cantidad se metabolizará o se someterá a conversión isomérica.



*Figura 3. Modelo de transporte esquemático de metionina en el intestino del animal (To et al., 2021).*

### **2.2.3. La metionina como aminoácido esencial para aves de corral**

Metionina y cisteína pueden considerarse los principales aminoácidos que contienen azufre porque son dos de los 20 aminoácidos que se incorporan a las proteínas (Brosnan y Brosnan, 2006). Desde un punto de vista nutricional, metionina se clasifica como nutricionalmente esencial para animales y humanos según el crecimiento o el balance de nitrógeno, mientras que la cisteína se clasifica como semi-esencial porque se puede producir a partir de la metionina (Wu, 2010). Dado que el cuerpo no puede sintetizar el esqueleto de carbono, esos aminoácidos deben incluirse en la dieta (Jankowski *et al.*, 2014).

En aves, la metionina es considerado esencial porque el ave no puede sintetizarlo en cantidades suficientes y, por lo tanto, debe ser suministrado por la dieta (Burley *et al.*, 2016). El maíz, la harina de soya y otros ingredientes vegetales comunes utilizados en las dietas típicas de las aves de corral tienen niveles bajos de metionina, por lo que este aminoácido se considera a menudo el primer aminoácido limitante para las gallinas ponedoras y el segundo para los pollos de engorde, después de la lisina, cuando estas aves reciben dietas a base de maíz y harina de soya (Burley *et al.*, 2016).

Como aminoácido limitante en las dietas avícolas, la metionina afecta los parámetros de producción avícola, como el aumento de peso corporal, el índice de conversión alimenticia y la calidad de la canal (Jankowski *et al.*, 2014). Resultados recientes sugieren que los requerimientos de metionina son más altos para alcanzar una actividad inmunoestimuladora que para una producción óptima (Jankowski *et al.*, 2014). El contenido de metionina de las dietas avícolas debe adaptarse a los requisitos específicos de las aves para mantener un equilibrio adecuado de aminoácidos en el cuerpo que estimula el crecimiento, maximiza el rendimiento de la canal, reduce la grasa de la canal y promueve una ingesta adecuada de alimento para minimizar las pérdidas y reducir los costos de producción (Bunchasak, 2009).

#### **2.2.4. Efectividad de la metionina sobre el rendimiento de aves de engorde**

Fagundes *et al.* (2020) investigaron la digestibilidad y los transportadores moleculares de aminoácidos esenciales en pollos alimentados con una dieta deficiente en metionina. Las aves alimentadas con la dieta deficiente tuvieron un crecimiento reducido y una peor eficiencia alimentaria en comparación con el control. La digestibilidad ileal de la metionina fue similar entre ambos grupos mientras que la digestibilidad ileal de otros aminoácidos esenciales fue mayor en el grupo deficiente que en el control. Una dieta deficiente en metionina afecta la digestibilidad de los aminoácidos esenciales y la cisteína, pero no la digestibilidad de la metionina.

Zeng *et al.* (2015) realizaron un estudio para establecer la respuesta de los patos de Pekín a la metionina dietética entre los 15 y los 35 días de edad. Las dietas experimentales se formularon para contener 0.35, 0.45, 0.55, 0.65 y 0.75% de Met (0.30, 0.39, 0.45, 0.56 y 0.68%, respectivamente) y 0,3% de cisteína (0.25, 0.27, 0.26, 0.26, y 0.28%, respectivamente). Los resultados mostraron que la alimentación con 0.30% Met (0.55% Met + Cys) afectó significativamente la ganancia diaria de peso, la conversión alimenticia, el rendimiento de carne de pechuga y el crecimiento de plumas en comparación con los otros tratamientos dietéticos.

Peng *et al.* (2018) evaluaron los efectos de la deficiencia o la adición de altos niveles de metionina en la dieta sobre el metabolismo de la homocisteína y el metabolismo de los lípidos hepáticos en pollos de engorde. La metionina dietética analizada fue de 0,271%, 0,485% y 0,584% respectivamente para la dieta deficiente, suficiente y excesiva de metionina. La dieta deficiente en metionina disminuyó significativamente el rendimiento de crecimiento de 1 a 21 días y el aumento del extracto etéreo en el hígado. Asimismo, la expresión del gen de transporte de lípidos apolipoproteína B disminuyó tanto en el grupo deficiente como en el grupo con exceso de metionina. La deficiencia de metionina en la dieta disminuyó la exportación de lípidos hepáticos y posteriormente aumentó la acumulación de lípidos hepáticos, mientras que la adición de altos niveles de metionina en la dieta aumentó el catabolismo de los lípidos hepáticos y posteriormente disminuyó la acumulación de lípidos en el



hígado.

Bodin *et al.* (2019) evaluaron los efectos de un nivel reducido de metionina en la dieta sobre el desempeño de patos ponedoras y el impacto en el fenotipo de su progenie. El grupo restringido recibió dietas que contenían 0,25% de metionina mientras que el grupo de control recibió dietas que contenían un 0,40% de metionina que cubría sus requerimientos. La restricción se evaluó durante los períodos de crecimiento y postura, de 10 a 51 semanas de edad. El peso total, el peso de la albúmina y el porcentaje de materia seca de la albúmina disminuyeron para los huevos puestos por reproductoras hembras del grupo restringido. Tanto los patos machos como las hembras del grupo restringido de reproductoras mostraron un peso reducido al nacer y una tendencia a un aumento del peso proporcional del hígado. Asimismo, el bajo nivel de metionina en la dieta materna modificó los parámetros plasmáticos en los patitos recién nacidos independientemente del sexo: las actividades de fosfatasa alcalina y alanina transaminasa se redujeron, niveles de glucosa y los triglicéridos fueron más altos mientras que disminuyó el nivel de ácidos grasos libres.

Wu *et al.* (2012) investigaron los efectos de la deficiencia de metionina en la función inmune celular determinando cambios morfológicos y ultraestructurales del timo. Se utilizaron pollos de engorde de 1 día de edad y se alimentaron con una dieta de control o una dieta deficiente en metionina durante 42 días. Histopatológicamente, observaron linfopenia y congestión en la médula del lóbulo tímico. Ultraestructuralmente, había más apoptosis de linfocitos y las mitocondrias de los linfocitos estaban hinchadas en el timo por deficiencia de metionina. Se concluyó que la deficiencia de metionina afecta la función inmunitaria de pollos de engorde causando cambios patológicos y ultraestructurales del timo, reduciendo la población de células T, el contenido de interleucina-2 en suero y la función de proliferación de las células T, e induciendo un mayor porcentaje de células apoptóticas.

### 2.2.5. Aspectos nutricionales del pato

Los patos pueden regular la cantidad de energía ingerida a través de la ingesta de alimento, y se considera que no responde a las variaciones en el nivel de energía de la dieta (Baeza, 2016). El crecimiento será similar si se alimenta con niveles de energía dietaria que varían entre 2.5 y 3.0 Mcal EM/kg., pero el consumo de alimento y la conversión alimenticia serán más altos comparados con dietas bajas en energía (Baeza, 2016).

En animales en crecimiento, los nutrientes absorbidos utilizados para funciones de mantenimiento corporal y deposición de proteínas y lípidos corporales (De Lange *et al.*, 2013) representan el equilibrio de la síntesis y degradación de nutrientes con altos costos energéticos (Gill *et al.*, 1989). El gasto energético de este equilibrio dependerá del perfil de nutrientes suministrados, donde un exceso de aminoácidos conllevará a su catabolismo, principalmente hepático, con alto costo de energía (McDonald *et al.*, 2010).

La densidad de nutrientes en la dieta es el factor nutricional más crítico en los patos (Zeng *et al.*, 2015) influenciando significativamente en el crecimiento y calidad de carcasa (Wen *et al.*, 2017). Existen discrepancias en la densidad de nutrientes según los propósitos de producción del pato (Zeng *et al.*, 2015). En patos Pekin utilizados para asar, la calidad de carcasa, especialmente el nivel de grasa subcutánea, es más importante, por lo que incluir niveles óptimos de energía, proteína o aminoácidos puede generar ganancias adicionales al satisfacer la demanda de rendimiento de grasa subcutánea y reducir el costo del alimento (Liu *et al.*, 2019).

Los aminoácidos que normalmente limitan la producción en aves son la lisina y aminoácidos azufrados (metionina y cistina), seguidos de cerca por la treonina, mientras que el triptofano podría llegar a ser limitante en dietas con altos niveles de inclusión de maíz (Santomá y Mateos, 2018). La tabla 1 muestra los requerimientos de energía metabolizable, proteína y aminoácidos limitantes de varios autores.

Tabla 1

*Requerimientos de proteína total, metionina y metionina + cistina en patos Muscovy según diferentes recomendaciones (%).*

<b>Autores</b>	<b>EM, kcal/kg</b>	<b>Proteína, %</b>	<b>Lisina, %</b>	<b>Metionina, %</b>	<b>Metionina + cistina, %</b>	<b>Treonina, %</b>
<b>Grimaud</b>						
<b>Freres</b>						
<b>Company, 2015</b>						
0 a 3 semanas	2850	19	0.95	0.45	0.85	0.75
4 a 7 semanas	2900	17	0.85	0.40	0.65	0.60
8 a 12 semanas	3000	15	0.75	0.30	0.6	0.50
<b>Scott &amp; Dean,</b>						
<b>1991</b>						
0 a 3 semanas	2800	20	1.05	0.44	0.79	0.74
4 a 7 semanas	2900	18	0.88	0.40	0.59	-
<b>INRA, 1989</b>						
0 a 2/3 semanas	2900	18.4	0.88	0.35	0.73	0.62
3 a 6 semanas	3000	16	0.76	0.33	0.65	0.55
> 6 semanas	3000	15	0.72	0.30	0.62	0.52

La lisina juega un papel importante en el rendimiento del crecimiento y la utilización de alimento de las aves de corral (Siqueira *et al.*, 2013). La lisina participa principalmente en el metabolismo de las proteínas (Urdaneta-Rincon & Leeson, 2004), y es importante para desarrollar un patrón ideal de aminoácidos, aunque es el segundo aminoácido limitante cuando las dietas se formulan a base de harina de maíz y soya en la producción avícola (Abdel-Maksoud *et al.*, 2010).

