

EFFECTO DE NIVELES CRECIENTES DE METIONINA EN LA DIETA SOBRE LA PRODUCTIVIDAD Y COMPOSICIÓN CORPORAL DE POLLOS EN CRECIMIENTO

Trabajo Final de Grado
de la alumna

MARÍA CELESTE VISCARDI GÓMEZ

Este trabajo ha sido presentado como requisito
para la obtención del título de

Ingeniera Agrónoma



**Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales.
Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.**

Pergamino, 03 de mayo 2022

**EFFECTO DE NIVELES CRECIENTES DE METIONINA EN LA DIETA SOBRE LA
PRODUCTIVIDAD Y COMPOSICIÓN CORPORAL DE POLLOS EN CRECIMIENTO**

Trabajo Final de Grado

de la alumna

MARÍA CELESTE VISCARDI GÓMEZ

Aprobada por el Tribunal Evaluador

(Virginia Fain Binda)
Evaluador/a

(Bernardo Iglesias)
Evaluador/a

(Jorge Azcona)
Evaluador/a

(María Viviana Charriere)
Director/a

**Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales,
Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires**

Pergamino 03 de mayo 2022

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es el resultado de un importante recorrido académico, por lo cual quiero agradecer a quienes me acompañaron y, especialmente, me guiaron durante este proceso, con sus saberes y experiencias:

A todos los docentes de Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales, de la prestigiosa Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires, sede Junín/Pergamino.

Al personal de Sección Aves del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Pergamino (INTA-EEA Pergamino).

A mi profesor Bernardo Fabricio Iglesias.

Y un especial agradecimiento a mi Directora de Tesis, MARÍA VIVIANA CHARRIERE quien, con gran predisposición, responsabilidad y entrega, supo conducirme a lo largo de todas las etapas de este trabajo, aportando conocimientos, sugerencias, bibliografía y especialmente su tiempo. Sin su acompañamiento no hubiera sido posible llegar a esta instancia.

Además, no quiero dejar de agradecer a mi primer Director de Tesis, Marcelo Jorge Schang que, aunque ya no esté entre nosotros, atesoro el recuerdo de su vocación, calidad humana y profesionalismo.

Y finalmente, agradecer y dedicar especialmente este trabajo a mis padres, Carlos y Margarita, a mis hermanas, Analía y Silvia, quienes me inculcaron desde el primer momento los valores y el respeto con el que tengo que transitar mi vida, y haciéndome saber que, desde el amor, el esfuerzo y la perseverancia, cualquier cosa se puede lograr.

INDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT	3
INTRODUCCIÓN	5
ANTECEDENTES	13
3. HIPÓTESIS	16
4. OBJETIVOS	16
4.1 GENERAL	16
4.2 ESPECIFICOS	16
5. MATERIALES Y MÉTODOS	17
5.1 Lugar	17
5.2 Aves	17
5.3 Alojamiento	17
5.4 Tratamientos	17
5.5 Diseño experimental	18
5.6 Dietas experimentales.....	18
5.7 Costos de las dietas	20
5.8 Plan sanitario	20
5.9 Mediciones	20
5.10 Análisis de gráficos	21
5.11 Análisis estadístico.....	21
6. RESULTADOS	22
6.1 Consumo	22
6.2 Peso	22
6.3 Conversión	24
6.4 Peso/ Conversión.....	27
6.5 Edad a faena.....	30
6.6 Composición corporal	31
6.7 Costos de alimentación	33
7. DISCUSIÓN	35
7.1 Parametros zootécnicos.....	35
Consumo	35
Peso.....	35
Conversión alimenticia.....	36

Peso/Conversión	37
Edad a faena	37
Composición corporal	37
7.2 Análisis económico	38
8. CONCLUSIÓN	39
9. BIBLIOGRAFÍA	41

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Tratamientos	17
Cuadro 2. Composición y aporte de nutrientes de las dietas experimentales	19
Cuadro 3. Costo de las dietas experimentales (\$/kg)	20
Cuadro 4. Consumo a lo largo de todo el período experimental.....	22
Cuadro 5. Peso a lo largo de todo el período experimental.....	23
Cuadro 6. Conversión alimenticia a lo largo de todo el período experimental	25
Cuadro 7. Peso/conversión a lo largo de todo el período experimental	28
Cuadro 8. Edad a faena (2600 g)	30
Cuadro 9. Composición corporal	32
Cuadro 10. Requerimientos diarios y totales de Metionina + Cistina digestible	33
Cuadro 11. Costo de alimentación	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolución del consumo de carne aviar por habitante, 2020-2021	6
Figura 2. Proceso de conversión de D-metionina a L-metionina en el hígado	10
Figura 3. Cambios en la aparición de D-aminoácido oxidasa en hígado y riñón de pollo.....	11
Figura 4. Diferencias de la síntesis de glutatión y RBA entre L-metionina y DL-metionina.....	12
Figura 5. Peso en función del consumo de Met+Cis digestible entre 1 y 14 días de vida.....	23
Figura 6. Peso en función del consumo de Met+Cis digestible entre 15 y 28 días de vida.....	24
Figura 7. Peso en función del consumo de Met+Cis digestible entre 29 y 42 días de vida.....	24
Figura 8. Conversión alimenticia en función del consumo de Met+Cis digestible entre 1 y 14 días de vida	26
Figura 9. Conversión alimenticia en función del consumo de Met+Cis digestible entre 15 y 28 días de vida	26
Figura 10. Conversión alimenticia en función del consumo de Met+Cis digestible entre 29 y 42 días de vida	27
Figura 11. Relación peso/conversión en función del consumo de Met+Cis digestible entre 1 y 14 días de vida	28
Figura 12. Relación peso/conversión en función del consumo de Met+Cis digestible entre 15 y 28 días de vida	29
Figura 13. Relación peso/conversión en función del consumo de Met+Cis digestible entre 29 y 42 días de vida	29
Figura 14. Edad a faena (2600 g) en función del consumo total de Met+Cis digestible	31
Figura 15. Peso de pechuga a la faena en función del consumo total de Met+Cis digestible	32
Figura 16. Costo de alimentación (\$/kg de peso vivo) en función del consumo total de Met+Cis digestible	34

RESUMEN

La elevada productividad del sector avícola en la actualidad lleva consigo la necesidad de generar y disponer de alimentos de gran calidad, por esto resulta necesario adecuar la oferta de nutrientes en las dietas. Las dietas para pollos de engorde están formuladas para proveer la energía y nutrientes esenciales para mantener un adecuado nivel de salud, funciones de desarrollo, mantenimiento y producción. El resultado del desempeño de los pollos de engorde, depende básicamente del suministro adecuado de todos los nutrientes que componen las necesidades metabólicas de esas aves, entre ellos, los aminoácidos (AA). El principal AA limitante en aves es la metionina, sobre todo, cuando se utilizan dietas a base de maíz y soja. Su función principal es la de ser la base para la síntesis de proteínas y también participa en el desarrollo del tracto digestivo y en el rendimiento. La fuente más común de metionina que se utiliza en dietas de aves de corral es el DL-metionina (un AA cristalino). De aquí que surge el interés de evaluar, por medio del presente estudio, el efecto de la inclusión de este AA en la dieta de pollos de engorde sobre el desempeño productivo de los mismos y parámetros de rendimiento de carcasa. Con dicha finalidad se evaluaron diferentes niveles de inclusión de DL-metionina sobre parámetros como peso, conversión y proporción de músculos pectorales. Para ello, se realizó un ensayo donde se utilizaron 600 pollitos machos de un día de vida, de la línea Cobb-500, distribuidos en cinco tratamientos (niveles de metionina de síntesis adicionados considerando 100% el nivel sugerido por Cobb's (2015) para cubrir los requerimientos de cada etapa): T1 (Control sin agregado de metionina), T2 (DL-Metionina al 70%), T3 (DL-Metionina al 85%), T4 (DL-Metionina al 100%) y T5 (DL-Metionina al 115%) con ocho repeticiones de 15 aves cada uno. A lo largo del experimento, independientemente de los tratamientos, se utilizaron tres fases de alimentos (1 a 14, 15 a 28, y 29 a 42 días). La prueba fue realizada en las instalaciones de la Sección Aves del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Pergamino (INTA-EEA Pergamino). Los resultados obtenidos mostraron que no usar metionina sintética en la dieta afectó negativamente todos los parámetros productivos analizados, incluso elevó el

costo de alimentación por kg de peso vivo producido. Por otra parte, no se encontraron diferencias significativas con distintos niveles de DL-metionina adicionada mediante análisis de variancia. No obstante, mediante análisis de regresión y considerando los resultados de los 5 tratamientos, se observó respuesta cuadrática en la mayoría de los casos, pudiéndose determinar el nivel para lograr el máximo desempeño de las aves. En síntesis, tomando como referencia las recomendaciones Cobb, en la fase de iniciación (1 a 14 días), los aportes de DL-Met sugeridos exceden la demanda de los pollos, en la fase de crecimiento (15 a 28 días), los aportes de DL-Met están acordes a los requerimientos y en la fase de terminación (29 a 42 días) los aportes de DL-Met evaluados no alcanzarían a cubrir la demanda por parte de los pollos. El peso de pechuga se incrementó en forma lineal a medida que aumentó el consumo de Met+Cis digestible, alcanzando el máximo con la dosis de DL-Met al 115%. Es probable que esta respuesta se incremente utilizando dosis mayores. En cuanto al aspecto económico, se alcanzaría el mejor costo/beneficio (\$/kg producido) con la dosis de DL-Met entre 85 y 100%.

PALABRAS CLAVE: DL-metionina; Pollos; Productividad; Composición corporal.

ABSTRACT

Now a day, the high productivity of the poultry sector, needs to generate and dispose of high quality feeds, for this reason, it is necessary to adapt the supply of nutrients to the diets. Diets for chickens are formulated to provide the energy and essential nutrients to maintain an adequate level of health, development functions, maintenance and production. The result of the performance of broilers, depends on the adequate supply of all nutrients that make up the metabolic needs of these birds, among them, amino acids (AA). The main limiting AA in birds is methionine, especially in corn-soy-based diets. Its main function is to be the basis for protein synthesis and also participates in the digestive tract development and growth performance. The more common source of methionine used in poultry diets is DL-methionine (a crystalline AA). So, the interest of evaluating, through this investigation, the effect of the inclusion of DL-methionine in the diet of broilers on its productive performance and body composition. For this purpose, different inclusion levels of DL-methionine were evaluated for parameters such as body weight (BW), feed conversion ratio (FCR), and breast yield. A total of 600 one-day-old males Cobb-500 broiler chicks were randomly allotted to five treatments (DL-Methionine levels added considering as 100% the suggested level in Cobb's nutrition guide (2015)): T1 (Control without methionine added), T2 (DL-Methionine 70%), T3 (DL-Methionine 85%), T4 (DL-100% Methionine) and T5 (115% DL-Methionine). Each treatment was assigned to eight replicates with 15 birds/replicate. The feeding program consisted in three phases (1 to 14, 15 to 28, and 29 to 42 days). The trial was carried out in the facilities of the Poultry Section of the National Institute of Agricultural Technology, in Pergamino (INTA-EEA Pergamino). The results obtained (analysis of variance) showed that not using synthetic methionine in the diet negatively affected all the productive parameters analyzed, even raising the cost of feeding per kg of body weight produced. In another hand, no significant differences in BW, FCR and BW/FCR were found among the four treatments with any addition of DL-methionine (T2, to T5). Using regression analysis including all treatments, a quadratic response was observed in almost all the evaluated parameters and the level to achieve

the requirement was determined in each case. In summary, for zootechnical parameters and considering Cobb's recommendations, it was observed: from 1 to 14 days, the level of DL-Methionine suggested exceeded the broiler's demand; from 15 to 28 days the suggested DL-Methionine level agrees with the broilers needs and from 29 to 42 days the DL-Methionine level used do not cover the bird's needs. The breast weight (carcass %) showed a lineal response reaching the highest value with 115% DL-Methionine addition. Probably this value could be higher adding more DL-Methionine. From the economic point of view, the better cost/benefit ratio (\$ per kg) could be achieved with levels of DL-Metionine between 85% and 100%.

KEY WORDS: DL-methionine; Chickens; Productivity; Body composition.

1. INTRODUCCIÓN

Las dietas para pollos de engorde están formuladas para proveer la energía y nutrientes necesarios para mantener un adecuado nivel de salud, funciones de desarrollo, mantenimiento y producción (Cobb, 2012; Iglesias *et al.*, 2013). El resultado del desempeño de los pollos de engorde, depende básicamente del suministro adecuado de todos los aminoácidos (AA) que componen las necesidades metabólicas de esas aves, y el principal AA limitante en aves es la metionina (Met) (Fancher & Jensen, 1989; Bertechini, 2012).

La fuente más común de Met que se utiliza en dietas de aves de corral es la DL-Met (Oñate Mancero *et al.*, 2016). Este AA no sólo sirve como un constituyente de la proteína corporal, sino que también participa en el desarrollo del tracto digestivo y en el rendimiento de la carcasa. Además, tiene la función de aumentar la masa muscular e intervenir en desarrollo de las plumas. (Hong, 2018).

