

Alimentación y nutrición animal

Artículo de investigación científica y tecnológica

Efectos de diferentes niveles de proteína y aminoácidos azufrados en el rendimiento productivo de gallinas ponedoras

 Edwin Gustavo Arquiñego-Alderete¹,  Jose Luis Cantaro-Segura^{1*},
 Marcial Estanislao Cumpa-Gavidia¹

¹Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

*Autor de correspondencia: Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Zootecnia, Departamento de Producción Animal. Av. La Molina s/n - La Molina. Lima, Perú. jcantaro@lamolina.edu.pe

Editor temático: Hernando Flórez Díaz (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA])

Recibido: 14 de abril de 2020

Aprobado: 15 de septiembre de 2020

Publicado: 21 de abril de 2021

Para citar este artículo: Arquiñego-Alderete, E. G., Cantaro-Segura, J. L., & Cumpa-Gavidia, M. E. (2021). Efectos de diferentes niveles de proteína y aminoácidos azufrados en el rendimiento productivo de gallinas ponedoras. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 22(1), e1921. https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num1_art:1921



Resumen

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de tres niveles de proteína (15,0 %, 16,5 % y 18,0 %) y tres niveles de aminoácidos azufrados (0,71 %, 0,78 %, 0,86 %) sobre el comportamiento productivo y calidad de los huevos en gallinas. Se emplearon 216 gallinas de postura de la línea Hy-Line Brown de 25 semanas de edad, en la que los nueve tratamientos fueron distribuidos en un diseño completamente al azar con un arreglo factorial de 3×3 , con una duración del experimento de 12 semanas. La mayor producción de huevos fue registrada en las aves alimentadas con 18,0 % de proteína bruta (PB), mientras que el mayor peso de huevo fue obtenido con 15,0 % de PB. La mayor ganancia de peso se obtuvo con las dietas que contenían 16,5 % de PB. A excepción de la ganancia de peso, no se observaron efectos significativos ($p > 0,05$) de los niveles de metionina + cistina sobre los factores estudiados, donde la mayor ganancia de peso se obtuvo con el nivel de metionina + cistina de 0,86 %. Las mayores retribuciones económicas se obtuvieron con los niveles de proteína y aminoácidos azufrados de 16,50 % y 0,71 % o 15,00 % y 0,86 %, respectivamente.

Palabras clave: aminoácidos esenciales, aminoácidos sulfurados, cistina, huevos, metionina, proteína bruta

Effects of different protein and sulfur amino acids levels on layers' production efficiency

Abstract

This research aims to evaluate the effect of three protein levels (15.0, 16.5, and 18.0 %) and three sulfur amino acid levels (0.71, 0.78, and 0.86 %) on hens' production efficiency and egg quality. It used Hy-Line Brown layers ($n = 216$) at 25 weeks of age. The nine treatments were distributed in a completely randomized design with a 3 x 3 factorial pattern. The experiment lasted 12 weeks. The best egg production was reported by hens fed 18.0 % protein, while the best egg weight value was obtained with 15.0 % protein. The highest weight gain was achieved with diets containing 16.5 % protein. Except for weight gain, there were no significant effects ($p > 0.05$) of methionine + cystine levels on the factors studied, obtaining the most significant weight gain with a methionine + cystine level of 0.86 %. The highest returns were attained with protein and sulfur amino acid levels of 16.5 and 0.71 % or 15.00 and 0.86 %, respectively.

Keywords: eggs, essential amino acids, crude protein, cystine, methionine, sulfur amino acids

Introducción

En los sistemas de producción avícola, la alimentación representa entre un 70 % y 80 % de los costos de producción, siendo la energía, la proteína y los aminoácidos los factores limitantes que inciden significativamente sobre los costos de alimentación y el rendimiento en la industria avícola (Cancherini et al., 2005). La disponibilidad de los aminoácidos sintéticos metionina y lisina en los alimentos para aves ha permitido emplear niveles más bajos en proteínas, debido a que estos aminoácidos son los más limitantes en raciones para pollos y gallinas (Ramírez & Gonzalez, 1992).