La metionina es un precursor de la síntesis de proteínas y sirve como aminoácido predominante para el inicio de la traducción (Zhang *et al.*, 2018), participa en el metabolismo del grupo metilo y es un intermediario en la biosíntesis de otras moléculas importantes como la cisteína, el glutatión y la taurina (Zhang *et al.*, 2018). La metionina se convierte mediante transulfuración en cistina, que

participa en la síntesis de queratina de las plumas y es importante para el crecimiento de las plumas (Zeng *et al.*, 2015)

El triptófano es un aminoácido esencial para las aves de corral, necesario para la síntesis de proteínas, afecta el apetito, regula el metabolismo de los lípidos y las respuestas inmunitarias, y juega un papel vital en la función intestinal (Emadi *et al.*, 2010).

La treonina, el tercer aminoácido limitante en las dietas convencionales para aves es importante en la síntesis de colágeno y elastina, y en la producción de anticuerpos (Ton *et al.*, 2013). La treonina participa en varios procesos metabólicos que representan aproximadamente el 40% de la estructura de la proteína del moco (Carlstedt *et al.*, 1993) y, por lo tanto, desempeña un papel importante en la mucosa intestinal (Abdaljaleel *et al.*, 2018).

### **2.3. Definición de términos básicos**

Isómero: Uno de dos o más compuestos que tienen la misma fórmula química pero diferente disposición de los átomos dentro de las moléculas y que puede tener distintas propiedades físicas y químicas.

Metionina: Aminoácido azufrado esencial que participa en la síntesis de proteínas. Es el primer aminoácido en la cadena de cualquier proteína.

Aminoácido limitante: Aminoácido que al ser adicionado a la ración produce una respuesta en el rendimiento animal.

## **2.4. Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

La suplementación de diferentes niveles de L-Met en la dieta de patos de engorde no influye sobre los parámetros productivos.

### **2.4.2. Hipótesis específicas nulas**

La suplementación de diferentes niveles de L-Met en la dieta no influye sobre el peso corporal de patos de engorde de 0 a 21 días.

La suplementación de diferentes niveles de L-Met en la dieta no influye sobre el consumo de alimento de patos de engorde de 0 a 21 días.

La suplementación de diferentes niveles de L-Met en la dieta no influye sobre la conversión alimenticia de patos de engorde de 0 a 21 días.

La suplementación de diferentes niveles de L-Met en la dieta no influye sobre el índice de plumaje de patos de engorde de 0 a 21 días.

## **CAPITULO III. METODOLOGIA**

### **3.1. Diseño metodológico**

#### **3.1.1. Ubicación**

El experimento fue realizado en el pueblo de Amay, ciudad de Huacho, Provincia de Huaura, Región Lima-Provincias.

#### **3.1.2. Materiales e insumos**

Los materiales utilizados fueron:

- Galpon experimental de estructura de palos.
- Mallas de nylon que circundan el galpon
- Mantas arpilleras
- Viruta como cama de cria
- Campanas de calefacción
- Balones de gas
- Comederos bb.
- Bebederos bb.

Los insumos utilizados fueron:

- Alimento balanceado peletizado de inicio
- Balanza gramera electrónica, de 1 gramo de precisión, de 5 kg de capacidad.

#### **3.1.3. Diseño experimental**

Se utilizó un diseño completamente al azar, debido a que las unidades experimentales (grupo de aves) presentaban pesos uniformes y el lugar donde se realizó el experimento fue de ambiente controlado. Las aves fueron distribuidas al azar en 30 unidades experimentales (6 tratamientos con 5 réplicas cada una). Cada unidad experimental o replica estuvo formado por 3 animales.

### 3.1.4. Tratamientos

Se consideró 6 tratamientos (tratamiento control más cinco tratamientos con niveles ascendentes de L-Met) con cinco réplicas para cada tratamiento. Se elaboró una dieta basal deficiente en aminoácidos azufrados para las fases de inicio, de 1 a 21 días de edad. Seguidamente, se complementó con L-Met (pureza del 99%) para obtener concentraciones de metionina más cistina (Met + Cist) ascendentes, pero constantes en energía, proteína, lisina, treonina, fibra, grasa, calcio y fósforo (Tabla 2 y 3).

Tabla 2

*Composición porcentual de las dietas experimentales tal como ofrecido.*

Ingredientes	Tratamientos					
	0.00%	0.08%	0.16%	0.24%	0.32%	0.40%
	L- Met	L- Met	L- Met	L- Met	L- Met	L- Met
Aceite de soya	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Maíz	62.83	62.83	62.83	62.83	62.83	62.83
Torta soya 48	21.54	21.54	21.54	21.54	21.54	21.54
Afrecho	10.77	10.77	10.77	10.77	10.77	10.77
L-lisina	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
<b>DL-metionina</b>	<b>0.00</b>	<b>0.08</b>	<b>0.16</b>	<b>0.24</b>	<b>0.32</b>	<b>0.40</b>
L-treonina	-	-	-	-	-	-
L-triptófano	-	-	-	-	-	-
Carbonato de calcio	0.978	0.978	0.978	0.978	0.978	0.978
Fosfato dicálcico	1.757	1.757	1.757	1.757	1.757	1.757
Sal	0.324	0.324	0.324	0.324	0.324	0.324
Premezcla	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
Secuestrante	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
Antifúngico	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
Cascara arroz	0.400	0.320	0.240	0.160	0.080	0.000
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

Tabla 3

*Composición nutricional de las dietas experimentales tal como ofrecido.*

Nutrientes	Tratamientos					
	0.00%	0.08%	0.16%	0.24%	0.32%	0.40%
	L- Met	L- Met	L- Met	L- Met	L- Met	L- Met
EM	2900	2900	2900	2900	2900	2900
Proteína	17	17	17	17	17	17
Lisina	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
<b>Metionina</b>	<b>0.27</b>	<b>0.35</b>	<b>0.43</b>	<b>0.51</b>	<b>0.59</b>	<b>0.67</b>
<b>Met+Cis</b>	<b>0.56</b>	<b>0.64</b>	<b>0.72</b>	<b>0.80</b>	<b>0.88</b>	<b>0.96</b>
Treonina	0.661	0.661	0.661	0.661	0.661	0.661
Triptófano	0.206	0.206	0.206	0.206	0.206	0.206
Fibra	2.756	2.756	2.756	2.756	2.756	2.756
Grasa	3.072	3.072	3.072	3.072	3.072	3.072
Calcio	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
P. disponible	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Sodio	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15

El alimento fue elaborado y peletizado en la planta de alimentos “Alimentos Cielo” ubicado en la Provincia de Barranca, Región Lima-Provincia.

### 3.1.5. Características del área experimental

La investigación fue ejecutada en un galpón con piso de tierra, enmallado a su alrededor, y en divisiones o corrales de 1 metro cuadrado.

Los corrales (30) fueron construidas utilizando malla de nylon. Se utilizó 30 bebederos de goteo y 30 comederos para patos.

### 3.1.6. Variables a evaluar

Las variables evaluadas fueron los siguientes:

- Peso corporal
- Consumo de alimento



- Conversión alimenticia
- Índice de plumaje

### **3.1.7. Conducción del experimento**

- Los 21 días del experimento fue proporcionado calefacción, según las normas de Grimaud Freres Company (2015).
- La altura de los comederos, así como el de los bebederos fueron regulados a la altura del pecho del ave, según su crecimiento.
- Durante el experimento, el alimento y el agua fueron suministrado a voluntad.
- Se tomaron medidas preventivas tales como ingreso restringido de personas, desinfección de las pozas, así como limpieza constante de los comederos, bebederos, corrales y remoción periódica de la cama.
- Los patos fueron vacunados al día de nacido contra Newcastle, bursitis infecciosa aviar o enfermedad de Gumboro y bronquitis infecciosa a los 12 días de edad
- Se realizó el pesaje de peso del ave a la recepción, y semanalmente.
- El consumo de alimento fue cuantificado semanalmente.

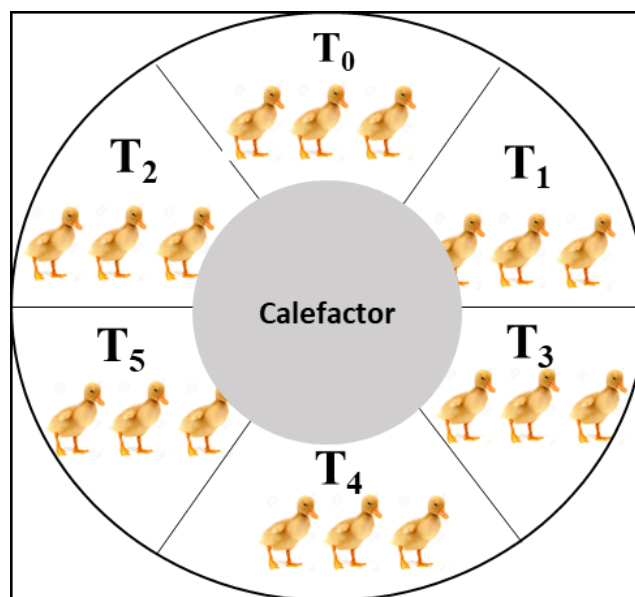
## **3.2. Población y muestra**

### **3.2.1. Población**

Cien patos machos bebes de un día de edad fueron adquiridos en una incubadora comercial de patos ubicada en la localidad de Luriana, distrito de Santa María, Provincia de Huaura, Región Lima -Provincias.