La alimentación es un parámetro fundamental para la producción de carne de pollo, ya que constituye un porcentaje alto de los costos totales de producción (Uni *et al.*, 1998). La primera semana de vida es de suma importancia para el desarrollo del ave, ya que representa el 17% del tiempo transcurrido entre el nacimiento y el sacrificio (42 días) y puede aumentar o disminuir el tiempo al sacrificio (42 días) y 8-10% la ganancia de peso total (Lilburn, 1998). El volumen de vellosidades en el duodeno llega a su máximo desarrollo durante la primera semana, en yeyuno e íleon igual, pero siguen con su desarrollo a lo largo de la vida del ave (Uni *et al.*, 1998). Esto es clave para la buena asimilación de nutrientes que se encuentran en el intestino delgado.

La producción avícola

La carne aviar se encuentra entre las más consumidas, tanto a nivel Nacional como Mundial, el crecimiento del sector y de todas las actividades vinculadas a la producción aviar es debido a un aumento en la demanda, generando alimentos de alto valor proteico para los seres humanos, como carne y huevo, generando además subproductos como harina de plumas y de vísceras que son utilizadas en otras industrias. Esta alta productividad del

sector lleva consigo la necesidad de generar y disponer de alimentos de gran calidad (MAGyP, 2022).

En los últimos años la tendencia en la Argentina fue creciendo y en la actualidad ocupa el octavo lugar como productor y el octavo como exportador mundial de carne aviar, con una producción de 2,294 millones de toneladas, satisfaciendo así un consumo interno que durante el año 2021 se ubicó en los 45,7 kg/habitante/año (Figura 1, MAGyP, 2022).

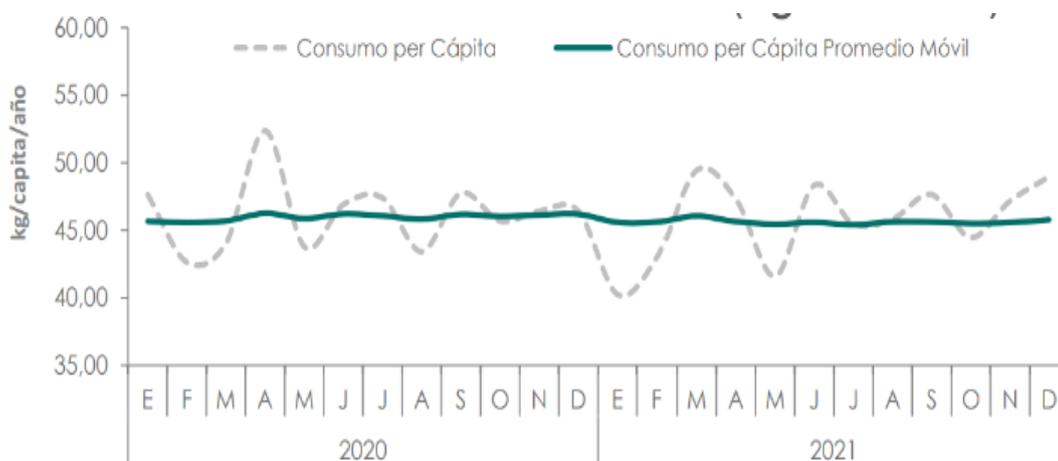


Figura 1. Evolución del consumo de carne aviar por habitante (kg/hab./año), 2020-2021.

Fuente: MAGyP, 2022.

Importancia de los aminoácidos para las aves

La constante selección genética de las aves demanda una permanente adecuación de la oferta de nutrientes en las dietas para optimizar la productividad. Es por ello que resulta necesario y oportuno evaluar los requerimientos de un aminoácido (AA) limitante como la metionina (Met) para incorporarla a las dietas de manera efectiva (Iglesias *et al.*, 2013).

Las dietas para pollos de engorde están formuladas para proveer la energía y nutrientes esenciales para mantener un adecuado nivel de salud y producción. Los componentes nutricionales básicos requeridos por las aves son agua, AA, energía, vitaminas y minerales. Estos componentes deben estar

en armonía para asegurar un correcto desarrollo del esqueleto y formación del tejido muscular (Cobb, 2012).

Los animales requieren del aporte de AA individuales para la síntesis de todos sus componentes proteicos que son generados a través de reacciones metabólicas que combinan 20 AA. Durante el proceso de digestión, las proteínas dietarias son hidrolizadas en AA para ser luego absorbidas. A nivel celular estos AA son incorporados para formar nuevas proteínas con funciones varias, como puede ser la generación de enzimas e incluso hormonas proteicas (Iglesias *et al.*, 2013).

Las aves (animales no-rumiantes) requieren del aporte de AA esenciales en la dieta (aquellos que el animal es incapaz de producir) para un correcto desarrollo, mantenimiento y producción (Iglesias *et al.*, 2013).

Este principio conduce al concepto de “Proteína Ideal” que relaciona los requerimientos de los AA entre sí, de manera tal, que los aportes de la dieta no generen ni déficit ni exceso de AA que perjudiquen el desempeño animal (Iglesias *et al.*, 2013).

El principal AA limitante en aves es la Met, sobre todo cuando se utilizan dietas a base de maíz y soja (Fancher & Jensen, 1989). La fuente más común de Met que se utiliza en dietas de aves de corral es la DL-Met, un AA cristalino. Esta fuente de Met se produce por síntesis química a partir de acroleína, metilmercaptano y cianuro de hidrógeno, aditivos propios de la refinación de hidrocarburos (Oñate Mancero *et al.*, 2016). Los AA en la naturaleza están presentes como D o L isómeros o una mezcla de ambos, DL. Los AA presentes y producidos por animales y vegetales pertenecen al isómero L, no teniendo el isómero D ninguna función biológica (Chattopadhyay *et al.*, 2006). La excepción a esto es la Met, donde el ave es capaz de convertir la forma D en L, por lo que puede utilizar ambos estereoisómeros (Lesson & Summers, 2001; Oñate Mancero *et al.*, 2016).

En dietas a base de maíz y soja, la limitante de AA sigue un orden, ocupando la Met el primer lugar, en segundo la lisina y en tercer lugar puede estar la treonina o triptófano dependiendo de la edad del ave (Bertechini, 2012).

El equilibrio de los AA limitantes en las dietas de aves se puede lograr combinando ingredientes que complementan las deficiencias, utilizando AA de síntesis y elevando el nivel proteico. El empleo de AA de síntesis es la forma más eficiente para complementar las dietas avícolas. Actualmente, para la formulación de dietas, existe en el mercado la L-Met (99%), la DL-Met (98-99%) y sus análogos [metionina hidroxianáloga (MHA) líquida o en polvo 83%], la L-lisina-HCL (78%), la L-treonina (98%), el L-triptófano (98%) y finalmente se tiene la L-valina (99%). La inclusión de estos AA permite que se reduzca significativamente el nivel de proteína de las dietas (Bertechini, 2012). Por otro lado, siempre debe existir un mínimo de proteína para soportar las necesidades de los AA clasificados dietéticamente como no esenciales, a pesar que metabólicamente todos los AA poseen la misma importancia (Bertechini, 2012). El resultado del desempeño de los pollos de engorde, depende básicamente del suministro adecuado de todos los aminoácidos que componen las necesidades metabólicas de esas aves (Bertechini, 2012).

Si bien, para la formulación de dietas para aves se pueden utilizar los valores de AA totales, es recomendable formular por contenido de AA digeribles debido a cambios en la digestibilidad de los aminoácidos de acuerdo con el ingrediente utilizado. Así dos dietas con el mismo nivel de lisina y Met+Cis totales, pueden diferir en cuanto a los mismos AA en la forma digerible. De todas maneras, para las dietas a base de maíz y soja, donde la digestibilidad de todos los AA es alta, la formulación con AA totales no afectaría el desempeño de las aves (Bertechini, 2012).

La Met tiene varias funciones importantes en la nutrición. Su función principal es la de ser la base para la síntesis de proteínas. El organismo sintetiza continuamente proteínas que pueden ser depositadas en el huevo, en los tejidos corporales y en las plumas; también se pueden utilizar como proteínas funcionales, como por ejemplo en forma de enzimas (Lemme & De La Cruz., 2018).

La síntesis de proteínas es la traducción del código genético en las cadenas de AA (péptidos), que eventualmente forman una estructura tridimensional característica de cada proteína. Esta síntesis se lleva a cabo a nivel celular mediante la unión secuencial de los AA entre sí, de acuerdo con el código

genético. Diez AA se consideran esenciales porque el organismo no tiene la capacidad de sintetizarlos, por lo tanto, necesitan ser aportados a través del alimento, la Met es uno de ellos (Lemme & De La Cruz., 2018).

Cuando un AA en particular no está disponible en el lugar y en el momento en que la proteína se sintetiza, este proceso se interrumpe inmediatamente y la proteína no se produce más. No hay forma de evitar o compensar esta falta de un AA (Lemme & De La Cruz., 2018).

Metionina. Síntesis química

La síntesis química ha sido la vía clásica para producir mezclas racémicas, como la DL-Met, que se puede obtener mediante la síntesis de Strecker. La conversión de un aldehído o cetona y amina o amoníaco en α -aminoácidos se puede lograr por medio de un catalizador ácido, una fuente de cianuro y agua. La principal desventaja de la síntesis química es su incapacidad para obtener selectivamente productos en forma D o L de AA (Gröger, 2003). La Met se produce a escala industrial a través de la reacción de Bucherer-Bergs, que es una variante de la síntesis de Strecker. En este método, se hacen reaccionar cetonas o aldehídos con carbonato de amonio y cianuro de sodio para producir hidantoínas, que luego se someten a hidrólisis alcalina y a mezclas de sales de AA racémicos. Finalmente, la DL-Met se cristaliza tras la neutralización con ácido sulfúrico y dióxido de carbono (Breuer *et al.*, 2004). La producción industrial de DL-Met utiliza materias primas petroquímicas convencionales, como metilmercaptano, acroleína, ácido cianhídrico y amoníaco (Leuchtenberger *et al.*, 2005). La DL-Met racémica es ampliamente aceptada porque los pollos pueden convertir la forma D en la forma L biológicamente activa a través de reacciones de oxidasa y transaminasas. Por lo tanto, la DL-Met racémica puede usarse sin comprometer la eficiencia (Selle *et al.*, 2020).

La Met tiene muchas funciones fisiológicas, por ejemplo, como un importante donante del grupo metilo (CH₃), necesario para el metabolismo animal. También se sabe que la Met reduce el estrés oxidativo en el cuerpo al aumentar los compuestos antioxidantes como el glutatión (Hong, 2018).

El isómero D de la Met y el MHA también puede utilizarse, pero deben convertirse en la forma L a través de la reacción enzimática en diferentes tejidos, principalmente en hígado y riñón (Figura 2, Hong, 2018).

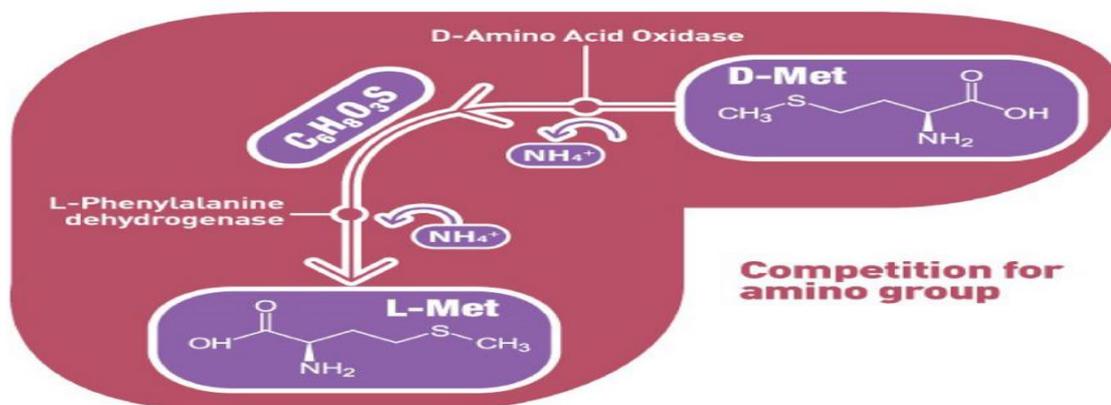


Figura 2. Proceso de conversión de D-metionina a L-metionina en el hígado.

Fuente: Selle *et al.* (2020).

Sin embargo, se puede cuestionar si el grupo amino escindido puede ser devuelto al esqueleto químico de la Met con una eficiencia del 100%. Además, las dos reacciones enzimáticas durante el proceso de conversión de los isómeros requieren energía. Por lo tanto, cuando se utiliza DL-Met o MHA en lugar de la L-Met, la biodisponibilidad relativa se reduce naturalmente debido al consumo innecesario de energía para la conversión enzimática (Hong, 2018).

Las enzimas D-aminoácido oxidasa (DAAO) necesarias para la conversión de la D-Met son abundantes en el hígado y el riñón de los pollos. Sin embargo, según D`Aniello (1993), los animales más jóvenes tienen cantidades menores de estas enzimas. A medida que el animal crece, las actividades de la enzima aumentan, necesitando un tiempo considerable para activar los niveles suficientes en el organismo, como se muestra en la Figura 3.