En gallinas ponedoras, la metionina es el primer aminoácido limitante, seguido de la lisina en dietas maíz-soya (Nicodemus et al., 2011) con gran influencia sobre el tamaño y peso del huevo (Barbosa et al., 2009). Por ello, es importante fijar el requerimiento de metionina, así como el de cistina en la dieta (Joly, 2008). La elección del nivel adecuado de proteína tendrá que ser favorable tanto para el ave, que podrá desempeñar sus funciones metabólicas de forma potencializada, como para el productor, que podrá maximizar sus recursos financieros a través de economizar fuentes proteicas (Barros et al., 2006), subrayando que la reducción del nivel de proteína de la dieta puede resultar en la reducción de consumo y producción de huevos (Peganova & Eder, 2003).

Las aves no presentan una alta exigencia en proteína bruta, pero necesitan una calidad que asegure una reserva de nitrógeno para la síntesis de aminoácidos no esenciales (Gallardo et al., 2014). En relación con los niveles de exigencia de metionina + cistina, al menos el 55 % de los aminoácidos azufrados presentes están constituidos de metionina, y el restante es cistina (D'Agostini, 2005). Según Saki et al. (2012), aumentar el nivel de metionina de 0,24 % a 0,34 % aumenta la producción, peso, masa y contenido del huevo, así como el consumo de alimento, y a su vez disminuye la conversión alimenticia. Sin embargo, la información disponible sobre los requerimientos nutricionales de metionina + cistina digerible en gallinas ponedoras comerciales ligeras y semipesadas es escasa (D'Agostini et al., 2017). Para estos animales, el ajuste en el nivel de proteína y de aminoácidos en la dieta es esencial, debido a la gran demanda de estos nutrientes para la síntesis del huevo, albumen y yema (Gambaro, 2014).

Por otra parte, Da Silva et al. (2014) evaluó el efecto de la reducción de proteína en ponedoras de 24 a 40 semanas de edad, recomendando un nivel de 16 % de PB, para no perjudicar el desempeño productivo y calidad de los huevos. En cuanto a los niveles de aminoácidos, Brumano (2008) evaluó seis niveles de metionina + cistina (0,65 %, 0,70 %, 0,75 %, 0,80 %, 0,85 % y 0,90 %) en gallinas de 24 a 40 semanas de edad, recomendando 0,77 % y un consumo diario de 682 mg/ave/día de estos aminoácidos. Mousavi et al. (2013), al evaluar el rendimiento de las ponedoras livianas, en el periodo de 25 a 33 semanas de edad, sometidas a diferentes niveles de proteína bruta (18,5 %, 17,5 %, 16,5 % y 15,5 %), observaron reducción del peso de huevos y de la masa de huevos cuando el nivel de proteína disminuyó un 3 % y un 1 % respectivamente. Pavan et al. (2005), con el objetivo de maximizar la producción y calidad de huevos a través de tres niveles proteicos (14,0 %, 15,5 %, 17,0 %) y tres niveles de aminoácidos azufrados (0,57 %, 0,64 %, 0,71 %), hallaron que aumentaba el peso de los huevos y el porcentaje de albumen conforme aumentaba el nivel de metionina en la dieta.

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de tres niveles de proteína (15,0 %, 16,5 % y 18,0 %) y tres niveles de aminoácidos azufrados (0,71 %, 0,78 % y 0,86 %) en el comportamiento productivo y calidad interna del huevo en ponedoras Hy-Line Brown de 25 a 37 semanas de edad.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en las instalaciones de la Unidad Experimental de Avicultura de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), ubicada en el distrito de La Molina, provincia y departamento de Lima, siendo la temperatura media de 23 °C, con mínimos de 20 °C y máximos de 33 °C, con una duración del experimento de 12 semanas. Las dietas utilizadas en el experimento fueron producidas en la Planta de Alimentos del Programa de Investigación y Proyección Social en Alimentos de la UNALM; para el pesaje de los huevos se utilizó una balanza Pocket Scale MH-200 (200 g; precisión: 0,01 g), y para el pesaje de las gallinas y el alimento se utilizó una balanza electrónica ExcellAW-30 (capacidad: 30 kg; sensibilidad: 1 g).

Se utilizaron 216 gallinas de la línea Hy-Line Brown, de 23 semanas de edad, pertenecientes a la Unidad Experimental de Avicultura de la UNALM. Se evaluaron nueve tratamientos o combinaciones resultantes (tabla 1) de los tres niveles de proteína bruta (18,0 %, 16,5 % y 15,0 %) y tres niveles de aminoácidos azufrados (0,71 %, 0,78 % y 0,86 %), así como el desempeño productivo (producción, peso y masa de huevos, ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia), la calidad de la cáscara (espesor de cáscara) y la calidad interna de huevos (Unidades Haugh) de los tratamientos.