### **3.2.2. Muestra**

Noventa patos fueron alojados en 30 corrales o unidades experimentales. Se construyo corrales circulares de 2 metros de diámetro conteniendo 6 unidades experimentales. De esta manera, se construyeron 5 corrales circulares. La figura 4 muestra un modelo del corral circular experimental.



*Figura 4.* Distribución de las aves en las unidades experimentales (corral experimental conteniendo los seis tratamientos).

### 3.3. Técnicas de recolección de datos

Las variables dependientes fueron medidas de la siguiente manera:

- El peso corporal de las aves fue registrado a la recepción y en los días 7, 14 y 21.
- La ganancia de peso corporal fue estimada de la resta del peso alcanzado a los 21 días menos el peso inicial a la recepción.
- El consumo de alimento fue registrado semanalmente. Para ello, se proyectó el consumo de alimento para la semana, se identificó en bolsas para cada unidad experimental y se suministró diariamente al tanteo, cuidando no falte alimento en el comedero. El consumo de alimento semanal fue determinado restando el alimento suministrado menos el alimento sobrante en la bolsa de cada unidad experimental.
- La conversión alimenticia fue estimada dividiendo el consumo de alimento y la ganancia de peso alcanzado en la respectiva etapa.
- Las puntuaciones de plumaje no fueron determinados debido a que ninguno de las aves de las unidades experimentales mostró desarrollo.

### **3.4. Técnicas para el procesamiento de la información**

Los datos fueron procesados a través del enfoque tradicional paramétrico al cumplir con los presupuestos de normalidad y homogeneidad de variancias. La normalidad fue verificada con la prueba de Shapiro-Wilks, mientras que la homogeneidad de variancias fue verificada con la prueba de Bartlett. Seguidamente, se realizó el análisis de variancia y la prueba de comparación de medias de Tukey.

El modelo lineal discontinuo o segmentado y el modelo de dosis-respuesta fueron ejecutados para determinar el nivel de metionina optimo. El modelo lineal discontinuo se ajusto al procedimiento de la librería *segmented* (Adams, 2017). Este paquete adapta modelos de regresión con relaciones segmentadas entre la respuesta y una o más variables explicativas, proporcionando estimaciones de puntos de corte. El modelo dosis - respuesta se ajustó al procedimiento de la librería *drc*, paquete *drm*, según Ritz et al. (2015). El paquete *drm* es una función de ajuste de modelo general para el análisis de datos de concentración / dosis / tiempo-efecto / respuesta.

Todos los análisis estadísticos y modelos para determinar el nivel óptimo de metionina fueron realizados utilizando el software libre R versión 4.0.3. (R Core Team, 2020).

## CAPITULO IV. RESULTADOS

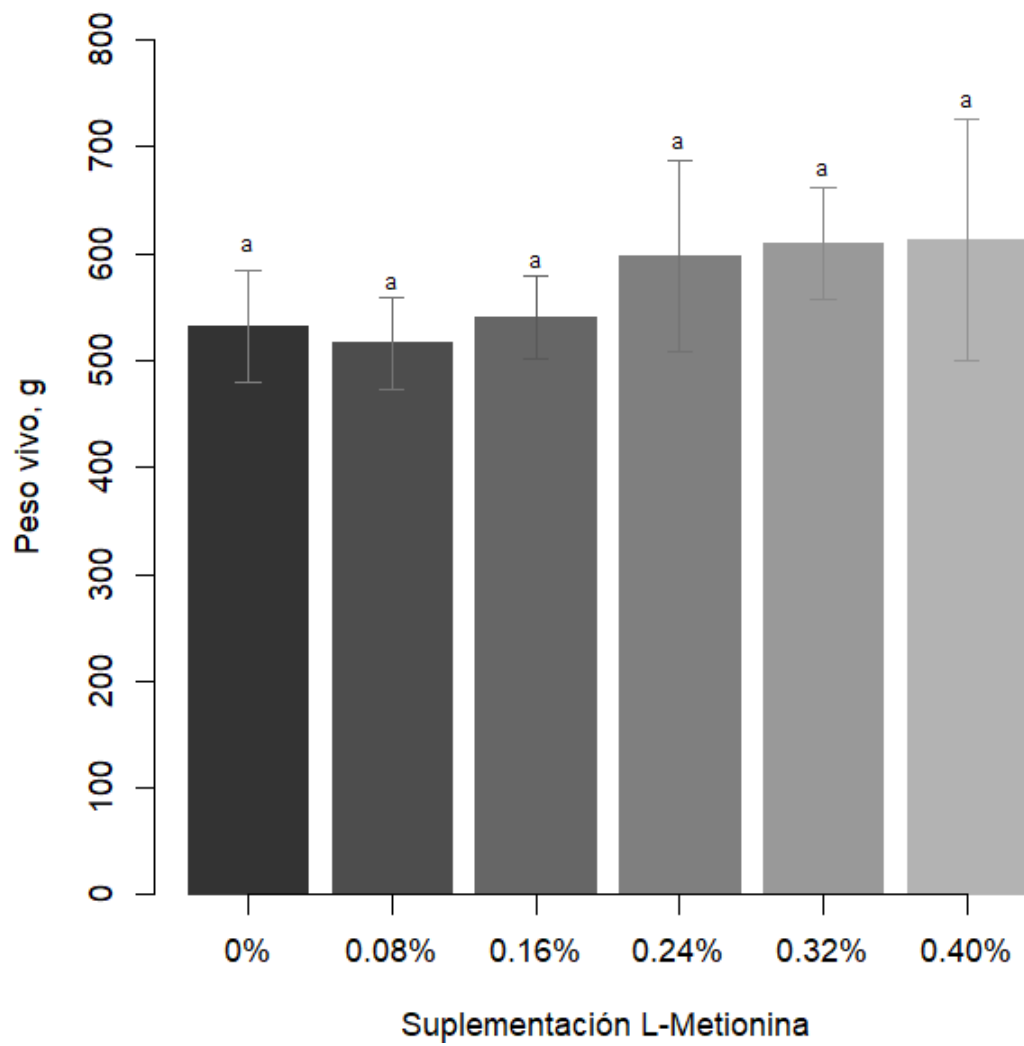
### 4.1. Peso corporal

La Tabla 4 muestra el peso corporal semanal de patos que consumieron dietas con niveles incrementados de L-Met hasta los 21 días de edad. La figura 5 muestra el peso corporal a los 21 días de edad. El análisis de variancia no encontró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ( $p > 0.05$ ). Detalles del procesamiento de los datos del peso corporal se muestran en el anexo I, II y III.

Tabla 4

*Efecto de utilización de L-metionina en dietas a base de maíz y torta de soya sobre el peso corporal de patos de 0 a 21 días. Los valores se expresan como media  $\pm$  DS ( $n = 72$ ). Letras iguales indican que no hubo diferencias significativas entre tratamientos.*

Tratamientos	Peso corporal, g			
	0 días	7 días	14 días	21 días
0.00% L-Met	67 $\pm$ 2	108 $\pm$ 10 <sup>a</sup>	296 $\pm$ 33 <sup>a</sup>	532 $\pm$ 53 <sup>a</sup>
0.08% L-Met	64 $\pm$ 3	116 $\pm$ 6 <sup>a</sup>	294 $\pm$ 7 <sup>a</sup>	516 $\pm$ 43 <sup>a</sup>
0.16% L-Met	65 $\pm$ 1	104 $\pm$ 5 <sup>a</sup>	272 $\pm$ 23 <sup>a</sup>	541 $\pm$ 38 <sup>a</sup>
0.24% L-Met	65 $\pm$ 4	120 $\pm$ 8 <sup>a</sup>	313 $\pm$ 45 <sup>a</sup>	598 $\pm$ 89 <sup>a</sup>
0.32% L-Met	64 $\pm$ 3	118 $\pm$ 9 <sup>a</sup>	310 $\pm$ 27 <sup>a</sup>	610 $\pm$ 52 <sup>a</sup>
0.40% L-Met	58 $\pm$ 4	117 $\pm$ 18 <sup>a</sup>	294 $\pm$ 58 <sup>a</sup>	612 $\pm$ 113 <sup>a</sup>
Anova, p-valor		0.234	0.649	0.236



*Figura 5.* Efecto de utilización de L-metionina en dietas a base de maíz y torta de soya sobre el peso corporal a los 21 días de edad. Los valores expresan la media  $\pm$  DS (n = 72). Letras iguales indican que no hubo diferencias significativas entre tratamientos (anova:  $p > 0.05$ ).