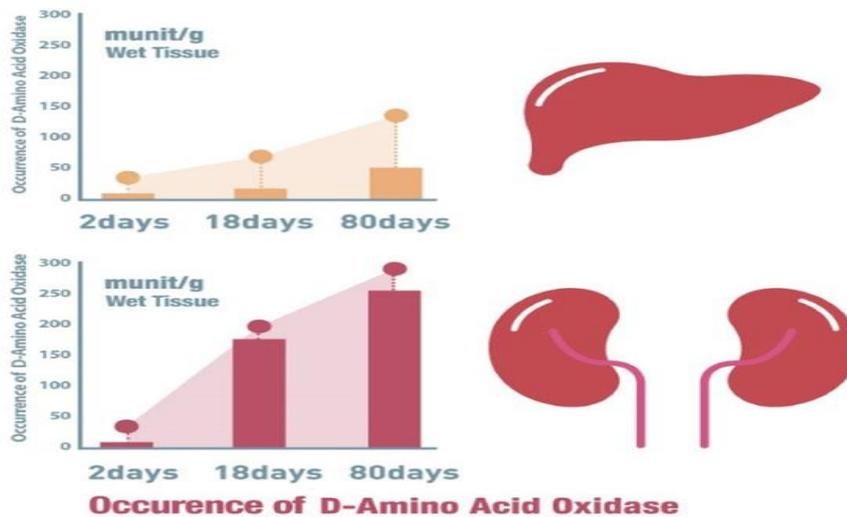


Figura 3. Cambios en la aparición de D-aminoácido oxidasa en hígado y riñón de pollos.

Fuente: D'Aniello, 1993.

El glutatión juega un papel importante en la defensa antioxidante. Es capaz de prevenir el daño a los componentes celulares intestinales causado por las especies reactivas del oxígeno como los radicales libres, los peróxidos y los metales pesados. En especial, el aumento de la concentración de glutatión afecta al desarrollo de las pequeñas vellosidades intestinales (Figura 4) (Shen *et al.* 2015).

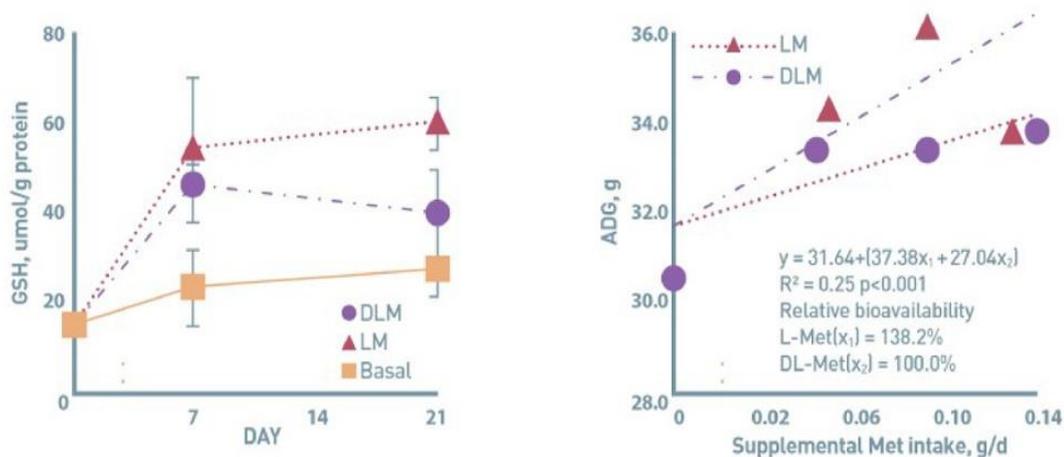


Figura 4. Diferencias de la síntesis de glutatión y RBA entre L-metionina y DL-metionina.

Fuente: Shen *et al.*, 2015.

Estos mismos autores también han demostrado que la alimentación con L-Met aumenta el desarrollo de vellosidades en pollos jóvenes, en comparación con la alimentación con DL-Met (Shen *et al.*, 2015).

El análisis de las vellosidades de los tratamientos con L o DL-Met mostró que se observaron niveles de glutatión significativamente más altos en el grupo de suplementación con L-Met (Figura 4). Además, tanto la altura como el ancho de las vellosidades mejoraron en el grupo de suplementación de L-Met.

La Met no sólo sirve como un constituyente de la proteína corporal, sino que también participa en el desarrollo del tracto digestivo y en el rendimiento. Además, tiene la función de aumentar la masa muscular y el desarrollo de las plumas (Hong, 2018).

Hay que destacar la importancia de la función fisiológica de la Met. La L-Met es la única forma biológicamente funcional de la Met que es fácilmente utilizada por las células intestinales de los pollos (Hong, 2018).

2. ANTECEDENTES

Dentro de la bibliografía afín se localiza el ensayo de Jiménez-Moreno *et al.* (2011) cuyo objetivo fue evaluar los efectos de niveles crecientes de dos fuentes de Met sintética en pollos de engorde de 1 a 34 días de edad. El diseño fue al azar con 9 tratamientos experimentales; una dieta control a base de trigo, maíz, harina de soja (48% PB) y arveja, y sin suplementación alguna de Met, y 8 dietas extra ordenadas bajo un arreglo factorial de 2x4 con dos fuentes de Met (DL-Met y MHA-FA líquida) y cuatro niveles de Met (0,33, 0,60, 1,00 y 1,50 g/kg para la DL-Met con una actividad del 990 g/kg y 0,44, 0,88, 1,48 y 2,22 g/kg para la MHA-FA con una actividad del 677 g/kg). El programa de alimentación se realizó en tres fases (1 a 13; 14 a 26 y 27 a 34 días de edad). Cada tratamiento se replicó diez veces y la unidad experimental estuvo constituida por una jaula con ocho pollitos. Como principales resultados, el estudio arrojó que la inclusión de Met, independiente de la fuente, mejoró la ganancia media diaria ($p < 0,05$) y el índice de conversión ($p < 0,05$) de los pollos. Las mejoras del índice de conversión fueron más evidentes ($p < 0,05$) con la inclusión de DL-Met (+9%) que con la de MHA-FA (+5%). El estudio concluye que las necesidades en Met y en Met+Cis de los pollos Ross 308 fueron al menos de 3,2 y 6,9 g/kg de 1 a 13 días, 3,0 y 6,5 g/kg de 13 a 26 días y 2,6 y 6,0 g/kg de 26 a 34 días de edad. En base a estos resultados sus autores infieren que la DL-Met sería una mejor fuente de Met disponible que la MHA-FA.

Otro ensayo que merece ser citado es el de Batallé *et al.* (2017), cuyo objetivo fue comparar la eficiencia de utilización de dos fuentes de Met sintéticas, DL-Met y L-Met, en diferentes niveles de dosificación para pollos parrilleros. Se utilizaron 180 pollos hembra de la línea Cobb, de un día de vida. Se realizaron cuatro tratamientos con tres repeticiones (T1: Alimento formulado según requerimiento con DL-Met sintética, T2: Alimento T1 con reemplazo de DL por L-Met en misma proporción, T3: Alimento T1 con 50% menos de aporte de DL-Met sintética y T4: Alimento T2 con 50% menos de aporte de L-Met sintética, quedando en T3 y T4 deficiencias de 23% de los requerimientos de Met. Semanalmente se midió el peso individual. Además, se pesó la pechuga y

las plumas primarias de las alas por ave a los 21 y 42 días. El estudio concluye que con L-Met se alcanzó un mejor desempeño productivo en los primeros 7 días de vida del ave respecto al DL-Met. Las aves alimentadas con L-Met y sin deficiencias evidencian, aunque sin diferencias significativas, mejor desempeño tanto en los valores productivos como en peso de pechuga y plumas, siendo más acentuado en la primera semana de vida. Deficiencias de alrededor del 23% de los requerimientos de Met en la dieta perjudicaron los parámetros evaluados y no expresan mayor eficiencia de utilización por ninguna de las metioninas sintéticas, ya sea en forma de DL-Met o L-Met.

En otro estudio llevado a cabo por el equipo de Rehman et al. (2019), se evaluó la utilización de dos fuentes de Met (DL-Met y L-Met), en diferentes concentraciones de Met+Cis en pollos de engorde (74%, 77% y 80% respecto de lisina digestible). Un total de 450 pollos de engorde de un día de edad se dividieron en seis grupos (cinco réplicas de 15 aves cada uno) en un arreglo factorial de 2x3, bajo un diseño completamente aleatorizado. Se determinó la ganancia de peso, el consumo de alimento y el índice de conversión alimenticia. Al final del experimento (35 días), se sacrificaron dos aves de cada réplica para determinar las características de la canal y la homocisteína sérica. La interacción entre la fuente y los niveles de Met tuvo un efecto significativo ($p < 0,05$) en la ingesta de alimento y el aumento de peso durante el período de finalización y comienzo, respectivamente. Los resultados con respecto a la ingesta de alimento en el período de finalización revelaron que los mejores valores se alcanzaron en una proporción del 80% de L-Met. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas en la ingesta de alimento entre L-Met80 y DL-Met80. Durante el período inicial, los valores más altos de aumento de peso se lograron con una relación del 77% u 80% de L-Met y DL-Met en comparación con una relación del 74%. La fuente de Met no tuvo efecto sobre las características de la canal ($p > 0,05$), en tanto el nivel de Met y la interacción entre la fuente y niveles de Met si lo hicieron ($p < 0,05$) sobre el peso de la canal y no sobre el peso vivo, después de la eliminación de la piel y el peso eviscerado.

La interacción entre las fuentes y los niveles de Met tuvo un efecto significativo sobre el peso del hígado ($p < 0,05$), mientras que el efecto sobre el

corazón y el peso de la molleja no fue significativo ($p>0,05$). Por otro lado, con respecto al peso del hígado, no hubo diferencias significativas entre L-Met80 y DL-Met80. Las fuentes de Met tuvieron efectos significativos sobre el hígado y el peso del corazón ($p<0,05$), mientras que el efecto sobre el peso de la molleja no fue significativo ($p>0,05$), ya que L-Met aumenta el peso hepático y cardíaco en comparación con DL-Met. Los pesos del hígado y la molleja aumentaron gradualmente a medida que los niveles de Met aumentaron del 74% al 77% al 80% ($p< 0,05$). Los principales resultados mostraron que se podría obtener un mejor rendimiento de carne comestible suplementando Met+Cis a una tasa del 80% de la lisina digerible. Finalmente, se concluyó que si DL-Met y L-Met se incluyen en el alimento a un nivel que cubra los requerimientos son igualmente efectivos como fuente de Met para pollos de engorde.

3. HIPÓTESIS

Los niveles crecientes de DL-Met en la dieta mejoran la productividad y composición corporal de pollos en crecimiento.

4. OBJETIVOS

4.1 General

Evaluar el efecto de la inclusión de DL-Met en la dieta de pollos de engorde sobre el desempeño productivo de los mismos y parámetros de rendimiento de carcasa.

4.2 Específicos

- Evaluar el efecto de la inclusión de niveles crecientes de DL-Met en la dieta de pollos de engorde sobre peso, conversión y contenido de pechuga.
- Establecer niveles óptimos de inclusión de DL-Met para los siguientes parámetros:
 - ✓ Peso.
 - ✓ Conversión.
 - ✓ Proporción de músculos pectorales (pechuga).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Lugar

El experimento se realizó en las instalaciones de la Sección Aves del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Pergamino (INTA-EEA Pergamino).

5.2 Aves

Se utilizaron 600 pollitos machos Cobb-500 de un día de vida provenientes del establecimiento Granja Tres Arroyos.

5.3 Alojamiento

En lotes a piso de 1 x 1,5 m (10 aves/m²) sobre cama de viruta de madera en galpón de laterales abiertos cerrados por cortinas con control de ambiente e iluminación automáticos, bebederos lineales de nipples y comedero tolva, el suministro de agua y alimento *ad-libitum*.

Al ingreso, los pollitos fueron distribuidos en categorías de a 1 g y se formaron lotes de peso homogéneo. Los primeros 7 días cada tratamiento contó con 4 repeticiones de 33 pollos cada una.

Al 7mo día de vida, los pollos de cada tratamiento fueron redistribuidos en categorías de a 5 g y se formaron 8 lotes homogéneos de 15 pollos cada uno.

5.4 Tratamientos

Se plantearon 5 tratamientos con niveles crecientes de DL-Met (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos

Tratamientos	Dosis*	Dosis de producto (%)		
		1 a 14 d	15 a 28 d	29 a 42 d
1.- Basal	-	-	-	-
2.- DL-Met70	70%	0,205	0,176	0,146
3.- DL-Met85	85%	0,248	0,213	0,178
4.- DL-Met100	100%	0,292	0,251	0,209
5.- DL-Met115	115%	0,336	0,289	0,241

*Cantidad de aminoácido sintético adicionado como 100% considerando el nivel sugerido para cubrir los requerimientos de cada etapa (Cobb, 2015)

5.5 Diseño experimental

Se empleó un diseño en bloques completos al azar, donde cada uno de los tratamientos contó con 8 repeticiones de 15 aves cada una y cada lote (repetición) fue considerado la unidad experimental.