Tabla 1. Niveles de proteína y metionina + cistina en las dietas experimentales

Tratamiento	Proteína (%)	Metionina + cistina	
		%	mg
T1	15,0	0,71	731,3
T2	15,0	0,78	803,4
T3	15,0	0,86	885,8
T4	16,5	0,71	731,3
T5	16,5	0,78	803,4
T6	16,5	0,86	885,8
T7	18,0	0,71	731,3
T8	18,0	0,78	803,4
T9	18,0	0,86	885,8

Fuente: Elaboración propia

El experimento se llevó a cabo en el galpón de gallinas de postura, cuya dimensión es de 12 m de ancho, 22,2 m de largo y una altura máxima de 3,8 m con claraboya de 0,4 m. Las paredes laterales del recinto están protegidas con malla metálica y recubiertas con cortina arpillera blanca para evitar los vientos fuertes. Dentro del galpón, se emplearon 36 jaulas metálicas. Las dimensiones de cada jaula fueron de

61 cm de largo por 50 cm de ancho por 31 cm de altura. En cada jaula se alojaron seis gallinas de postura, con un área de 508,33 cm²/gallina; cada jaula fue equipada con un bebedero automático y un comedero de lámina.

Las aves fueron identificadas y se distribuyeron al azar dentro de los nueve tratamientos, conformándose cada uno de ellos por cuatro repeticiones de seis animales en cada repetición. Se elaboraron nueve dietas; los tratamientos planteados se muestran en la tabla 1. Para el primer factor, *proteína*, se tomaron en cuenta tres diferentes niveles y, para el segundo factor, *metionina-cistina*, se tomaron en cuenta también tres diferentes niveles. Estos niveles fueron escogidos de acuerdo con el consumo de ración recomendado por la casa genética: 90 g, 100 g y 110 g; para cada uno de estos se recomienda 18,0 %, 16,5 % y 15,0 % de proteína y 0,71 %, 0,78 % y 0,86 % de aminoácidos azufrados. Todas las dietas fueron isocalóricas (2,80 Mcal EM/kg), isocálcicas (4,08 %) e isofosfóricas (0,45 % de fósforo disponible). Además, se fijó el nivel de todos los aminoácidos en las nueve fórmulas. Para la elaboración de las fórmulas se utilizó el programa de formulación al mínimo costo MIXIT-2. Asimismo, se efectuó el análisis proximal a las nueve dietas (tabla 2), para lo cual se utilizó la metodología Association of Official Analytical Chemists [AOAC] (1990). La alimentación y la bebida de las aves fue *ab libitum*, registrándose diariamente el consumo determinado por el método de diferencia de la cantidad ofrecida menos la cantidad residual por día.

Tabla 2. Dietas experimentales para gallinas ponedoras alimentadas con diferentes niveles de proteína bruta y metionina + cistina (aminoácidos totales)

Ingredientes	Dietas (%)								
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
Maíz amarillo molido	53,64	53,6	53,52	51,2	51,14	51,08	51,84	51,91	52,02
Torta de soya, 48%	21,96	21,83	21,69	26,86	26,73	26,59	31,83	31,75	31,61
Carbonato de calcio	10,39	10,39	10,39	10,34	10,34	10,34	10,28	10,28	10,28
Subproducto de trigo	6,67	6,77	6,89	4,51	4,62	4,74	-	-	-
Aceite de soya	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	2,96	2,92	2,87
Fosfato dicálcico	2,14	2,14	2,14	2,14	2,14	2,14	2,16	2,16	2,16
Sal común	0,42	0,42	0,42	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41
DL-Metionina	0,19	0,26	0,34	0,14	0,22	0,30	0,12	0,17	0,25
L-Lisina	0,15	0,15	0,16	-	-	-	-	-	-
L-Treonina	0,04	0,04	0,05	-	-	-	-	-	-
Premix vitaminas y minerales	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Cloruro de colina, 60%	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Promotores de crecimiento	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Antioxidantes	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Fungistático	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Micosecustrante	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Valor nutritivo calculado (%)									
Proteína (%)	15,00	15,00	15,00	16,50	16,50	16,50	18,00	18,00	18,00
EM (Mcal/kg)	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80
Lisina (%)	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	1,02	1,01	1,01
Metionina (%)	0,44	0,51	0,59	0,41	0,49	0,57	0,42	0,49	0,55
Metionina + cistina (%)	0,71	0,78	0,86	0,71	0,78	0,86	0,71	0,78	0,86
Triptófano (%)	0,20	0,20	0,20	0,22	0,22	0,22	0,24	0,24	0,24
Treonina (%)	0,61	0,61	0,61	0,63	0,63	0,63	0,70	0,70	0,70
Calcio (%)	4,08	4,08	4,08	4,08	4,08	4,08	4,08	4,08	4,08
Fósforo disponible (%)	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Sodio (%)	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3 se muestran los análisis químicos para las dietas y se realizaron en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA) de la UNALM.