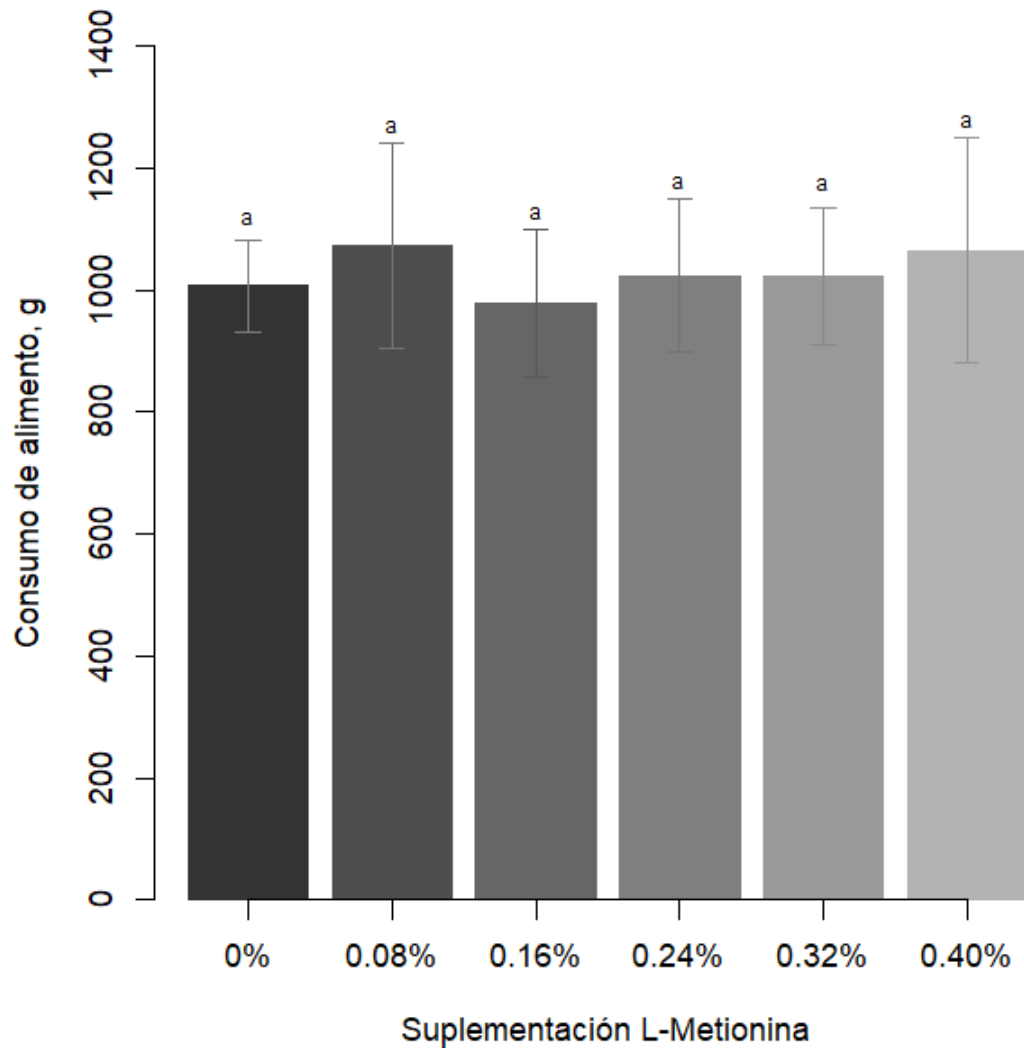
## 4.2. Consumo de alimento

La Tabla 5 muestra el consumo de alimento semanal con niveles incrementados de L-Met de patos hasta 21 días de edad. La figura 6 muestra el consumo de alimento acumulado a los 21 días de edad. El análisis de variancia no encontró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ( $p > 0.05$ ). Detalles del procesamiento de los datos del consumo de alimento se muestran en el anexo I, II y III.

Tabla 5.

*Efecto de utilización de L-metionina en dietas a base de maíz y torta de soya sobre el consumo de alimento de patos de 0 a 21 días. Los valores se expresan como media  $\pm$  DS ( $n = 72$ ). Letras iguales indican que no hubo diferencias significativas entre tratamientos (anova:  $p > 0.05$ ).*

Tratamientos	Consumo de alimento, g		
	7 días	14 días	21 días
0.00% L-Met	153 $\pm$ 0 <sup>a</sup>	470 $\pm$ 26 <sup>a</sup>	1007 $\pm$ 76 <sup>a</sup>
0.08% L-Met	153 $\pm$ 0 <sup>a</sup>	448 $\pm$ 50 <sup>a</sup>	1072 $\pm$ 168 <sup>a</sup>
0.16% L-Met	154 $\pm$ 1 <sup>a</sup>	426 $\pm$ 10 <sup>a</sup>	978 $\pm$ 121 <sup>a</sup>
0.24% L-Met	155 $\pm$ 0 <sup>a</sup>	491 $\pm$ 39 <sup>a</sup>	1023 $\pm$ 125 <sup>a</sup>
0.32% L-Met	165 $\pm$ 20 <sup>a</sup>	520 $\pm$ 67 <sup>a</sup>	1022 $\pm$ 113 <sup>a</sup>
0.40% L-Met	167 $\pm$ 26 <sup>a</sup>	490 $\pm$ 104 <sup>a</sup>	1065 $\pm$ 184 <sup>a</sup>
Anova, p-valor	0.478	0.287	0.922



*Figura 6.* Efecto de utilización de L-metionina en dietas a base de maíz y torta de soya sobre el consumo de alimento acumulado a los 21 días de edad. Los valores expresan la media  $\pm$  DS (n = 72). Letras iguales indican que no hubo diferencias significativas entre tratamientos (anova:  $p > 0.05$ ).

### 4.3. Conversión alimenticia

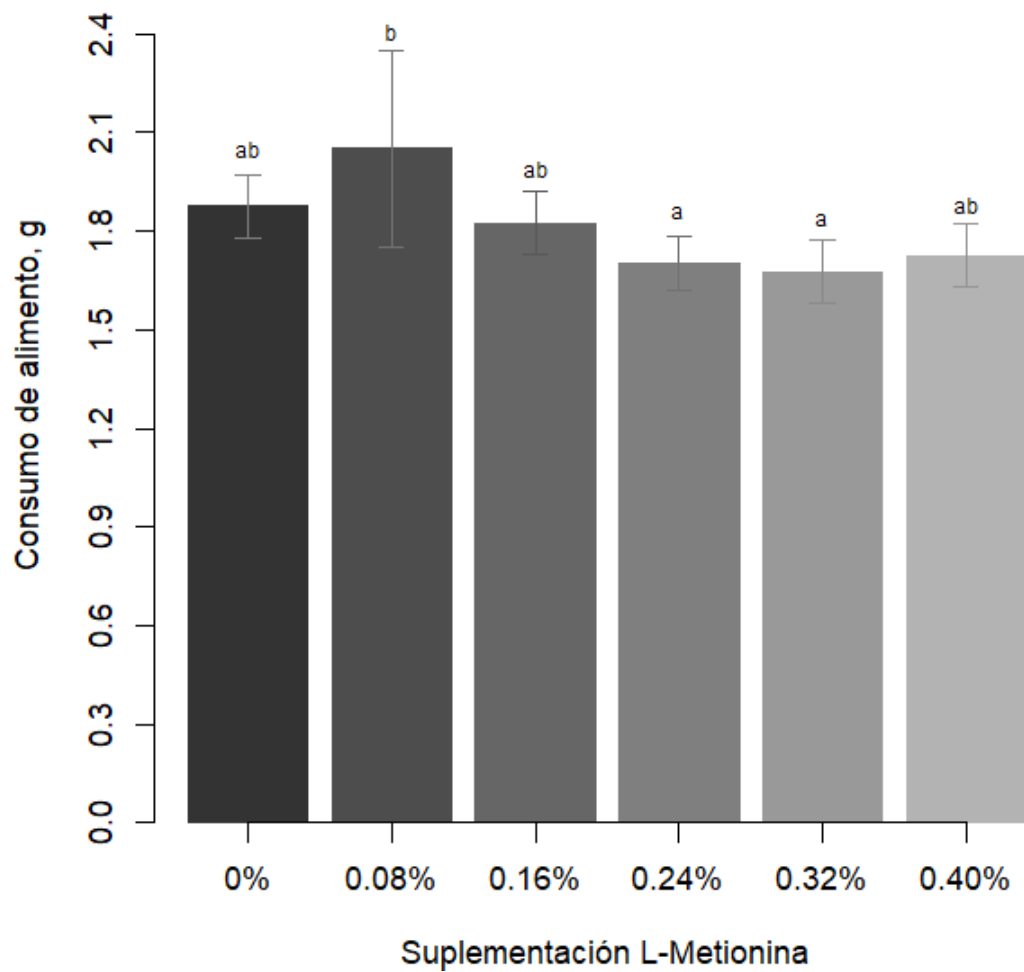
La Tabla 6 muestra la conversión alimenticia semanal de patos que consumieron dietas con niveles incrementados de L-Met entre los días 0 y 21 días de edad. La figura 7 muestra la conversión alimenticia acumulada a los 21 días de edad. El análisis de variancia encontró diferencias estadísticas significativas para la conversión alimenticia de patos a los 21 días de edad ( $p > 0.05$ ). Los patos que consumieron dietas suplementadas con 0.24 y 0.32 % L-Met mostraron las conversiones más eficientes, mientras que los patos que consumieron dietas suplementadas con 0.08% L-Met mostraron la conversión de alimento menos eficiente. Detalles del procesamiento de los datos de la eficiencia de conversión alimenticia se muestran en el anexo I, II, III y IV.