5.6 Dietas experimentales

A lo largo del experimento, independientemente de los tratamientos, se utilizaron tres fases de alimentos, según la edad de los pollos:

- ✓ Iniciador (1 a 14 días)
- ✓ Crecimiento (15 a 28 días)
- ✓ Terminador (29 a 42 días).

Las dietas se formularon con un exceso de aminoácidos, para así poder expresar el contenido extra de Met (tratamiento con 115% de la dosis). Por este motivo se incrementó el nivel de lisina digestible en un 4,9; 4,7 y un 4,3% para iniciador, crecimiento y terminador, respectivamente, y con ella todos los aminoácidos según el concepto de proteína ideal (Cobb, 2015).

Las dietas empleadas (basales para las diferentes fases) se muestran en el Cuadro 2 y fueron formuladas con el software de programación lineal Nutrition[®] 2.0 (DAPP, 2003).

Las dietas fueron elaboradas en la planta de alimentos balanceados de la Sección Aves del INTA-EEA Pergamino y fueron suministradas en forma de harina.

Cuadro 2. Composición y aporte de nutrientes de las dietas experimentales (basales)

Ingredientes (%)	Fase de alimentación			
	1 a 14 d	15 a 28 d	29 a 42 d	
Maíz	62,05	67,01	67,87	
Soja Aceite	0,46	0,98	2,10	
Soja Harina 45%PC	30,15	25,18	24,07	
Conchilla	0,43	0,43	0,43	
Carne Harina	5,45	5,07	4,43	
Coccidiostato	0,05	0,05	0,05	
Premix Vit-Min*	0,20	0,20	0,15	
Sal	0,40	0,34	0,35	
L-Lisina HCl 78.8%	0,31	0,29	0,20	
Inerte**	0,34	0,29	0,24	
L-Treonina 98%	0,11	0,11	0,08	
Colina Cl 60%	0,05	0,05	0,03	
Nutrientes (%)				
Proteína	21,24	19,21	18,38	
Lípidos	4,14	4,75	5,80	
Ca	0,90	0,84	0,76	
P Total	0,68	0,64	0,59	
P Disponible	0,45	0,42	0,38	
Na	0,22	0,19	0,19	
Cl	0,32	0,28	0,28	
EMA (kcal/kg)	2968	3047	3137	
EMV (kcal/kg)	3258	3336	3417	
AA Totales	Lisina	1,324	1,174	1,062
	Met+Cis	0,657	0,605	0,587
	Treonina	0,896	0,809	0,754
	Arginina	1,379	1,220	1,166
	Valina	1,049	0,947	0,913
AA Digestibles	Lisina	1,238	1,099	0,991
	Met+Cis	0,596	0,549	0,534
	Treonina	0,805	0,726	0,674
	Arginina	1,307	1,154	1,104
	Valina	0,951	0,860	0,830

* Premix vitamínico-mineral Rovimix® Parrilleros de DSM.

** Se reemplazó el inerte por DL-Metionina 99% según se muestra en el Cuadro 1.

d: días; EMA: Energía Metabolizable Aparente, EMV: Energía Metabolizable Verdadera; AA: Aminoácidos.

5.7 Costos de las dietas

En función de los niveles de inclusión y costo de ingredientes, se calculó los costos de las dietas formuladas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Costo de las dietas experimentales (\$/kg)

Tratamientos	Fase de alimentación		
	1 a 14 d	15 a 28 d	29 a 42 d
1.- Basal	40,21	40,11	40,44
2.- DL-Met70	41,29	41,04	41,21
3.- DL-Met85	41,52	41,24	41,38
4.- DL-Met100	41,75	41,44	41,55
5.- DL-Met115	41,99	41,64	41,72

d: días.

5.8 Plan sanitario

El plan sanitario conto con vacunación contra Marek, Gumboro y Newcastle, realizada en la planta de incubación.

5.9 Mediciones

Consumo de alimento: Por lote y semanal corregido por mortalidad considerando ave-día. Pesando el alimento que es suministrado en la tolva al inicio y descontando el alimento sobrante al final de la semana.

Peso corporal: las aves fueron pesadas semanalmente y de forma individual.

Conversión: Por lote en base semanal y en forma acumulada.

Peso/Conversión: Se calculó este parámetro como una simplificación del factor de eficiencia productiva europeo.

Mortalidad: Diaria.

Edad a 2600 g: por intrapolación, empleando la siguiente fórmula:

$$x = \frac{y - \text{ordenada al origen}}{\text{pendiente}}$$

Composición corporal: A los 43 días, un total de 15 aves por tratamiento (eligiendo una repetición de peso promedio similar al promedio del tratamiento) fueron faenadas según procedimientos estándares (CICUAE-INTA, 2010) y se determinó el rendimiento de carcasa, rendimiento de

pechuga (como porcentaje de carcasa) y contenido de grasa abdominal (como porcentaje de carcasa).

5.10 Análisis de gráficos

Una vez encontrada una respuesta cuadrática de forma gráfica, se estableció la dosis óptima de DL-Met empleando la fórmula del vértice.

$$x = -\frac{b}{2a}$$

5.11 Análisis estadístico

Los datos fueron sometidos a Análisis de la Varianza (ANOVA) de dos vías. Cuando el grado de significancia estuvo por debajo del 5%, la comparación de medias se realizará por la prueba de rangos múltiples de Duncan.

Se realizó un contraste ortogonal para evaluar si existe linealidad o respuesta cuadrática de cada uno de los parámetros en función de la dosis de DL-Met.

Se empleó análisis de regresión para calcular el requerimiento de Met+Cis de cada parámetro evaluado utilizando los resultados de los 5 tratamientos evaluados

El análisis estadístico se llevó a cabo utilizando el software InfoSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2012).

6. RESULTADOS

6.1 Consumo

El consumo de T1 (Basal) fue menor respecto al resto de los tratamientos ($p < 0,05$, Cuadro 4), no observándose diferencias significativas entre los tratamientos con DL-Met (70%, 85%, 100% y 115%) a lo largo de todo el ensayo ($p > 0,05$).

Al analizar los contrastes ortogonales, no se encontró respuesta lineal ni cuadrática al agregado de DL-Met ($p > 0,05$).

Cuadro 4. Consumo a lo largo de todo el período experimental

Tratamientos	Edad (días)					
	7	14	21	28	35	42
1.- Basal	109 ^b	412 ^b	990 ^b	1862 ^b	3038 ^b	4387 ^b
2.- DL-Met70	126 ^a	501 ^a	1225 ^a	2250 ^a	3513 ^a	4916 ^a
3.- DL-Met85	126 ^a	505 ^a	1239 ^a	2253 ^a	3541 ^a	4946 ^a
4.- DL-Met100	125 ^a	505 ^a	1218 ^a	2246 ^a	3516 ^a	4919 ^a
5.- DL-Met115	132 ^a	510 ^a	1234 ^a	2261 ^a	3513 ^a	4915 ^a
Probabilidad	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Contraste						
Basal vs Met	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Lineal	0,37	0,10	0,91	0,77	0,81	0,83
Cuadrático	0,39	0,90	0,90	0,73	0,52	0,61
CV%	6,1	2,1	2,2	2,4	1,9	1,9

Medias en una misma columna con diferente superíndice difieren significativamente ($p \leq 0,05$).

6.2 Peso

El peso de T1 (Basal) fue menor en relación al resto de los tratamientos a lo largo de todo el ensayo ($p < 0,05$, Cuadro 5). No se observaron diferencias significativas en el peso de las aves en los cuatro tratamientos con algún agregado de DL-Met, con excepción del peso a los 14 días de vida, en el que se observó que con DL-Met al 85% se alcanzó mayor peso que con 115%.

Al analizar los contrastes ortogonales, no se encontró respuesta lineal ni cuadrática al agregado de DL-Met ($p > 0,05$).

Cuadro 5. Peso a lo largo de todo el período experimental

Tratamientos	Edad (días)					
	7	14	21	28	35	42
1.- Basal	126 ^b	325 ^c	658 ^b	1103 ^b	1716 ^b	2202 ^b
2.- DL-Met70	145 ^a	416 ^{ab}	878 ^a	1477 ^a	2196 ^a	2784 ^a
3.- DL-Met85	150 ^a	423 ^a	898 ^a	1509 ^a	2225 ^a	2823 ^a
4.- DL-Met100	148 ^a	412 ^{ab}	877 ^a	1479 ^a	2216 ^a	2825 ^a
5.- DL-Met115	148 ^a	410 ^b	896 ^a	1501 ^a	2208 ^a	2824 ^a
Probabilidad	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Contraste						
Basal vs Met	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Lineal	0,56	0,10	0,50	0,44	0,76	0,17
Cuadrático	0,59	0,21	0,97	0,70	0,40	0,32
CV%	2,3	2,6	3,5	2,4	2,8	2,1

Medias en una misma columna con diferente superíndice difieren significativamente ($p \leq 0.05$).

La falta de respuesta observada en los contrastes ortogonales, se vuelve cuadrática si en el análisis se incluyen los pollos del T1 (Basal) (Figuras 5, 6 y 7 para las fases 1 a 14, 15 a 28 y 29 a 42 días, respectivamente), y de esta manera se pudo establecer el requerimiento de Met+Cis digestible por fase. Así, se llegó a establecer que, para el mayor peso en la fase de iniciación, se requiere un consumo total de Met+Cis digestible de 4,267 g en el período de 1 a 14 días (Figura 5), 14,718 g en el período de 15 a 28 días (Figura 6) y 24,879 g en el período de 29 a 42 días (Figura 7).

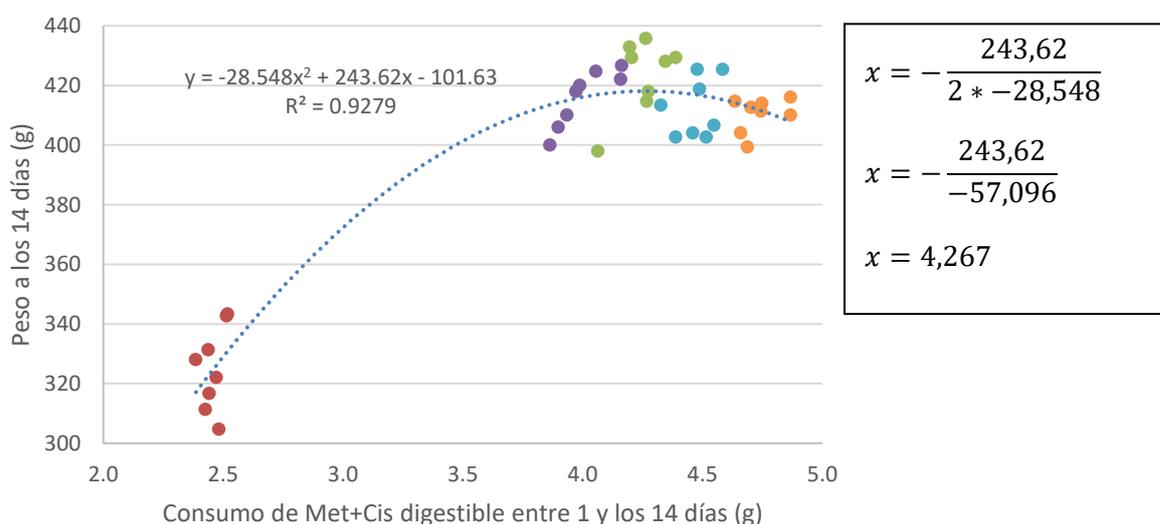


Figura 5. Peso en función del consumo de Met+Cis digestible entre 1 y 14 días de vida.

● Basal; ● DL-Met70; ● DL-Met85; ● DL-Met100; ● DL-Met115.

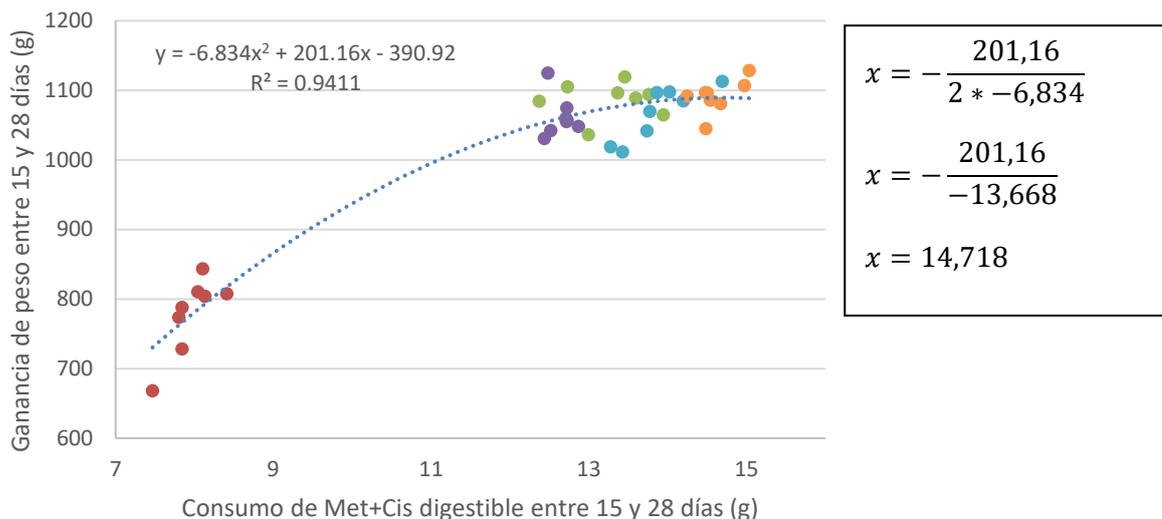


Figura 6. Peso en función del consumo de Met+Cis digestible entre 15 y 28 días de vida.