Tabla 3. Análisis proximal porcentual de las dietas experimentales (Base fresca)

Componentes	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
Humedad	8,51	8,67	8,69	8,68	8,69	8,65	8,72	8,88	8,85
Materia seca	91,49	91,33	91,31	91,32	91,31	91,35	91,28	91,12	91,15
Proteína cruda	16,12	16,53	16,17	17,81	16,64	17,56	19,39	18,04	18,90
Extracto etéreo	6,22	6,26	6,36	6,67	5,97	6,37	5,01	4,89	5,12
Fibra cruda	3,71	2,53	3,61	2,68	2,44	2,60	2,47	2,74	2,67
Ceniza	10,63	10,78	10,83	10,86	10,87	10,98	11,68	11,36	10,70
NIFEX	54,81	55,23	54,34	53,3	55,39	53,84	52,73	54,09	53,76

Fuente: Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos

Se aplicó un arreglo factorial 3 (niveles de proteína bruta: 18,0%, 16,5% y 15,0%) × 3 (niveles de aminoácidos azufrados: 0,71%, 0,78% y 0,86%), dentro de un diseño completamente al azar (DCA) con cuatro repeticiones. El tamaño de la unidad experimental estuvo conformado por seis aves para establecer las diferencias entre medias de tratamientos mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Resultados y discusión

En la variable *producción de huevos* no hubo diferencias significativas en la interacción entre los niveles de proteína y aminoácidos azufrados. Resultados similares fueron encontrados por Novak et al. (2006), quienes reportaron que la reducción de proteína con la debida suplementación de aminoácidos esenciales no ocasionó disminución en la producción de huevos, porque se suprime la conversión de aminoácidos esenciales en no esenciales.

Se observó efecto significativo ($p < 0,05$) del nivel de proteína para la variable *producción de huevos* (tabla 4), siendo las aves alimentadas con 18,0% de proteína las que obtuvieron mayor producción en comparación con las de 15%, además de no existir diferencias de estos dos niveles frente al de 16,5%. Estos resultados coinciden con lo obtenido por Bunchasak et al. (2005) y Adeyemo et al. (2012) quienes, al evaluar diversos niveles de proteína, hallaron que los mayores porcentajes de postura fueron obtenidos con los mayores niveles de proteína.

Asimismo, Gambaro (2014) observaron una reducción en la producción de huevos al reducir los niveles de proteína bruta de 17,4% a 15,4%. Estos autores sugieren la posibilidad de que entre los aminoácidos esenciales y no esenciales exista una interrelación; si estos últimos no fueran ofrecidos en cantidades adecuadas, tendrán que ser sintetizados en el organismo a partir de otros aminoácidos u otros nutrientes presentes en la ración, de manera que su deficiencia afectaría la producción de huevos. El descenso observado en la producción de huevos también puede ser justificado como resultado del antagonismo entre aminoácidos, comúnmente verificado en dietas con bajo contenido de proteína bruta. Cuando está presente en altas concentraciones en las raciones, la lisina en su forma libre puede competir con la arginina por sitios de absorción, reduciendo la captación de arginina por los enterocitos.