Tabla 6

*Efecto de utilización de L-metionina en dietas a base de maíz y torta de soya sobre la conversión alimenticia de patos de 0 a 21 días. Los valores se expresan como media  $\pm$  DS ( $n = 72$ ). Letras iguales indican que existe diferencias significativas entre tratamientos (anova:  $p < 0.05$ ).*

Tratamientos	Conversión alimenticia, g/g		
	7 días	14 días	21 días
0.00% L-Met	1.40 $\pm$ 0.12 <sup>a</sup>	1.57 $\pm$ 0.17 <sup>a</sup>	1.88 $\pm$ 0.10 <sup>ab</sup>
0.08% L-Met	1.30 $\pm$ 0.08 <sup>a</sup>	1.50 $\pm$ 0.20 <sup>a</sup>	2.05 $\pm$ 0.30 <sup>b</sup>
0.16% L-Met	1.48 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>	1.57 $\pm$ 0.15 <sup>a</sup>	1.82 $\pm$ 0.10 <sup>ab</sup>
0.24% L-Met	1.27 $\pm$ 0.10 <sup>a</sup>	1.60 $\pm$ 0.18 <sup>a</sup>	1.70 $\pm$ 0.08 <sup>a</sup>
0.32% L-Met	1.40 $\pm$ 0.16 <sup>a</sup>	1.70 $\pm$ 0.18 <sup>a</sup>	1.68 $\pm$ 0.10 <sup>a</sup>
0.40% L-Met	1.45 $\pm$ 0.21 <sup>a</sup>	1.70 $\pm$ 0.39 <sup>a</sup>	1.73 $\pm$ 0.10 <sup>ab</sup>
Anova, p-valor	0.235	0.79	0.02





*Figura 7.* Efecto de utilización de L-metionina en dietas a base de maíz y torta de soya sobre la conversión alimenticia acumulada a los 21 días de edad. Los valores expresan la media  $\pm$  DS (n = 72). Letras diferentes indican que hubo diferencias significativas entre tratamientos (anova:  $p > 0.05$ ).

#### 4.4. Nivel óptimo de Met+Cist

La figura 7 muestra el nivel óptimo de Met+Cist estimado por el modelo lineal discontinuo y el modelo de dosis-respuesta. El modelo lineal discontinuo estimó el punto de quiebre para una recta de mejor ajuste en  $0.71 \pm 0.06$  % Met+Cist, obteniendo un valor de R cuadrado bastante alto y bueno, que es de 0.90 (Figura 8A). El modelo de dosis-respuesta estimó la dosis efectiva 50% en  $0.81 \pm 0.01$  %, cuyos valores se encuentran en intervalos de confianza de 95% entre 0.75 y 0.87% Met+Cist (Figura 8B).

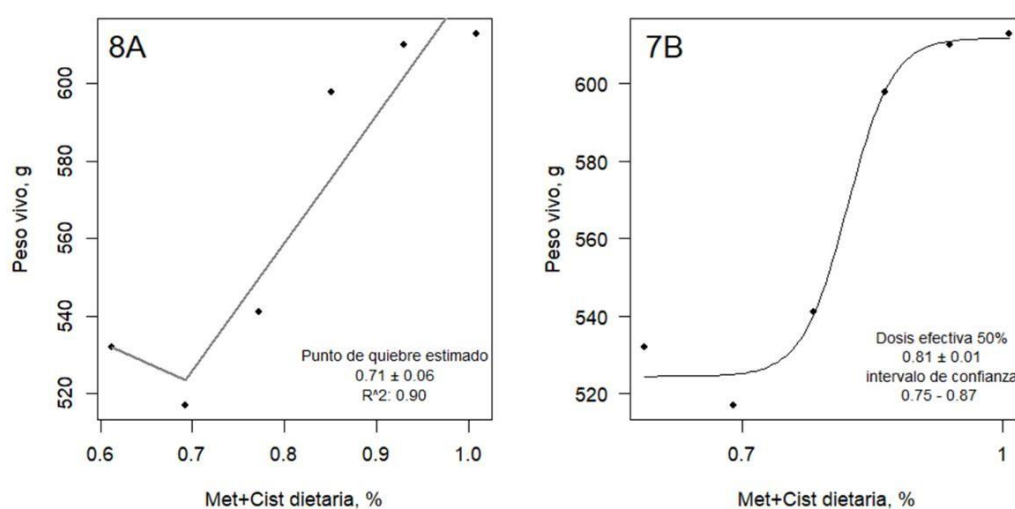


Figura 8. Modelo lineal discontinuo (A) y modelo de dosis-respuesta (B) para estimar el nivel óptimo de Met+Cist en patos de 0 a 21 días de edad alimentados con dietas a base de maíz y torta de soya y suplementados con L-Met.

#### 4.5. Índice de plumaje

Durante el experimento, ninguna de las unidades experimentales mostró desarrollo de plumaje hasta los 21 días de edad.

## CAPITULO V. DISCUSIONES

### 5.1. Peso corporal

En aves de corral, alimentadas con dietas a base de maíz y soya, la Met es el primer aminoácido limitante, y su deficiencia en la dieta afecta negativamente el crecimiento (Zeng et al., 2015). En el presente estudio, la suplementación de L-Met en la dieta de patos de 0-21 días muestran tendencias en aumentar el peso corporal conforme se incrementa la suplementación de la misma. Los patos que consumieron dietas con concentraciones mayores de 0.80% Met+Cist (suplementación con 0.24% L-Met o más) mostraron tendencias de mayor incremento de peso, mientras que el consumo de dietas con concentraciones menores a 0.72% Met+Cist (suplementación con 0.16% L-Met o menos) mostraron tendencias de alcanzar menores peso corporal.

La tendencia de mayor peso corporal alcanzado con dietas suplementadas con 0.24% L-Met y concentración de 0.80% Met+Cist, coincide con el  $0.81 \pm 0.01\%$  met+Cist (DE50) estimado por el modelo dosis respuesta. Asimismo, la concentración DE50 de 0.81% Met+Cist coincide o son cercanos a los mínimos recomendados por Grimaud Freres Company (2015) y Scott & Dean (1991), quienes recomiendan 0.85% y 0.79% Met+Cist en la dieta para patos muscovy de 0 a 21 días de edad. El INRA (1989) recomienda un mínimo dietario de 0.73% Met+Cist para patos de 0 a 21 días de edad, una concentración similar a lo estimado por el modelo lineal discontinuo que fue de  $0.71 \pm 0.06\%$  met+Cist.

La tendencia de mayor crecimiento por la suplementación de Met observado en el presente estudio ha sido reportado por otros autores. Wu *et al.* (2021) al determinar las influencias de los niveles de energía metabolizable y metionina de la dieta sobre el rendimiento del crecimiento de patos Pekín de 1 a 21 días de edad observaron que el peso corporal y el aumento de peso diario promedio aumentaron con el aumento de los niveles de Met en la dieta. Zhang *et al.* (2019) observaron aumentó significativo del peso corporal de los patos Pekin a los 14 y 35 días de edad al evaluar el efecto de la suplementación con L-Met y DL-Met en la dieta. Xue *et al.* (2018) al investigar los efectos del exceso de DL-Met y L-Met sobre la respuesta de crecimiento de los patos Pekin en la fase de inicio de 7 a 21 días de edad observaron que el aumento de peso no cambio notablemente cuando

la DL-Met o L-Met suplementaria estaban por debajo del 0,50%, sin embargo, la ganancia de peso disminuye más a medida que la DL-Met o L-Met suplementaria aumenta de 0,50 a 1,25%.

## **5.2. Consumo de alimento**

El contenido de metionina en la de aves promueve una ingesta adecuada de alimento minimizando las pérdidas y reduciendo los costos de producción (Bunchasak, 2009). En el presente estudio el consumo de alimento de los patos no fue influenciado significativamente por la suplementación de L-Met., coincidiendo con los resultados de Wu et al. (2021) quienes no encontraron diferencias estadísticas para el consumo de alimento diario en patos Pekín al evaluar niveles de metionina dietaria.

Otros estudios han reportado efecto significativo para el consumo de alimento cuando se suplementa con Met. Zhang et al. (2019) observó aumento del consumo de alimento a los 14 y 35 días de edad en patos Pekín alimentados con dietas suplementadas con DL-Met o L-Met. Xue et al. (2018) al investigar los efectos del exceso de DL-Met y L-Met sobre la respuesta de los patos Pekín en la fase de inicio de 7 a 21 días de edad observaron que la ingesta de alimento no era influenciada notablemente cuando la DL-Met o L-Met suplementaria estaba por debajo del 0,50%, sin embargo, se observó tendencias notables de disminución de la ingesta de alimento a medida que la DL-Met o L-Met suplementaria aumentaba de 0,50 a 1,25%.

## **5.3. Conversión alimenticia**

En el presente estudio, la suplementación con L-Met influyó sobre la eficiencia de conversión alimenticia. La peor eficiencia de conversión alimenticia fue observada en dietas suplementadas con 0,08% L-Met (0,35% Met dietaria), las mejores eficiencias se observaron con la suplementación de 0,24 y 0,32% L-Met (0,51 y 0,59% Met dietaria, respectivamente), mientras que la eficiencia tiende a deteriorarse con la suplementación de 0,40% L-Met (0,67% Met dietaria).