● Basal; ● DL-Met70; ● DL-Met85; ● DL-Met100; ● DL-Met115.

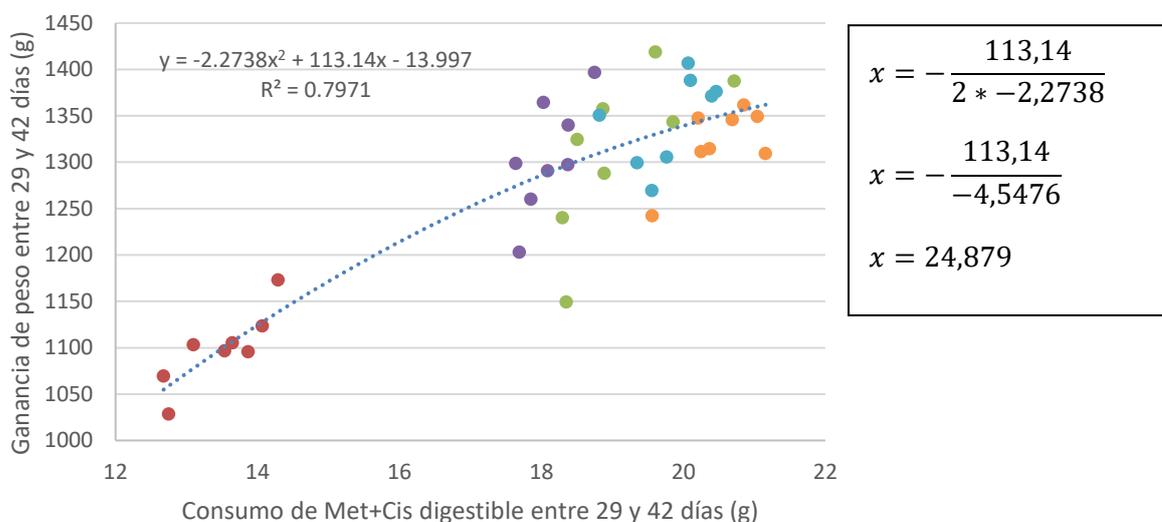


Figura 7. Peso en función del consumo de Met+Cis digestible entre 29 y 42 días de vida.

● Basal; ● DL-Met70; ● DL-Met85; ● DL-Met100; ● DL-Met115.

6.3 Conversión

La conversión alimenticia de T1 (Basal) a partir del día 14 fue significativamente mayor que la de los tratamientos con DL-Met ($p < 0,05$,

Cuadro 6), y a partir del día 21 no hubo diferencias significativas entre los tratamientos con DL-Met ($p>0,05$).

A los 14 días, entre los tratamientos con inclusión de DL-Met, los niveles de 70 y 85%, presentaron conversiones significativamente menores que con el agregado de 115% ($p<0,05$).

Al analizar los contrastes ortogonales, no se encontró respuesta lineal ni cuadrática al agregado de DL-Met ($p>0,05$), excepto a los 14, donde se encontró una respuesta lineal positiva al agregado de este aminoácido sintético ($p<0,05$), en tanto que, a los 42 días, también se encontró una respuesta lineal, pero negativa, o sea que, a medida que aumentó la mayor dosis de DL-Met, mejoró la conversión alimenticia ($p<0,05$).

Cuadro 6. Conversión alimenticia a lo largo de todo el período experimental

Tratamientos	Edad (días)					
	7	14	21	28	35	42
1.- Basal	0,861	1,271 ^a	1,506 ^a	1,691 ^a	1,772 ^a	1,992 ^a
2.- DL-Met70	0,870	1,205 ^c	1,396 ^b	1,524 ^b	1,600 ^b	1,767 ^b
3.- DL-Met85	0,841	1,193 ^c	1,381 ^b	1,493 ^b	1,593 ^b	1,753 ^b
4.- DL-Met100	0,863	1,226 ^{bc}	1,391 ^b	1,519 ^b	1,587 ^b	1,741 ^b
5.- DL-Met115	0,890	1,244 ^{ab}	1,379 ^b	1,506 ^b	1,591 ^b	1,741 ^b
<i>Probabilidad</i>	0,75	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
<i>Contraste</i>						
<i>Basal vs Met</i>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
<i>Lineal</i>	0,87	<0,01	0,62	0,67	0,64	0,05
<i>Cuadrático</i>	0,48	0,24	0,95	0,54	0,71	0,50
CV%	5,8	2,7	3,6	2,6	2,6	1,5

Medias en una misma columna con diferente superíndice difieren significativamente ($p\leq 0,05$).

De la misma manera que con peso, se estableció el requerimiento de Met+Cis digestible por fase para lograr la mejor conversión (Figuras 8, 9 y 10 para las fases 1 a 14, 15 a 28 y 29 a 42 días, respectivamente). Se halló que la necesidad de Met+Cis digestible para lograr la mejor conversión fue de 3,708 g en el período de 1 a 14 días (Figura 8), 13,740 g en el período de 15 a 28 días (Figura 9) y 22,205 g en el período de 29 a 42 días (Figura 10).

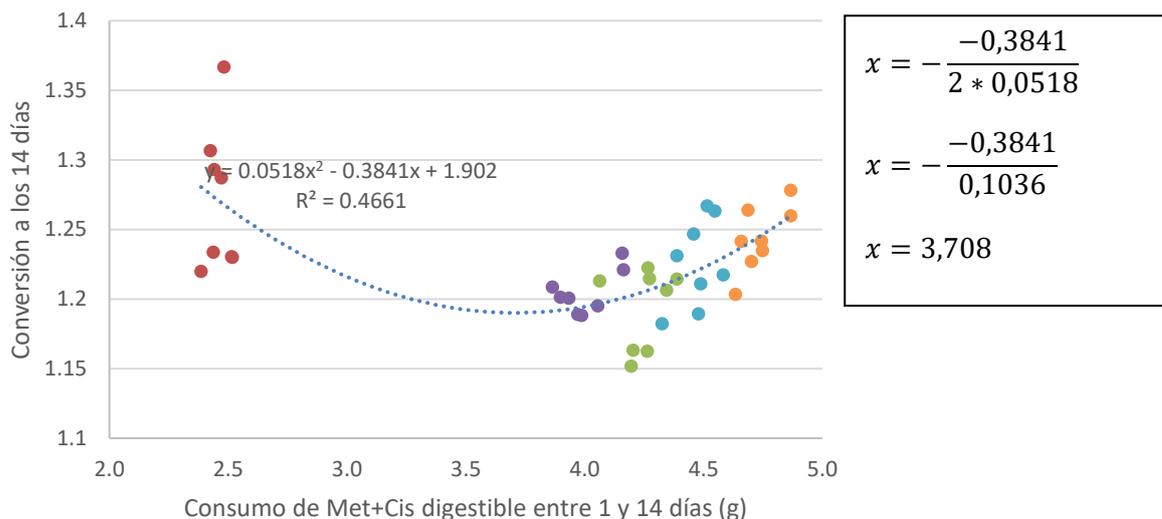


Figura 8. Conversión alimenticia en función del consumo de Met+Cis digestible entre 1 y 14 días de vida.

● Basal; ● DL-Met70; ● DL-Met85; ● DL-Met100; ● DL-Met115.

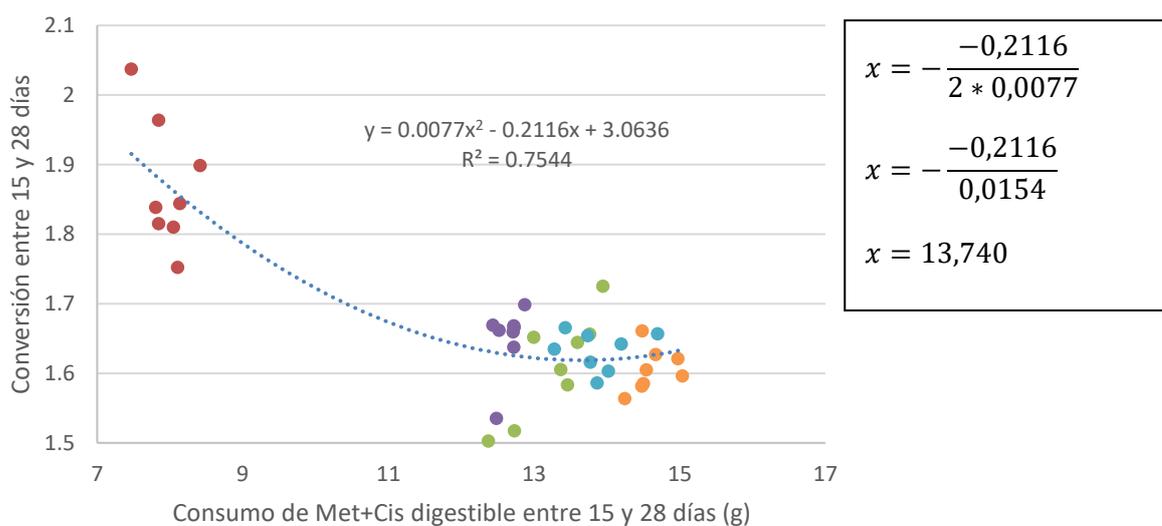


Figura 9. Conversión alimenticia en función del consumo de Met+Cis digestible entre 15 y 28 días de vida.

● Basal; ● DL-Met70; ● DL-Met85; ● DL-Met100; ● DL-Met115.

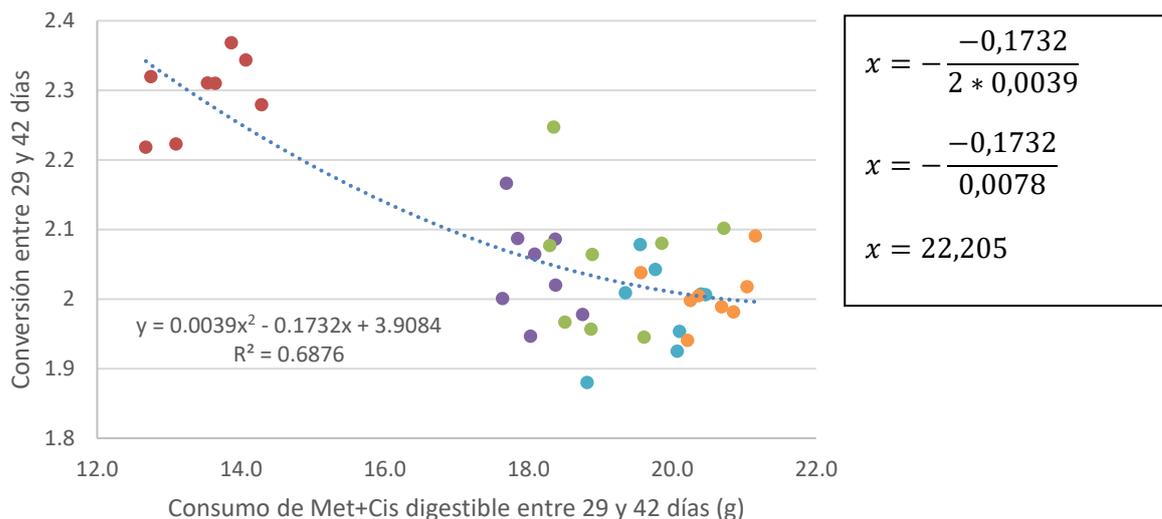


Figura 10. Conversión alimenticia en función del consumo de Met+Cis digestible entre 29 y 42 días de vida

● Basal; ● DL-Met70; ● DL-Met85; ● DL-Met100; ● DL-Met115.

6.4 Peso/conversión

La relación peso/conversión de T1 (Basal) fue menor que la de los tratamientos con DL-Met a lo largo de todo el ensayo ($p < 0,05$, Cuadro 7), no observándose diferencias significativas entre estos últimos tratamientos entre sí ($p > 0,05$), con excepción del día 14, donde el tratamiento con un nivel de 85% de DL-Met, presentó mejor relación peso/conversión que los tratamientos con 100 y 115% ($p < 0,05$).

Al analizar los contrastes ortogonales, no se encontró respuesta lineal ni cuadrática al agregado de DL-Met ($p > 0,05$), excepto a los 14 días, donde se encontró una respuesta lineal negativa al agregado de este aminoácido sintético ($p < 0,05$). A los 42 días, también se encontró una respuesta lineal, pero positiva mostrando que a medida que aumentó la mayor dosis de DL-Met, mejoró la relación peso/conversión ($p < 0,05$).