No se observó efecto de los aminoácidos azufrados ($p > 0,05$) sobre la producción de huevos. Resultados semejantes fueron obtenidos por Liu et al. (2005) y Novak et al. (2006). El manual de crianza de la línea Hy-Line Brown recomienda 603 a 747 mg/ave/día de metionina + cistina. Por el contrario, Rostagno (2017) sugirió un consumo de 880 mg/ave/día. En este experimento el consumo promedio fue 791 mg/ave/día. La razón de no encontrar efectos significativos de los niveles de metionina + cistina se puede deber a que el consumo de aminoácidos azufrados estuvo por encima de lo indicado en la guía de manejo. Al respecto, Pérez-Bonilla et al. (2012) informaron que el consumo de aminoácidos azufrados por encima de lo recomendado no tiene efecto alguno sobre la producción de huevo.

No se presentaron diferencias significativas de la interacción entre los niveles de proteína y aminoácidos azufrados con respecto al peso del huevo; es decir, los tratamientos muestran resultados similares, pero sí se observó efecto significativo ($p < 0,05$) del nivel de proteína sobre la variable *peso de huevo* (tabla 4), siendo las aves alimentadas con un nivel de proteína de 15,0 % las que presentaron mayor peso de huevo en comparación con aquellas a las que se suministró 18,0 % de proteína; por otra parte, no hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) del nivel de proteína bruta de 16,5 % con los dos niveles antes mencionados.

Estos resultados no coinciden con lo encontrado por Gambaro (2014), quien evaluó el efecto de dos niveles de proteína bruta y dos de metionina + cistina, y no encontró efecto de la proteína bruta sobre el peso promedio de huevo; en cambio, sí encontró efecto de la metionina + cistina sobre la variable mencionada. Da Silva et al. (2014) y Rama Rao et al. (2011), al evaluar raciones con 15,0 % y 18,0 % de proteína, observaron mayor peso de huevo en los tratamientos que contenían más proteína.

Según Leeson y Summers (2009), el peso del huevo depende del nivel de proteína y el contenido energético de la dieta; en condiciones de estrés por calor, niveles elevados de proteína tienen efectos adversos, puesto que el ave tiene que consumir energía para poder eliminar este exceso de calor generado al metabolizar la proteína. El presente experimento se realizó entre diciembre y marzo, cuando hubo picos de temperatura de hasta 33 °C, razón por la cual las gallinas que consumieron dietas con 18,0 % de proteína tuvieron que consumir energía para disipar el calor producido al metabolizar la proteína, reduciendo el contenido energético de la ración y, por tanto, el peso promedio del huevo. Estos mismos autores sugirieron que el aumento en el peso del huevo está asociado a la adición de aceites en la dieta. En el experimento, las raciones con 15,0 % de proteína tuvieron un mayor porcentaje de aceite de soya que las dietas con 18,0 %, lo que sería una explicación del porqué las gallinas que consumieron estas dietas con menores niveles de proteína tuvieron un mayor peso promedio de huevos.

Con respecto, a la masa de huevo (tabla 4) no hubo interacción ($p > 0,05$) entre los niveles de proteína y aminoácidos azufrados. Estos resultados no concuerdan con los encontrados por Silva et al. (2006) y Brumano (2008), quienes informaron que la reducción de niveles de proteína de 17,0 % hasta 14,0 % y de metionina + cistina de 0,9 % a 0,7 % también reduce significativamente la masa de huevos. La masa de huevos tiene relación directa con el peso promedio de huevo y la cantidad de huevos producidos. Si bien la producción de huevos y el peso promedio de huevos fueron afectados por el nivel de proteína al considerarse estos dos parámetros en el cálculo de la masa de huevos, no se encontraron diferencias entre los niveles de proteína evaluados. Igualmente, no hubo diferencias en masa de huevo en relación a los niveles de aminoácidos azufrados.

En este experimento las aves alimentadas con 18,0 % de proteína produjeron más huevos, pero con menor peso promedio, en comparación con las aves a las que se les suministró 15,0 % de proteína, que produjeron menor cantidad de huevos, pero con mayor peso. Por ello, dos factores pueden estar relacionados con este resultado: el estrés por calor y la menor cantidad de aceite de soya en las dietas con 18,0 % de proteína bruta. Estos factores pueden ser los causantes de que las gallinas alimentadas con 15,0 % de proteína tengan huevos con mayor peso promedio de huevo que las alimentadas con 18,0 %. Esta puede ser la explicación del porqué los niveles de proteína y de aminoácidos azufrados no afectaron significativamente la variable *masa de huevo*.