Los resultados del presente estudio coinciden con resultados de otras investigaciones. Zhang *et al.* (2021) al evaluar el efecto de la L-Met sobre el

rendimiento productivo de patos Pekín comparado con la suplementación convencional de DL-Met observó aumento en la eficiencia de conversión alimenticia conforme la suplementación dietaria con L o DL Met aumentaba de 0.05 a 0,20%. Yoo *et al.* (2017) al evaluar niveles de metionina en la dieta para determinar el requerimiento de metionina de patos nativos coreanos machos durante 3 semanas después de la eclosión, observaron que la eficiencia de conversión alimenticia mejoró al suplementar 0,4% Met mientras que la eficiencia de conversión aumentó con el incremento de 0,5 a 0,9% Met en la dieta.

Cantidades deficientes de Met en la dieta avícola afecta la eficiencia de conversión alimenticia (Jankowski *et al.*, 2014). La Met es un aminoácido esencial, sintetizado por el ave en cantidades insuficientes, y es limitante porque, en dietas en base maíz y soya, sin la suplementación con Met sintética, su crecimiento será limitado (McDonald *et al.*, 2010). Xue *et al.* (2018) al investigar los efectos del exceso de DL-Met y L-Met sobre la respuesta de crecimiento de los patos Pekin en la fase de inicio de 7 a 21 días de edad no observaron negativos sobre la eficiencia de conversión alimenticia indicando que la depresión del crecimiento sería resultado de la reducción del consumo de alimento que registraron.

#### **5.4. Nivel óptimo de Met+Cist**

La dosis es un tema de investigación en muchas disciplinas (Knezevic *et al.*, 2007). La dosis correspondiente al punto medio de la respuesta del crecimiento observado entre los límites superior e inferior se denomina normalmente dosis efectiva (DE50; Streibig 1988). Es decir, la dosis efectiva 50 es la dosis que produce los efectos deseados en el 50% de la muestra evaluada.

Basado en los resultados de la eficiencia de conversión alimenticia, donde la suplementación de 0,24 y 0,32% L-Met mostraron las mejores eficiencias, y en los resultados del modelo dosis-respuesta, que estima la dosis efectiva 50%, la concentración óptima de Met+Cist sería de 0.81% en la dieta de patos de 0 a 21 días de edad.

En pollos de engorde, la suplementación correcta de Met + Cist es crucial para un rendimiento óptimo, observándose que la suplementación a niveles inferiores a los

requerimientos conduce a una pérdida del rendimiento general, mientras que la suplementación en niveles superiores a los requerimientos no necesariamente tendrá un impacto negativo en el rendimiento, pero sí tendrá un impacto económico porque generará un costo de alimentación adicional innecesario (Millecam et al., 2021). Además, el exceso de suministro de aminoácidos podría tener un impacto ambiental ya que aumentará la excreción de nitrógeno de los pollos de engorde (Belloir et al., 2017).

## **CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1. Conclusiones**

Bajo las condiciones en las que se realizó el presente estudio, se llegó a las siguientes conclusiones:

- La utilización de 0.08 a 0.40% de L-metionina en dietas a base de maíz y torta de soya no influyó sobre el peso corporal de patos Muscovy de 0 a 21 días.
- La utilización de 0.08 a 0.40% de L-metionina en dietas a base de maíz y torta de soya no influyó sobre el consumo de alimento de patos Muscovy de 0 a 21 días.
- La utilización de 0.08 a 0.40% de L-metionina en dietas a base de maíz y torta de soya influyó sobre la eficiencia de conversión alimenticia de patos Muscovy de 0 a 21 días.
- La concentración optima de Met+Cist sería de 0.81% en la dieta de patos Muscovy de 0 a 21 días de edad.

### **6.2. Recomendaciones**

De acuerdo a las conclusiones del presente estudio se recomienda:

- Evaluar los mismos niveles de L-Met en los periodos de crecimiento y engorde de patos Muscovy.
- Determinar la concentración adecuada de Met + Cist en los periodos de crecimiento y engorde de patos Muscovy.

## CAPITULO VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abdaljaleel, R.A., Al-Ajeeli, M., Jameel, Y., Hashim, M.M., & Bailey, C.A. (2018). Assessing effects of yeast cell wall supplementation on threonine requirements in broilers as measured by performance and intestinal morphology. *Poultry Science*, 97(7), 2473-2478. <https://doi.org/10.3382/ps/pey095>
2. Abdel-Maksoud, A., Yan, F., Cerrate, S., Coto, C., Wang, Z., & Waldroup, P.W. (2010). Effect of dietary crude protein, lysine level and amino acid balance on performance of broilers 0 to 18 days of age. *Int. J. Poult. Sci.*, 9, 21-27. [10.3923/ijps.2010.21.27](https://doi.org/10.3923/ijps.2010.21.27)
3. Adams, M. (2017). lm.br: Linear Model with Breakpoint. Accessed Dec. 2020. <https://cran.r-project.org/package=lm.br>.
4. Ali, M.S., Kang, G., Yang, H., Jeong, J., Hwang, Y., Park, G.B., & Joo, S. (2007). A Comparison of Meat Characteristics between Duck and Chicken Breast. *Asian-australasian Journal of Animal Sciences*, 20, 1002-1006. <https://doi.org/10.5713/ajas.2007.1002>
5. Baéza, E. (2016). Nutritional requirements and feed management of meat type ducks. *World's Poultry Science Journal*, 72(1), 5-20. [doi:10.1017/S004393391500272X](https://doi.org/10.1017/S004393391500272X)
6. Bodin, I., Sécula, A., Chapuis, H., Cornuez, M., Lessire, M., Cobo, E., Marie-Louise, S., Bonnefont, C.M.D., Barrieu, J., Mercierand, F., Bravo, C., Manse, H., Le Bourhis, M.C., Martin, X., Pitel, F., Brun, J.M., & Morisson, M. (2019). Dietary methionine deficiency reduces laying performances of female common ducks and impacts traits of interest of their mule ducklings. *Poultry Science*, 98(11), 5590-5600. <https://doi.org/10.3382/ps/pez315>.
7. Brachet, P., & Puigserver, A. (1992). Regional differences for the D-amino acid oxidase-catalysed oxidation of D-methionine in chicken small intestine. *Comparative biochemistry and physiology. B, Comparative biochemistry*, 101(4), 509-511. [https://doi.org/10.1016/0305-0491\(92\)90329-p](https://doi.org/10.1016/0305-0491(92)90329-p)
8. Brosnan, J.T., & Brosnan, M.E. (2006). The sulfur-containing amino acids: an overview. *The Journal of nutrition*, 136(6 Suppl), 1636S-1640S. <https://doi.org/10.1093/jn/136.6.1636S>



9. Brunner, H., Tsuno, T., & Balázs, G. (2019). Chiral Selectivity in the Achiral Amino Acid Glycine. *The Journal of organic chemistry*, 84(24), 16199–16203. <https://doi.org/10.1021/acs.joc.9b02726>
10. Bunchasak C. (2009). Role of dietary methionine in poultry production. *J. Poultry Sci.*, 46: 169–179. <https://doi.org/10.2141/jpsa.46.169>.
11. Burley, H.K., Anderson, K.E., Patterson, P.H. & Tillman, P.B. (2016). Formulation challenges of organic poultry diets with readily available ingredients and limited synthetic methionine. *Journal of Applied Poultry Research*, 25(3), 443-454. <https://doi.org/10.3382/japr/pfw012>.
12. Carlstedt, I., Herrmann, A., Karlsson, H., Sheehan, J., Fransson, L.A., & Hansson, G.C. (1993). Characterization of two different glycosylated domains from the insoluble mucin complex of rat small intestine. *The Journal of biological chemistry*, 268(25), 18771–18781. [https://www.jbc.org/article/S0021-9258\(17\)46696-8/pdf](https://www.jbc.org/article/S0021-9258(17)46696-8/pdf)
13. Cruz, F.G.G., Rufino, J.P.F., Melo, R.D., Feijó, J.C., Damasceno, J.L., & Costa A.P.G.C. (2016). Perfil Socioeconômico da Avicultura no Setor Primário do Estado do Amazonas, Brasil. *Revista em Agronegócios e Meio Ambiente*, 9(2), 371-391. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2016v9n2p371-391>
14. De Lange, C.F.M., Levesque, C.L., & Martinez-Ramirez, H.R. (2013). Exploring the biology of energy and protein utilization in non-ruminant animals to improve nutrient utilization efficiencies. En Oltjen, J.W., Kebreab, E., Lapierre, H. (Eds.). Energy and protein metabolism and nutrition in sustainable animal production (pp. 143-155). *EAAP Scientific Series*. <https://doi.org/10.3920/978-90-8686-781-3>
15. Emadi, M., Jahanshiri, F., Kaveh, K., Hair-Bejo, M., Ideris, A., & Alimon, R. (2010). Tryptophan stimulates immune response in broiler chickens challenged with infectious bursal disease vaccine. *J. Anim. Vet. Adv.*, 9 (3), 610-616. <https://medwelljournals.com/abstract/?doi=javaa.2010.610.616>
16. Esteve-Garcia, E., & Khan, D.R. (2018). Relative bioavailability of DL and L-methionine in broilers. *Open J. Anim. Sci.*, 8:151–162. <https://www.scirp.org/journal/PaperInforCitation.aspx?PaperID=83711>
17. Fagundes, N.S., Milfort, M.C., Williams, S., Da Costa, M.J., Fuller, A.L., Menten, J.F., Rekaya, R., & Aggrey, S. (2020). Dietary methionine level alters growth,