Cuadro 7. Peso/conversión a lo largo de todo el período experimental

Tratamientos	Edad (días)					
	7	14	21	28	35	42
1.- Basal	147 ^b	256 ^c	439 ^b	653 ^b	970 ^b	1105 ^b
2.- DL-Met70	167 ^a	345 ^{ab}	630 ^a	970 ^a	1373 ^a	1576 ^a
3.- DL-Met85	179 ^a	355 ^a	651 ^a	1012 ^a	1399 ^a	1611 ^a
4.- DL-Met100	168 ^a	337 ^b	633 ^a	974 ^a	1397 ^a	1622 ^a
5.- DL-Met115	167 ^a	330 ^b	651 ^a	997 ^a	1389 ^a	1623 ^a
Probabilidad	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Contraste						
<i>Basal vs Met</i>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
<i>Lineal</i>	0,71	0,01	0,47	0,48	0,66	0,05
<i>Cuadrático</i>	0,28	0,14	0,91	0,50	0,48	0,31
CV%	6,6	4,7	6,5	4,2	5,1	3,2

Medias en una misma columna con diferente superíndice difieren significativamente ($p \leq 0,05$).

Asimismo, se estableció el requerimiento de Met+Cis digestible por fase para lograr la mejor relación peso/conversión (Figuras 11, 12 y 13 para las fases 1 a 14, 15 a 28 y 29 a 42 días, respectivamente). La necesidad de Met+Cis digestible para lograr la mejor relación peso/conversión fue de 5,404 g en el período de 1 a 14 días (Figura 11), 14,421 g en el período de 15 a 28 días (Figura 12) y 23,768 g en el período de 29 a 42 días (Figura 13).

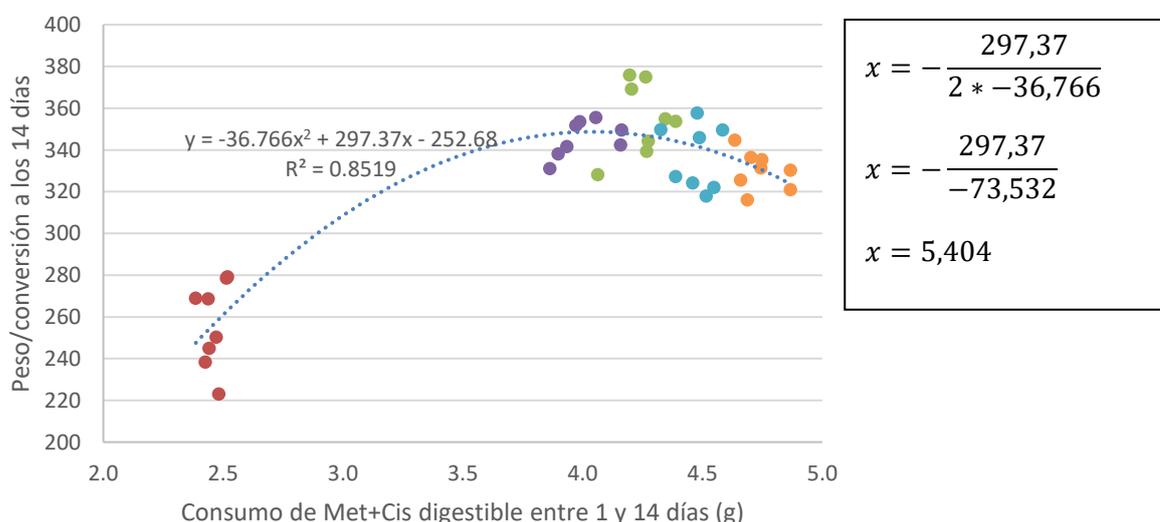


Figura 11. Relación peso/conversión en función del consumo de Met+Cis digestible entre 1 y 14 días de vida.

● Basal; ● DL-Met70; ● DL-Met85; ● DL-Met100; ● DL-Met115.

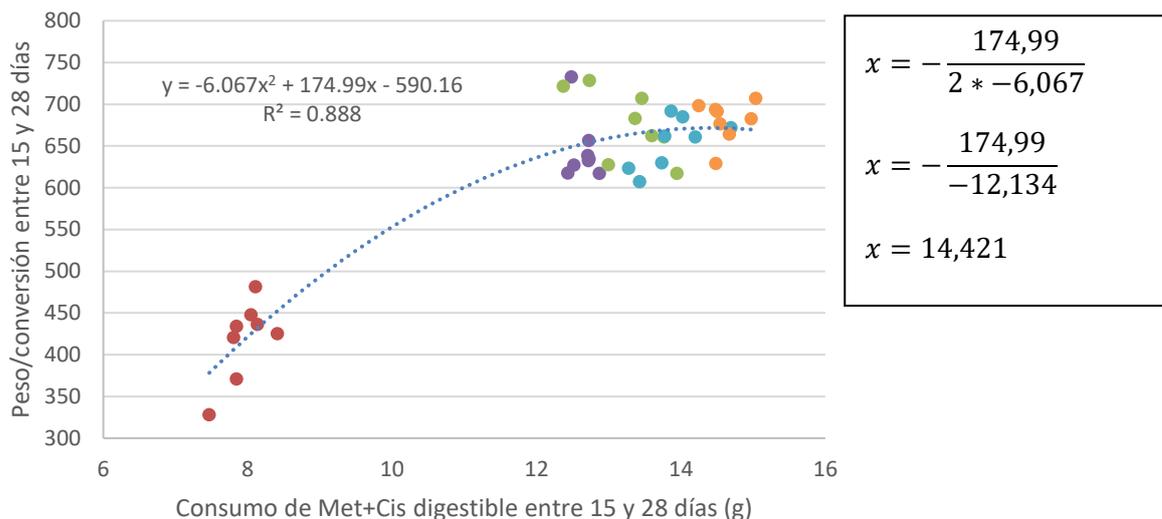


Figura 12. Relación peso/conversión en función del consumo de Met+Cis digestible entre 15 y 28 días de vida.

● Basal; ● DL-Met70; ● DL-Met85; ● DL-Met100; ● DL-Met115.

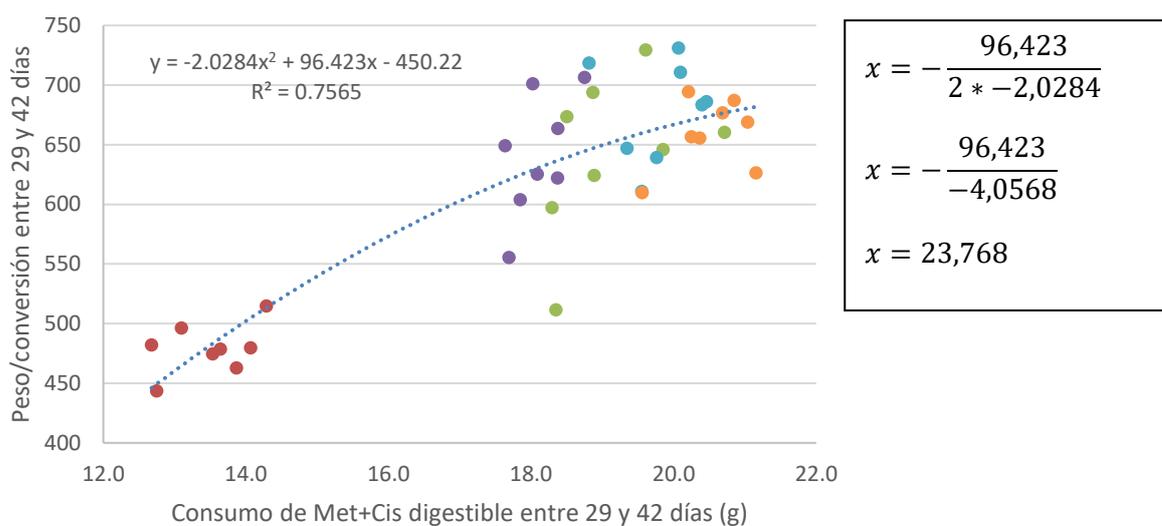


Figura 13. Relación peso/conversión en función del consumo de Met+Cis digestible entre 29 y 42 días de vida.

● Basal; ● DL-Met70; ● DL-Met85; ● DL-Met100; ● DL-Met115.

6.5 Edad a faena

La edad a faena (2600 g) de T1 (Basal) fue mayor que la de los tratamientos con DL-Met ($p < 0,05$, Cuadro 8), no observándose diferencias significativas entre estos últimos tratamientos entre sí ($p > 0,05$).

Al analizar los contrastes ortogonales, no se encontró respuesta lineal ni cuadrática al agregado de DL-Met ($p > 0,05$).

Cuadro 8. Edad a faena (2600 g)

Tratamientos	Edad a Faena Días
1.- Basal	47.32 ^a
2.- DL-Met70	39.85 ^b
3.- DL-Met85	39.46 ^b
4.- DL-Met100	39.51 ^b
5.- DL-Met115	39.52 ^b
<i>Probabilidad</i>	<i><0,01</i>
<i>Contraste</i>	
<i>Basal vs Met</i>	<i><0,01</i>
<i>Lineal</i>	<i>0,43</i>
<i>Cuadrático</i>	<i>0,46</i>
CV%	1,8

Medias en una misma columna con diferente superíndice difieren significativamente ($p \leq 0,05$).

Para calcular las necesidades de Met+Cis digestible para lograr la menor edad a faena, se calculó el consumo total de estos aminoácidos para alcanzar los 2600 g de peso vivo. Así se estableció que, para lograr la menor edad a faena, el ave debe consumir un total de 38,994 g de Met+Cis digestible (Figura 14).

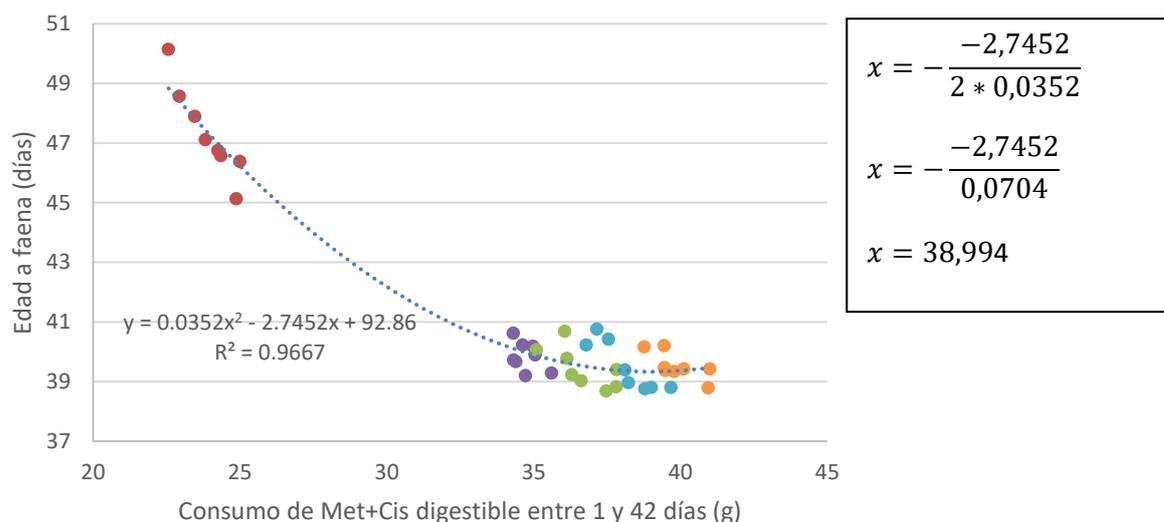


Figura 14. Edad a faena (2600 g) en función del consumo total de Met+Cis digestible.

● Basal; ● DL-Met70; ● DL-Met85; ● DL-Met100; ● DL-Met115.

6.6 Composición corporal

En cuanto a parámetros de composición corporal, los pollos de T1 (Basal) presentaron valores menores a los de los tratamientos con DL-Met ($p < 0,05$, Cuadro 9), no observándose diferencias significativas en estos últimos tratamientos entre sí ($p > 0,05$), a excepción del rendimiento de pechuga expresado como porcentaje de la carcasa, donde los pollos de T5 (DL-Met al 115%) presentaron mayor proporción de pechuga que los de T2 (DL-Met al 70%) ($p < 0,05$).

Al analizar los contrastes ortogonales, no se encontró respuesta lineal ni cuadrática al agregado de DL-Met ($p > 0,05$), excepto en rendimiento de pechuga expresado como porcentaje de la carcasa, donde se encontró una respuesta lineal, a más metionina, más porcentaje de pechuga en la carcasa que presento una respuesta lineal, ($p < 0,05$)

Cuadro 9. Composición corporal

Tratamientos	Rendimiento	Pechuga		Grasa	
	% PV	G	% carc.	g	% carc.
1.- Basal	70,19 ^b	458 ^b	31,31 ^c	50,35 ^b	3,45
2.- DL-Met70	72,89 ^a	722 ^a	37,06 ^b	61,00 ^a	3,40
3.- DL-Met85	73,23 ^a	766 ^a	37,80 ^{ab}	63,50 ^a	3,05
4.- DL-Met100	73,15 ^a	732 ^a	38,29 ^{ab}	65,06 ^a	3,38
5.- DL-Met115	72,66 ^a	774 ^a	38,80 ^a	66,12 ^a	3,19
<i>Probabilidad</i>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,42
<i>Contrastes</i>					
<i>Basal vs Met</i>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,30
<i>Lineal</i>	0,78	0,14	0,03	0,78	0,70
<i>Cuadrático</i>	0,49	0,96	0,81	0,57	0,64
<i>CV%</i>	3,1	10,2	5,0	19,9	19,8

Medias en una misma columna con diferente superíndice difieren significativamente (p≤0.05).