No se presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$) en el consumo de alimento (tabla 4) con respecto a los tratamientos, no siendo influenciado por los niveles de proteína bruta; similar a lo encontrado por Silva et al. (2006). Al respecto, Novak et al. (2006) sugirieron que el aumento en el consumo de alimento se da solo en los casos en que los aminoácidos, como lisina, metionina, treonina y triptófano, se encuentran por debajo de los requerimientos; ese no fue el caso del presente estudio. Esta puede ser la explicación de que los tratamientos tuvieran un consumo muy similar. Los niveles de metionina + cistina no afectaron el consumo de alimento. Resultados similares fueron encontrados por Sá et al. (2007) y fueron contrarios a lo encontrado por Brumano (2008). De acuerdo con Gambaro (2014), la inconsistencia de los resultados entre los trabajos puede estar relacionado, entre otros factores, a la composición de las dietas experimentales, en cuanto al balance aminoacídico. Al respecto Andriquetto et al. (2003) indicaron que el desequilibrio aminoacídico en una ración ocasiona cambios específicos en la concentración de los aminoácidos plasmáticos, afectando el consumo de alimento de las aves.

Por otra parte, el promedio de consumo fue de 101,04 g, que estuvo por debajo de lo propuesto en el manual de la línea Hy-Line: 112,00 g. Como ya se anotó, el presente estudio se realizó entre los meses de diciembre y marzo, con temperaturas de hasta 33 °C, por lo que las aves pudieron haber estado bajo estrés calórico. Al respecto Rostagno (2005) consideraron que los requerimientos energéticos disminuyen en 2 kcal de energía metabolizable por cada kilogramo de peso vivo y por cada grado centígrado de aumento desde 21 °C a 27 °C; por lo tanto, en este experimento los requerimientos de energía disminuyeron en 13,76 kcal, razón por la cual el consumo del alimento disminuyó.

Tampoco se han observado efectos significativos ($p > 0,05$) del nivel de proteína sobre la variable *conversión alimenticia* (tabla 4); resultados similares fueron encontrados por Andrade et al. (2003) quienes, al reducir el contenido de proteína en la ración de 17,0 % hasta 15,0 % con la debida suplementación de lisina y aminoácidos azufrados, afirman que pueden garantizar desempeños satisfactorios; sin embargo, en el presente estudio fueron las aves alimentadas con dietas conteniendo 0,71 % de metionina + cistina, que corresponden a un consumo de 688,89 mg/ave/día, las que obtuvieron una mejor conversión alimenticia. Brumano (2008), utilizando gallinas Hy-Line W-36 de 24 a 40 semanas con niveles crecientes de aminoácidos azufrados, reportó mejores resultados para conversión alimenticia a partir del nivel de metionina + cistina de 0,785 %, que corresponde a un consumo de 694 mg/ave/día, sugiriendo que la mejora en la utilización de la ración se debe a un mejor equilibrio aminoacídico.

Para la variable *ganancia de peso* (tabla 5) se han presentado diferencias significativas ($p < 0,05$) en la interacción entre los niveles de proteína y aminoácidos azufrados. Las gallinas alimentadas con bajo nivel

de proteína, aun al aumentar la suplementación de aminoácidos azufrados, no promovió una mayor ganancia de peso; sin embargo, en aves alimentadas con dietas de alta proteína la suplementación de metionina + cistina confirió un aumento de la ganancia de peso.

Tabla 4. Efecto de los niveles de proteína bruta y metionina + cistina sobre las variables *producción, peso y masa de huevo, consumo de alimento y conversión alimenticia*