- digestibility, and gene expression of amino acid transporters in meat-type chickens. *Poultry Science*, 99(1), 67-75. <https://doi.org/10.3382/ps/pez588>.
18. FAOSTAT, (2021). Accesado en Dic 2021. <https://www.fao.org/faostat/es/#compare>.
  19. Faridi, A., Sun, Y., Okazaki, Y., Peng, G., Gao, J., Kallinen, A., Faridi, P., Zhao, M., Javed, I., Purcell, A.W., Davis, T.P., Lin, S., Oda, R., Ding, F., & Ke, P.C. (2018). Mitigating Human IAPP Amyloidogenesis In Corporal with Chiral Silica Nanoribbons. *Small (Weinheim an der Bergstrasse, Germany)*, 14(47), e1802825. <https://doi.org/10.1002/sml.201802825>
  20. Gilbert, E. R., Wong, E. A., & Webb, K. E., Jr (2008). Board-invited review: Peptide absorption and utilization: Implications for animal nutrition and health. *Journal of animal science*, 86(9), 2135–2155. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0826>.
  21. Gill, M., France, J., Summers, M., McBride, B.W., & Milligan, L.P. (1989). Simulation of the energy costs associated with protein turnover and Na<sup>+</sup>,K<sup>+</sup>-transport in growing lambs. *The Journal of nutrition*, 119(9), 1287–1299. <https://doi.org/10.1093/jn/119.9.1287>
  22. Gordon, R.S., & Sizer, I.W. (1965). Conversion of methionine hydroxy analogue to methionine in the chick. *Poult. Sci.*, 44 (1965), pp. 673-678.
  23. Grimaud Freres Company. (2015). *Rearing Guide Roasting Canedins*. Grimaud Frères Sélection (Ed.), Roussay (France).
  24. INRA. (1989). *L'alimentation des animaux monogastriques: porc, lapin, volailles*. 2<sup>a</sup> ed. INRA, París, Francia. 282 pp.
  25. Jankowski, J., Kubińska, M., & Zduńczyk, Z. (2014). Nutritional and immunomodulatory function of methionine in poultry diets – a review. *Annals of Animal Science*, 14(1), 17-32. <https://doi.org/10.2478/aoas-2013-0081>
  26. Knezevic, S. Z., Jens C. Streibig, & Christian Ritz. (2007). Utilizing R Software Package for Dose-Response Studies: The Concept and Data Analysis. *Weed Technology*, 21(3), 840–848. <http://www.jstor.org/stable/4495946>
  27. Kong, C., Park, J.Y. Ahn, & B.G. Kim. (2016). Relative bioavailability of dl-methionine compared with l-methionine fed to nursery pigs. *Anim. Feed Sci. Tech.*

- 215:181–185. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.03.011>.
28. LayWel. (2006). LAYWEL - Welfare implications of changes in production systems for laying hens (Deliverables D.3.1-D.3.3, WP3 - Health), 69. Consultado en abril del 2021. <http://www.laywel.eu/web/pdf/deliverables%2031-33%20health.pdf>.
  29. Liu, J.B., Yan, H.L., Zhang, Y., Hu, Y.D., & Zhang, H.F. (2019). Effects of dietary energy and protein content and lipid source on growth performance and carcass traits in Pekin ducks. *Poultry science*, 98(10), 4829–4837. <https://doi.org/10.3382/ps/pez217>
  30. McDonald, P., Edwards, L.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A., Sinclair, L.A., & Wilkinson, R.G. (2010). *Animal Nutrition* (7ma ed.). Benjamin-Cummings, New York. 714 p.: <http://gohardanehco.com/wp-content/uploads/2014/02/Animal-Nutrition.pdf>
  31. Millecam, J., Khan, D.R., Dedeurwaerder, A., & Saremi, B. (2021). Optimal methionine plus cystine requirements in diets supplemented with L-methionine in starter, grower, and finisher broilers. *Poultry Science*, 100(2), 910-917. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.11.023>.
  32. Moughan P. J. (2012). Dietary protein for human health. *The British Journal of Nutrition*, 108 Suppl 2, S1–S2. <https://doi.org/10.1017/S0007114512003509>
  33. Park, I., Pasquetti, T., Malheiros, R.D., Ferket, P.R., & Kim, S.W. (2018). Effects of supplemental L-methionine on growth performance and redox status of turkey poult compared with the use of DL-methionine. *Poultry science*, 97(1), 102–109. <https://doi.org/10.3382/ps/pex259>
  34. Patil, S. S., Shinduja, R., Suresh, K. P., Phukan, S., Kumar, S., Sengupta, P. P., G Amachawadi, R., Raut, A., Roy, P., Syed, A., Marraiki, N., Elgorban, A. M., Al-Harthi, H. F., Bahkali, A. H., Shivamallu, C., & Shiva Prasad, K. (2021). A systematic review and meta-analysis on the prevalence of infectious diseases of Duck: A world perspective. *Saudi journal of biological sciences*, 28(9), 5131–5144. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.05.034>
  35. Peng, J.L., Bai, S.P., Wang, J.P, Ding, X.M., Zeng, Q.F., & Zhang, K.Y. (2018). Methionine deficiency decreases hepatic lipid exportation and induces liver lipid

- accumulation in broilers. *Poultry Science*, 97(12), 4315-4323. <https://doi.org/10.3382/ps/pey317>.
36. Pollegioni, L., Piubelli, L., Sacchi, S., Pilone, M.S., & Molla, G. (2007). Physiological functions of D-amino acid oxidases: from yeast to humans. *Cellular and molecular life sciences: CMLS*, 64(11), 1373-1394. <https://doi.org/10.1007/s00018-007-6558-4>
37. Powell, C.D., Chowdhury, M.A.K., & Bureau, D.P. (2015). Assessing the bioavailability of L-methionine and a methionine hydroxy analogue (MHA-Ca) compared to DL-methionine in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Research*, 48(1), 332–346. <https://doi.org/10.1111/are.12885>
38. R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
39. Ritz, C., Baty, F., Streibig, J. C., Gerhard, D. (2015) Dose-Response Analysis Using R PLOS ONE, 10(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146021>
40. Santomá, G., & Mateos, G.G. (2018). *Necesidades Nutricionales en Avicultura – Normas FEDNA*. (2da edición). Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal.
41. Scott, M.L. & Dean, W.F. (1991). *Nutrition and management of ducks*. M.L. Scott y W.F. Dean (Eds.). Cornell University, M.L. Scott of Ithaca, Publisher, Ithaca, NY, EE.UU. 177 pp.
42. Siqueira, J.C., Sakomura, N.K., Dourado, L.R.B., Ezequiel, J.M.B., Barbosa, N.A.A. & Fernandes, J.B.K. (2013). Diet formulation techniques and lysine requirements of 1- to 22-day-old broilers. *Braz. J. Poult. Sci.*, 15, 123-134. <https://dx.doi.org/10.1590/S1516-635X2013000200008>
43. Soriano-Garcia, J.F., Torras-Llort, M., Ferrer, R., & Moreto, M. (1998). Multiple pathways for L-methionine transport in brush-border membrane vesicles from chicken jejunum. *J. Physiol.* 509 (Pt 2)), 527–539. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.1998.527bn.x>.
44. Streibig, J. C. 1988. Herbicide bioassay. *Weed Reserach*, 28(6), 479-484. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.1988.tb00831.x>

45. Tian, J., He, G., Mai, K., & Liu, C. (2015). Effects of postprandial starvation on mRNA expression of endocrine-, amino acid and peptide transporter-, and metabolic enzyme-related genes in zebrafish (*Danio rerio*). *Fish physiology and biochemistry*, 41(3), 773-787. <https://doi.org/10.1007/s10695-015-0045-x>
46. Tian, Q.Y., Zeng, Z.K., Zhang, Y.X., Long, S.F., Piao, X.S. (2016). Effect of L- or DL-methionine supplementation on nitrogen retention, serum amino acid concentrations and blood metabolites profile in starter pigs. *Asian-australas. J. Anim. Sci.* 29, 689-694. <https://doi.org/10.5713/ajas.15.0730>.
47. To, V., Masagounder, K., & Loewen, M.E. (2021). Critical transporters of methionine and methionine hydroxyl analogue supplements across the intestine: What we know so far and what can be learned to advance animal nutrition. *Comparative biochemistry and physiology. Part A, Molecular & integrative physiology*, 255, 110908. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2021.110908>
48. Ton, A.P.S., Furlan, A.C., Martins, E.N., Batista, E., Pasquetti, T.J., Scherer, C., Iwahashi, A.S., & Quadros, T.C.O.d. (2013). Nutritional requirements of digestible threonine for growing meat-type quails. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 42(7), 504-510. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982013000700007>
49. Urdaneta-Rincon, M., & Leeson, S. (2004). Muscle (pectoralis major) protein turnover in young broiler chickens fed graded levels of lysine and crude protein. *Poultry science*, 83(11), 1897–1903. <https://doi.org/10.1093/ps/83.11.1897>
50. Wen, C., Jiang, X.Y., Ding, L.R., Wang, T., & Zhou, Y.M. (2017). Effects of dietary methionine on growth performance, meat quality and oxidative status of breast muscle in fast- and slow-growing broilers. *Poultry science*, 96(6), 1707-1714. <https://doi.org/10.3382/ps/pew432>
51. Wen, Z.G., Rasolofomanana, T.J., Tang, J., Jiang, Y., Xie, M., Yang, P.L., & Hou, S.S. (2017). Effects of dietary energy and lysine levels on growth performance and carcass yields of Pekin ducks from hatch to 21 days of age. *Poultry science*, 96(9), 3361–3366. <https://doi.org/10.3382/ps/pex122>
52. Wickramasuriya, S. S., Kim, E., Cho, H. M., Shin, T. K., Kim, B., Lee, M., Seo, S., Heo, J. M., & Choi, H. (2019). Differential Effects of Dietary Methionine Isomers on Broilers Challenged with Acute Heat Stress. *The journal of poultry science*, 56(3), 195–203. <https://doi.org/10.2141/jpsa.0180072>