En función del consumo total de Met+Cis digestible, se graficó el peso de pechuga y calculó el requerimiento de estos aminoácidos para lograr el mayor peso (Figura 14), el cual estuvo en 40,805 g totales.

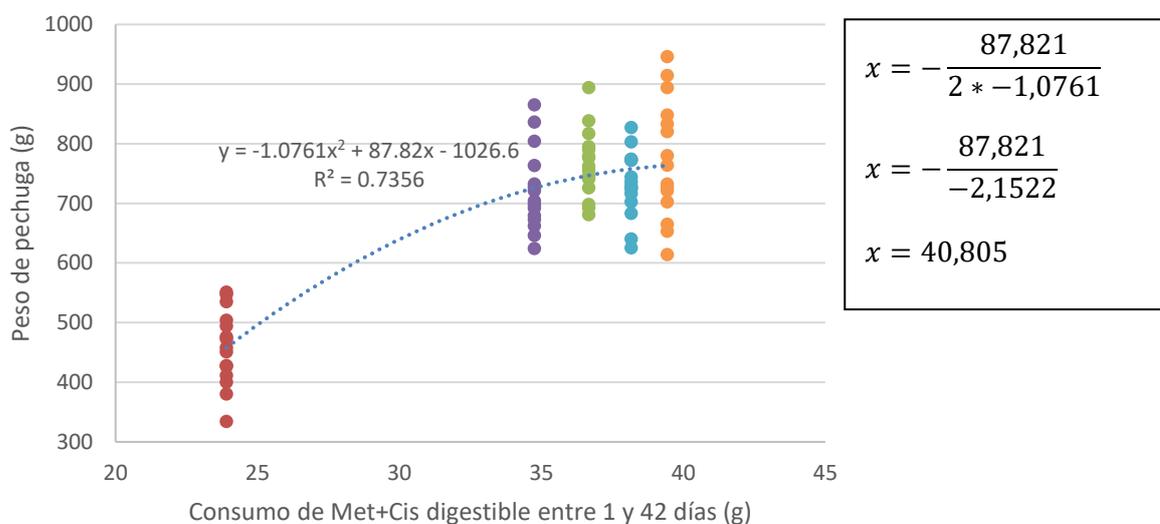


Figura 15. Peso de pechuga a la faena en función del consumo total de Met+Cis digestible.

● Basal; ● DL-Met70; ● DL-Met85; ● DL-Met100; ● DL-Met115.

Como resumen se estimaron los requerimientos diarios por etapa de Met+Cis digestible para lograr el máximo peso, la mejor conversión alimenticia, la mejor relación peso/conversión, como así también se estimó el requerimiento

total de Met+Cis digestible para lograr la menor edad a faena (2600 g) y el mayor tamaño de pechuga (Cuadro 10).

Cuadro 10. Requerimientos diarios y totales de Metionina+Cistina digestible

Parámetro	Fase de alimentación		
	1 a 14 d	15 a 28 d	29 a 42 d
Peso (g/d)	0,305	1,051	1,777
Conversión (g/d)	0,265	0,981	1,586
Peso/Conversión (g/d)	0,386	1,030	1,698
Edad a faena (g totales)	38,994		
Pechuga (g totales)	40,805		

d: días.

6.7 Costos de alimentación

El costo de alimentación por kg de peso vivo fue mayor en T1 (Basal) respecto a los tratamientos con DL-Met ($p < 0,05$), donde no se observaron diferencias significativas entre sí ($p > 0,05$, Cuadro 11).

En cuanto al costo de alimentación total, en T1 (Basal) fue menor al de los tratamientos con DL-Met ($p < 0,05$), no observándose diferencias significativas entre ellos ($p > 0,05$, Cuadro 11).

Cuadro 11. Costo de alimentación

Tratamientos	Costo de alimentación	
	\$/kg de PV	\$ total
1.- Basal	80,31 ^a	176,83 ^b
2.- DL-Met70	72,71 ^b	202,35 ^a
3.- DL-Met85	72,46 ^b	204,49 ^a
4.- DL-Met100	72,32 ^b	204,26 ^a
5.- DL-Met115	72,61 ^b	205,04 ^a
<i>Probabilidad</i>	<i><0,01</i>	<i><0,01</i>
<i>Contrastes</i>		
<i>Basal vs Met</i>	<i><0,01</i>	<i><0,01</i>
<i>Lineal</i>	<i>0,80</i>	<i>0,19</i>
<i>Cuadrático</i>	<i>0,50</i>	<i>0,61</i>
CV%	1,5	1,9

Medias en una misma columna con diferente superíndice difieren significativamente ($p \leq 0,05$).

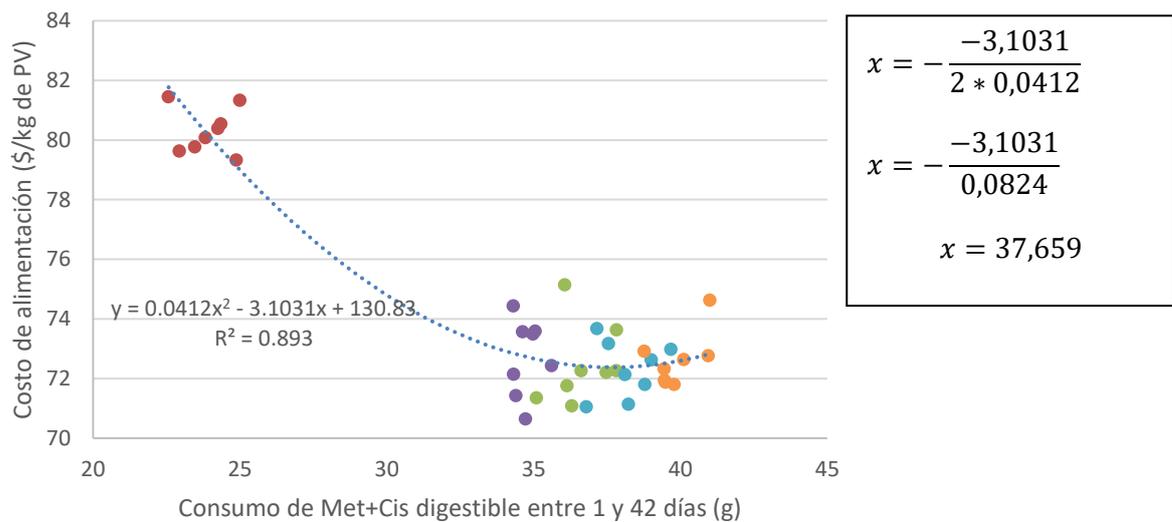


Figura 16. Costo de alimentación (\$/kg de peso vivo) en función del consumo total de Met+Cis digestible.

● Basal; ● DL-Met70; ● DL-Met85; ● DL-Met100; ● DL-Met115.

Para calcular las necesidades de Met+Cis digestible para lograr el menor costo de alimentación (\$/kg de peso vivo), se calculó el consumo total de estos aminoácidos y se estableció que, el ave debe consumir un total de 37,659 g de Met+Cis digestible entre 1 y 42 días (Figura 16).

7. DISCUSIÓN

7.1 Parámetros zootécnicos

Consumo

El consumo de T1 (Basal) fue menor en relación al resto de los tratamientos con DL-Met a lo largo del ensayo, (Cuadro 4), no observándose diferencias significativas entre los cuatro tratamientos con DL-Met (70%, 85%, 100% y 115%) en ningún momento del ensayo. Esto es similar a los hallazgos de Rehman *et al.* (2019), quienes encontraron que ni la fuente (DL-Met o L-Met), ni el nivel de Met (74%, 77% y 80%) influyeron en el consumo de alimento. La Met es usada para sintetizar proteína (músculo) y además es un potente regulador de consumo, típicamente se puede observar un incremento en el consumo con el nivel de suplementación hasta su umbral y añadiendo más provoca una reducción en el consumo del ave (Intriago & Gernat, 1999).

Peso

El peso de T1 (Basal) fue menor en relación al resto de los tratamientos a lo largo de todo el ensayo (Cuadro 5). No se observaron diferencias significativas en el peso de las aves en los cuatro tratamientos con algún agregado de DL-Met. La Met es el primer aminoácido limitante para las aves y si el nivel de Met no está presente en la proporción adecuada, la productividad y el desempeño del pollo se verá reducido al nivel de Met agregado (Christensen & Anderson, 1980; Hoehler *et al.*, 2005). Los resultados obtenidos concuerdan con los de Hoehler *et al.* (2005) quienes realizaron cinco experimentos en los que analizaron diferentes porcentajes de Met en las dietas (0; 0,06; 0,12; 0,18 y 0,24%) y observaron que a medida que disminuía el porcentaje de Met en la dieta también disminuía el peso de los pollos. De igual forma estos resultados coinciden con los encontrados por Harms *et al.* (1976) y Elwert *et al.* (2008) quienes concluyen que a medida que se reduce el nivel de Met en la dieta, es menor el peso al final del experimento. Una excepción a esto ocurre con el

pesaje realizado al día 14 vida, en el que se observó que con DL-Met al 85% se alcanzó mayor peso que con 115%.

Conversión alimenticia

La conversión alimenticia de T1 (Basal) a partir del día 14 fue significativamente mayor que la de los tratamientos con DL-Met (Cuadro 6), y a partir del día 21 no hubo diferencias significativas entre los tratamientos con DL-Met. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Elwert *et al.* (2008) que a medida que bajan los niveles de Met, mayor es el índice de conversión alimenticia, ya que el pollo tendrá un menor peso y consumirá mayor cantidad de alimento.

A los 14 días, entre los tratamientos con inclusión de DL-Met, los niveles de 70 y 85%, presentaron conversiones significativamente menores que con el agregado de 115%. Estos resultados no concuerdan con los encontrados por Sandoval García & Ordóñez Asturias (2011) entre los diferentes niveles de inclusión de Met (100, 66 y 33 %), donde se obtuvo mejor conversión alimenticia en los días 21, 28, 35 y 42 en comparación a las dietas que tenían 0% de inclusión de Met. Esto se atribuye a que la Met está directamente relacionada con la formación de tejido muscular y si al ave no se le da un suplemento adicional de Met en su dieta, su desempeño estará afectado (Katz & Baker, 1975).

Al analizar los contrastes ortogonales, no se encontró respuesta lineal ni cuadrática al agregado de DL-Met, excepto a los 14, donde se encontró una respuesta lineal positiva al agregado de este aminoácido sintético, en tanto que, a los 42 días, también se encontró una respuesta lineal, pero negativa, o sea que, a medida que aumentó la mayor dosis de DL-Met, mejoró la conversión alimenticia.

En cuanto al requerimiento de Met+Cis digestible por fase para lograr la mejor conversión (Figuras 8, 9 y 10 para las fases 1 a 14, 15 a 28 y 29 a 42 días, respectivamente), se halló que la necesidad de Met+Cis digestible para lograr la mejor conversión fue de 3,708 g en el período de 1 a 14 días (Figura 8), 13,740 g en el período de 15 a 28 días (Figura 9) y 22,205 g en el período

de 29 a 42 días (Figura 10). Los resultados coinciden con el estudio realizado por Jiménez-Moreno *et al.* (2012) donde la inclusión de Met, independiente de la fuente, mejoró el índice de conversión de los pollos. Las mejoras del índice de conversión fueron más evidentes con la inclusión de DL-Met (+9%) que con el hidroxianálogo de Met en forma líquida (MHA-FA líquida) (+5%). El estudio concluye que las necesidades en Met y en Met+Cis de los pollos fueron al menos de 3,2 y 6,9 g/kg de 1 a 13 días, 3,0 y 6,5 g/kg de 13 a 26 días y 2,6 y 6,0 g/kg de 26 a 34 días de edad. En base a los resultados, sus autores infieren que la DL-Met sería una mejor fuente de Met disponible que la MHA-FA.

Peso/conversión

La relación peso/conversión de T1 (Basal) fue menor que la de los tratamientos con DL-Met a lo largo de todo el ensayo (Cuadro 7), no observándose diferencias significativas entre estos últimos tratamientos entre sí, con excepción del día 14. Esto es similar a los hallazgos de Rehman *et al.* (2019), quienes encontraron que ni la fuente (DL-Met o L-Met), ni el nivel de Met (74%, 77% y 80%) influyeron en el consumo de alimento, ganancia de peso e índice de conversión alimenticia de los pollos de engorde durante su crecimiento.

Edad a faena

La edad a faena (2600 g) de T1 (Basal) fue mayor que la de los tratamientos con DL-Met (Cuadro 8), no observándose diferencias significativas entre estos últimos tratamientos entre sí.