53. Willke, T. (2014). Methionine production—a critical review. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 98, 9893-9914. <https://doi.org/10.1007/s00253-014-6156-y>
54. Wu, B., Cui, H., Peng, X., Fang, J., Cui, W., & Liu, X. (2012). Effect of Methionine Deficiency on the Thymus and the Subsets and Proliferation of Peripheral Blood T-Cell, and Serum IL-2 Contents in Broilers. *Journal of Integrative Agriculture*, 11(6), 1009-1019. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(12\)60093-8](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(12)60093-8).
55. Wu, G. (2010). Functional amino acids in growth, reproduction, and health. *Advances in nutrition (Bethesda, Md.)*, 1(1), 31–37. <https://doi.org/10.3945/an.110.1008>
56. Wu, P., Pan, F. Y., Feng, L., Jiang, W. D., Jiang, J., Kuang, S. Y., Tang, L., Tang, W. N., Zhang, Y. A., Zhou, X. Q., & Liu, Y. (2018). Methionine hydroxy analogue supplementation modulates gill immunological and barrier health status of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Fish & shellfish immunology*, 74, 637–648. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2018.01.031>
57. Wu, Y., Tang, J., Cao, J., Zhang, B., Chen, Y., Xie, M., Zhou, Z., & Hou, S. (2021). Effect of Dietary L-Methionine Supplementation on Growth Performance, Carcass Traits, and Plasma Parameters of Starter Pekin Ducks at Different Dietary Energy Levels. *Animals*, 11, 144. <https://doi.org/10.3390/ani11010144>
58. Xue, J.J., Xie, M., Tang, J., Huang, W., Zhang, Q., & Hou S.S. (2018). Effects of excess DL- and L-methionine on growth performance of starter Pekin ducks. *Poultry Science*, 97(3), 946-950. <https://doi.org/10.3382/ps/pex380>.
59. Yang, Z., Hasan, M.S., Htoo, J.K., Burnett, D.D., Feugang, J.M., Crenshaw, M.A., & Liao, S.F. (2019). Effects of dietary supplementation of L-methionine vs DL-methionine on performance, plasma concentrations of free amino acids and other metabolites, and myogenesis gene expression in young growing pigs. *Transl. Anim. Sci.* 3, 113–123. <https://doi.org/10.1093/tas/txy109>.
60. Yang, Z., Htoo, J. K., & Liao, S. F. (2020). Methionine nutrition in swine and related monogastric animals: beyond protein biosynthesis. *Animal Feed Science and Technology*, 114608. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114608>
61. Yoo, J., Yi, Y.J., Wickramasuriya, S.S., Kim, E., Shin, T.K., Kim, N.R., & Heo, J.M. (2017). Evaluation of dietary methionine requirement of male Korean native

- ducks for 3 weeks post-hatching. *Anim Sci J.*, 88, 1595-1600. <https://doi.org/10.1111/asj.12833>
62. Zeng, Q.F., Cherry, P., Doster, A., Murdoch, R., Adeola, O., & Applegate, T.J. (2015). Effect of dietary energy and protein content on growth and carcass traits of Pekin ducks. *Poultry science*, 94(3), 384–394. <https://doi.org/10.3382/ps/peu069>
63. Zeng, Q.F., Zhang, Q., Chen, X., Doster, A., Murdoch, R., Makagon, M., Gardner, A., & Applegate, T.J. (2015). Effect of dietary methionine content on growth performance, carcass traits, and feather growth of Pekin duck from 15 to 35 days of age. *Poultry science*, 94(7), 1592–1599. <https://doi.org/10.3382/ps/pev117>
64. Zhang, S., Gilbert, E.R., Noonan, K., Saremi, B., & Wong, E.A. (2018). Gene expression and activity of methionine converting enzymes in broiler chickens fed methionine isomers or precursors. *Poultry science*, 97(6), 2053–2063. <https://doi.org/10.3382/ps/pey037>.
65. Zhang, S., Saremi, B., Gilbert, E.R., & Wong, E.A. (2017). Physiological and biochemical aspects of methionine isomers and a methionine analogue in broilers. *Poultry science*, 96(2), 425–439. <https://doi.org/10.3382/ps/pew253>.
66. Zhang, Y.N., Xu, R.S., Min, L., Ruan, D., Kim, H.Y., Hong, Y.G., Chen, W., Wang, S., Xia, W.G., Luo, X., Xie, C.Y., Shang, X.G., & Zheng, C.T. (2019). Effects of L-methionine on growth performance, carcass quality, feather traits, and small intestinal morphology of Pekin ducks compared with conventional DL-methionine. *Poultry Science*, 98(12), 6866-6872. <https://doi.org/10.3382/ps/pez438>.
67. Zhao, L., Zhang, N.Y., Pan, Y.X., Zhu, L.Y., Batonon-Alavo, D.I., Ma, L.B., Khalil, M.M., Qi, D.S., & Sun, L.H. (2018). Efficacy of 2-hydroxy-4-methylthiobutanoic acid compared to DL-Methionine on growth performance, carcass traits, feather growth, and redox status of Cherry Valley ducks. *Poultry science*, 97(9), 3166–3175. <https://doi.org/10.3382/ps/pey196>

## **ANEXOS**



## **Anexo I. Análisis de la normalidad de datos por Shapiro-Wilks**

Peso corporal 7 días

W = 0.95059, p-value = 0.279

Peso corporal 14 días

W = 0.97835, p-value = 0.8637

Peso corporal 21 días

W = 0.98566, p-value = 0.9736

Consumo acumulado de alimento 7 días

W = 0.66749, p-value = 3.855e-06

Consumo acumulado de alimento 14 días

W = 0.93707, p-value = 0.1403

Consumo acumulado de alimento 21 días

W = 0.95304, p-value = 0.3149

Conversión alimenticia 7 días

W = 0.97452, p-value = 0.7778

Conversión alimenticia 14 días

W = 0.95404, p-value = 0.3307

Conversión alimenticia 21 días

W = 0.95861, p-value = 0.4111

## **Anexo II. Análisis de la homogeneidad de variancias por la prueba de Bartlett**

Peso corporal 7 días

Bartlett's K-squared = 6.223, df = 5, p-value = 0.2851

Peso corporal 14 días

Bartlett's K-squared = 9.3262, df = 5, p-value = 0.09674

Peso corporal 21 días

Bartlett's K-squared = 5.1273, df = 5, p-value = 0.4005

Consumo acumulado de alimento 7 días

Bartlett's K-squared = Inf, df = 5, p-value < 2.2e-16

Consumo acumulado de alimento 14 días

Bartlett's K-squared = 12.432, df = 5, p-value = 0.02933

Consumo acumulado de alimento 21 días

Bartlett's K-squared = 2.398, df = 5, p-value = 0.7918

Conversión alimenticia 7 días

Bartlett's K-squared = 6.1296, df = 5, p-value = 0.2938

Conversión alimenticia 14 días

Bartlett's K-squared = 3.9302, df = 5, p-value = 0.5595

Conversión alimenticia 21 días

Bartlett's K-squared = 8.8896, df = 5, p-value = 0.1135

### Anexo III. Análisis de variancias

#### Peso corporal 7 días

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Trat	5	780	156.0	1.516	0.234
Residuals	18	1852	102.9		

#### Peso corporal 14 días

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Trat	5	4384	876.8	0.674	0.649
Residuals	18	23420	1301.1		

#### Peso corporal 21 días

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Trat	5	37172	7434	1.509	0.236
Residuals	18	88668	4926		

#### Consumo acumulado de alimento 7 días

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Trat	5	823.8	164.8	0.942	0.478
Residuals	18	3149.5	175.0		

#### Consumo acumulado de alimento 14 días

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Trat	5	22720	4544	1.356	0.287
Residuals	18	60315	3351		

#### Consumo acumulado de alimento 21 días

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Trat	5	25272	5054	0.273	0.922
Residuals	18	333593	18533		

Conversión alimenticia 7 días

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Trat	5	0.1283	0.02567	1.515	0.235
Residuals	18	0.3050	0.01694		

Conversión alimenticia 14 días

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Trat	5	0.1233	0.02467	0.475	0.79
Residuals	18	0.9350	0.05194		

Conversión alimenticia 21 días

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Trat	5	0.3983	0.07967	3.585	0.02 *
Residuals	18	0.4000	0.02222		

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

#### Anexo IV. Estadísticos y Prueba de Tukey para la conversión alimenticia

HSD Test for Conversión alimenticia \_21dias

Mean Square Error: 0.02222222

	Ca	std	r	Min	Max
T1	1.875	0.09574271	4	1.8	2.0
T2	2.050	0.30000000	4	1.7	2.3
T3	1.825	0.09574271	4	1.7	1.9
T4	1.700	0.08164966	4	1.6	1.8
T5	1.675	0.09574271	4	1.6	1.8
T6	1.725	0.09574271	4	1.6	1.8

Alpha: 0.05 ; DF Error: 18

Critical Value of Studentized Range: 4.49442

Minimun Significant Difference: 0.3349943

T2	2.050	a
T1	1.875	ab
T3	1.825	ab
T6	1.725	ab
T4	1.700	b
T5	1.675	b