Composición corporal

En cuanto a parámetros de composición corporal, los pollos de T1 (Basal) presentaron valores menores a los de los tratamientos con DL-Met (Cuadro 9), no observándose diferencias significativas entre estos últimos tratamientos, a excepción del rendimiento de pechuga expresado como porcentaje de la

carcasa, donde los pollos de T5 (DL-Met al 115%) presentaron mayor proporción de pechuga que los de T2 (DL-Met al 70%) observándose respuesta lineal para este parámetro. Al igual que en este estudio, el autor Intriago & Gernat (1999) evaluó el efecto de cuatro niveles de Met (0,50; 0,55; 0,58; y 0,60%) en las dietas de inicio para los pollos de engorde. En cuanto al rendimiento de pechuga encontró diferencias significativas, incrementándose el rendimiento a medida que aumentó el nivel de Met en la dieta, resultando mejor el nivel más alto de Met. Schutte (1995) obtuvo resultados similares al incrementar los niveles de Met a 0,70 y 0,88%. Una de las posibles causas de este incremento es que el ave, al cubrir sus requerimientos de proteína y energía, destina el exceso de Met a la producción de más músculo. Los resultados del presente estudio concuerdan con los de Hoehler *et al.* (2005) quienes encontraron que las dietas suplementadas con DL-Met obtuvieron los mayores rendimientos de pechuga (28,2%). Además, coinciden con los encontrados por Lemme *et al.* (2008), donde los mayores rendimientos en canal y de pechuga fueron con las dietas suplementadas con DL-Met. Además, se estimó el requerimiento total de Met+Cis digestible para lograr la menor edad a faena (2600 g) y el mayor tamaño de pechuga (Cuadro 10) siendo estos últimos de 40,805 g totales.

7.2 Análisis económico

No se observaron diferencias significativas en los costos de alimentación total entre los tratamientos con DL-Met, tanto para costo total como para el costo \$/Kg de PV, no obstante, a medida que se baja el nivel de DL-Met en la dieta, se observó una cierta disminución en el costo de alimentación total (Cuadro 8).

Una dieta basal (sin agregado de DL-Met) es siempre más económica, pero la performance va a ser muy inferior y el costo \$/kg de PV es mayor, ya que se necesita mayor cantidad de alimento para producir un kilogramo de peso vivo, empeorando el desempeño productivo y aumentando el tiempo requerido para llegar al peso de faena de las mismas.

Así mismo, a pesar de no haber diferencias estadísticamente significativas, el T4 (DL-Met al 100%) aparece como la mejor opción, por tener un costo menor en alimentación por kg de PV (Cuadro 11), teniendo en cuenta que la ganancia de peso en este tratamiento no se diferenció significativamente del resto (Cuadro 5).

Desde un análisis económico, se infiere que se alcanzaría el mejor costo beneficio (\$/Kg producido) con dosis de DL-Met entre 85 y 100% (Figura 16).

8. CONCLUSIÓN

El no usar Met sintética en la dieta afectó negativamente todos los parámetros productivos analizados, incluso elevó el costo de alimentación por kg de peso vivo producido. Por otra parte, no fue posible encontrar diferencias significativas entre los tratamientos con diferente agregado de DL-Met (70%, 85%, 100% y 115%) utilizando análisis de variancia convencional. No obstante, al considerar los resultados de los 5 tratamientos se observó respuesta cuadrática en la mayoría de los casos pudiéndose determinar el nivel que permite lograr el máximo desempeño de las aves para:

- Peso entre 1 y 14 días: el requerimiento estaría cubierto con la dosis de DL-Met entre 85 y 100%.
- Peso entre 15 y 28 días: el requerimiento estaría cubierto con la dosis de DL-Met al 115%.
- Peso entre 29 y 42 días: el requerimiento sería superior al aportado por la máxima dosis de DL-Met empleada en este ensayo.
- Conversión entre 1 y 14 días: el requerimiento estaría cubierto con la dosis de DL-Met al 70%.
- Conversión entre 15 y 28 días: el requerimiento estaría cubierto con la dosis de DL-Met entre 85 y 100%.
- Conversión entre 29 y 42 días: el requerimiento sería superior al aportado por la máxima dosis de DL-Met empleada en este ensayo.
- Peso/conversión entre 1 y 14 días: el requerimiento sería superior al aportado por la máxima dosis de DL-Met.

- Peso/conversión entre 15 y 28 días: el requerimiento estaría cubierto con la dosis de DL-Met entre 100 y 115%.
- Peso/conversión entre 29 y 42 días: el requerimiento sería superior al aportado por la máxima dosis de DL-Met empleada en este ensayo.

En síntesis, tomando como referencia las recomendaciones Cobb, en la fase de iniciación (1 a 14 días) los aportes de DL-Met sugeridos exceden la demanda de los pollos, en la fase de crecimiento (15 a 28 días), los aportes de DL-Met están acordes a los requerimientos y en la fase de terminación (29 a 42 días) los aportes de DL-Met no alcanzarían a cubrir la demanda por parte de los pollos.

- Edad a faena (2600 g): el requerimiento estaría cubierto con la dosis de DL-Met entre 100 y 115%.

El peso de pechuga se incrementó en forma lineal a medida que aumentó el consumo de Met+Cis digestible alcanzando el máximo con la dosis de DL-Met al 115%. Es probable que esta respuesta se incremente utilizando dosis mayores.

Por lo que se concluye, que en la fase de iniciación (1 a 14 días) los aportes de DL-Met exceden la demanda, en la fase de crecimiento (15 a 28 días), los aportes de DL-Met están acordes a los requerimientos y en la fase de terminación (29 a 42 días) los aportes de DL-Met no alcanzarían a cubrir la demanda por parte de los pollos.

En cuanto al aspecto económico, se alcanzaría el mejor costo/beneficio (\$/kg producido) con la dosis de DL-Met entre 85 y 100%.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Batallé M, Pedalino E, Vignoni E, Prosdócimo F, Jatón J, Barrios H, De Franceschi M. 2017. Evaluación nutricional de DL metionina y L metionina en pollos parrilleros. On-line <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/evaluacion-nutricional-metionina-metionina-t41590.htm>. Acceso: 20-may-2022.
- Bertechini AG. 2012. Niveles de proteína y aminoácidos en avicultura. En: Resumen del XV Seminario Internacional de Avicultura – AMEVEA Ecuador. 18 al 20 de abril. On-line: http://ameveaecuador.org/web_antigua/memorias_2012/memorias/proteina_aminoacidos_en_avicultura_dr_bertechini.pdf. Acceso: 16-oct-2016.
- Breuer M, Ditrich K, Habicher T, Hauer B, Keßeler M, Stürmer R, Zelinski, T. 2004. Industrial methods for the production of optically active intermediates. *Angewandte Chemie International Edition* 43(7): 788-824.
- Chattopadhyay K, Mondal M, Roy B. 2006. Comparative efficacy of the DL-methionine and herbal methionine on performance of broiler chicken. *International Journal of Poultry Science* 5: 1034-1039.
- Christensen A & Anderson J. 1980. Factors affecting efficacy of methionine hydroxy analogue for chicks fed practical diets. *Poultry Science* 59: 2485-2491.
- CICUAE – INTA. 2010. Guía para cuidado y uso de animales de experimentación – versión 1. INTA, Centro de Investigación en Ciencias Veterinarias. Morón. INTA. 90 pp.
- Cobb. 2012. *Cobb Broiler Management Guide*. Cobb-Vantress. 65 pp.
- Cobb. 2015. Suplemento Informativo de Rendimiento y Nutrición del Pollo de Engorde. Cobb-500. Cobb-Vantress. 14 pp.
- D'Aniello A, D'Onofrio G, Pischetola M, D'Aniello G, Vetere A, Petrucelli L, Fisher G. H. 1993. Papel biológico de la D-aminoácido oxidasa y la D-

aspartato oxidasa. Efectos de los D-aminoácidos — Mayo Clinic (elsevierpure.com)

DAPP. 2003. [software de formulación]. N-utrition 2.0. Colón, Entre Ríos, Argentina.

Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, Gonzalez L, Tablada M, Robledo CW. 2012. *Infostat* [software estadístico]. Córdoba, Argentina.

Elwert C, De Abreu Fernandes E, Lemme A. 2008. Biological effectiveness of methionine hydroxy-analogue calcium salt in relation to DL-methionine in broiler chickens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 21(10): 1506-1515.

Fancher B & Jensen L. 1989. Male broiler performance during the starting and growing periods as affected, assential amino acids, and potassium. *Poultry Science* 68: 1385-1395.

Gröger H. 2003. Catalytic enantioselective Strecker reactions and analogous syntheses. *Chemical Reviews* 103(8): 2795-2828.

Harms H, Eldred A, Damron B. 1976. The relative efficiency of DL-methionine and methionine hydroxy analogue-calcium in broiler diets. *Poultry Science* 55: 1794-1797.

Hoehler D, Lemme A, Jensen SK, Vieira SL. 2005. Relative effectiveness of methionine sources in diets for broiler chickens. *Journal of Applied Poultry Research*. 14: 679-693.

Hong P. 2018. Physiological functions of methionine in poultry. On line: <https://www.allaboutfeed.net/animal-feed/feed-additives/physiological-functions-of-methionine-in-poultry/>. Acceso: 15-mar-2022.

Iglesias BF, Azcona JO, Schang MJ, Cortamira O. 2013. Importancia de los Micronutrientes en la Nutrición de Aves y Cerdos. *Agroindustria* 128: 10-12.

Intriago JO & Gernat AG. 1999. Efecto de cuatro niveles de metionina en dietas de pollos de engorde durante la primera semana de vida. *Ceiba* 40(2): 287-290.

- Jiménez-Moreno E, Frikha M, Lázaro R, Dapoza C Mateos GG. 2011. Efecto de la DL-metionina y la Hidroxi-Análoga de la DL-metionina sobre la productividad en pollos de engorde. En: Actas del ITEA XIV Jornadas sobre Producción Animal, Zaragoza, España. 17 y 18-may. 3 pp.
- Katz RS & Baker DH. 1975. Factors associates with utilization of the calcium salt of methionine hydroxy analogue by the young chick. *Poultry Science* 54: 584-591.
- Lemme A, Redshaw M, Scharch C. 2007. Nutritional value of methionine hydroxy analogue calcium salt compared with both pure DL-Methionine and diluted DL-methionine with 65% purity. 16th European Symposium on Poultry Nutrition, Strasbourg, France. 26 al 30-ago. Pp 197-200.
- Lemme A & De La Cruz C. 2018. Nutrición de metionina y cisteína en ponedoras con énfasis en la nutrición de las fuentes de metionina. On line: <https://bmeditores.mx/avicultura/nutricion-de-metionina-y-cisteina-en-ponedoras-con-enfasis-en-la-nutricion-de-las-fuentes-de-metionina-1408/>. Acceso: 7-abr-2022.
- Lesson S & Summers JD. 2001. Scott's nutrition of the chicken, 4th ed, University Books. Guelph, Ontario, Canada. 608 pp.
- Leuchtenberger W, Huthmacher K, Drauz K. 2005. Biotechnological production of amino acids and derivatives: current status and prospects. *Applied Microbiology and Biotechnology* 69(1): 1-8.
- Lilburn MS. 1998. Practical aspects of early nutrition for poultry. *Journal of Applied Poultry Research* 7(4): 420-424.
- MAGyP, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación Argentina. 2022. *Anuario Avícola* 2021. Año XXVI n° 84. 24 pp.
- Oñate Mancero FJ, Larrea Izurieta CO, Paredes Orozco MP. 2016. Efecto de la metionina herbal sobre el rendimiento productivo en pollos parrilleros. *ESPAMCiencia* 7(1): 37-41.
- Rehman AU, Arif M, Husnain MM, Alagawany M, Abd El-Hack ME, Taha AE, Elnesr SS, Abdel-Latif MA, Othman SI, Allam AA. 2019. Growth

performance of broilers as influenced by different levels and sources of methionine plus cysteine. *Animals (Basel)* 9(12): 1056.

Sandoval García MA & Ordóñez Asturias RE. 2011. Efecto de la sal Metionina Hidroxi-Análoga Cálcica y DL-Metionina sobre el desarrollo de pollos de engorde bajo condiciones de alimentación comercial. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería Agronómica, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 20 pp.

Selle PH, de Paula Dorigam JC, Lemme A, Chrystal PV, Liu SY. 2020. Synthetic and crystalline amino acids: alternatives to soybean meal in chicken-meat production. *Animals (Basel)* 10(4): 729.

Schutte J. 1995. Sulfur amino acid requirement of broiler chicks from fourteen to thirty-eight days of age. 1. Performance and carcass yield. *Poultry Science* 74(3): 480-487.

Shen YB, Ferket P, Park I, Malheiros RD, Kim SW. 2015. Effects of feed grade L-methionine on intestinal redox status, intestinal development, and growth performance of young chickens compared with conventional DL-methionine. *Journal of Animal Science* 93(6): 2977-2986.

Uni Z, Ganot S, Sklan D. 1998. Posthatch development of mucosal function in the broiler small intestine. *Poultry Science* 77(1): 75-82.