Tratamiento	Proteína	Met+cis	Producción de huevo (%)	Peso promedio de huevo (g)	Masa de huevo (g) ave - día	Consumo de alimento (g/ave/día)	Conversión alimenticia g. alimento/g. masa de huevo
1	15,0	0,71	88,89 ^a ± 8,44	60,19 ^a ± 2,22	53,50 ^a ± 6,18	101,31 ^a ± 10,94	1,89 ^a ± 0,19
2	15,0	0,78	87,55 ^a ± 10,54	60,80 ^a ± 1,82	53,24 ^a ± 5,57	99,60 ^a ± 11,49	1,87 ^a ± 0,16
3	15,0	0,86	89,48 ^a ± 9,27	61,52 ^a ± 1,50	55,03 ^a ± 5,52	102,23 ^a ± 11,00	1,86 ^a ± 0,17
4	16,5	0,71	89,98 ^a ± 8,69	58,95 ^a ± 1,94	53,04 ^a ± 6,37	97,03 ^a ± 12,18	1,83 ^a ± 0,18
5	16,5	0,78	90,77 ^a ± 8,36	60,16 ^a ± 1,17	54,61 ^a ± 5,31	102,29 ^a ± 9,43	1,87 ^a ± 0,15
6	16,5	0,86	88,64 ^a ± 10,22	61,61 ^a ± 1,58	54,52 ^a ± 5,84	102,88 ^a ± 10,50	1,89 ^a ± 0,18
7	18,0	0,71	90,58 ^a ± 9,03	60,05 ^a ± 1,34	54,38 ^a ± 6,59	102,74 ^a ± 10,44	1,89 ^a ± 0,21
8	18,0	0,78	91,62 ^a ± 7,37	56,85 ^a ± 1,02	52,08 ^a ± 6,54	100,71 ^a ± 11,93	1,93 ^a ± 0,17
9	18,0	0,86	91,47 ^a ± 8,53	57,51 ^a ± 2,06	52,58 ^a ± 7,19	100,66 ^a ± 10,36	1,92 ^a ± 0,21
Proteína (%)	15,0		88,64 ^b ± 9,41	60,84 ^a ± 1,85	53,92 ^a ± 5,76	101,05 ^a ± 11,14	1,87 ^a ± 0,18
	16,5		89,80 ^{ab} ± 9,09	60,24 ^{ab} ± 1,56	54,06 ^a ± 5,84	100,73 ^a ± 10,70	1,86 ^a ± 0,17
	18,0		91,22 ^a ± 8,31	58,14 ^b ± 1,47	53,01 ^a ± 6,78	101,37 ^a ± 10,95	1,91 ^a ± 0,20
Met + cis (%)	0,71		89,81 ^a ± 8,72	59,73 ^a ± 1,83	53,64 ^a ± 6,38	100,36 ^a ± 11,21	1,87 ^a ± 0,19
	0,78		89,98 ^a ± 8,76	59,27 ^a ± 1,34	53,31 ^a ± 5,81	100,86 ^a ± 10,95	1,89 ^a ± 0,16
	0,86		89,86 ^a ± 9,34	60,21 ^a ± 1,72	54,04 ^a ± 6,19	101,93 ^a ± 10,64	1,89 ^a ± 0,19
Probabilidad							
Proteína			0,029	0,036	0,439	0,922	0,169
Met + cis			0,983	0,664	0,705	0,608	0,732
Proteína × met + cis			0,431	0,268	0,309	0,218	0,664

^{a,b}: Letras diferentes indican que existe diferencia estadística ($p < 0,05$).

Fuente: Elaboración propia

Según Novak et al. (2006), los niveles de proteína y aminoácidos azufrados tienen influencia en la ganancia de peso. Ponedoras alimentadas con menor nivel de proteína tienden a disminuir la ganancia de peso, debido a que tienen poco excedente de este nutriente para almacenar. Por el contrario, las aves a medida que envejecen requieren de más metionina + cistina, debido a su papel en el mantenimiento; por lo tanto, las aves sometidas a raciones con mayor cantidad de este nutriente obtienen una mayor ganancia de peso. Se observó un efecto significativo del nivel de proteína para la ganancia de peso, donde las aves alimentadas con 15,0 % de proteína presentaron una menor ganancia de peso que las gallinas alimentadas con 18,0 %. Resultados similares fueron obtenidos por Da Silva et al. (2014), quienes también observaron un decrecimiento en la ganancia de peso del 29,4 % al reducir de 18,0 % a 14,0 % el nivel de proteína.

A pesar de que los menores niveles de proteína ocasionaron menor ganancia de peso, se observó que todos los tratamientos proporcionan ganancia diaria de peso superior a lo recomendado por el manual de la línea que es de 0,5 g/ave/día. Asimismo, se observaron diferencias significativas del factor nivel de metionina + cistina sobre la variable *ganancia de peso*, donde las aves alimentadas con 0,86 % de aminoácidos azufrados obtuvieron mayor ganancia de peso en comparación con las de 0,71 %. Similares resultados fueron obtenidos por Calderón y Jensen (1990), quienes hallaron que la ganancia de peso incrementa conforme aumentan los niveles de proteína y la suplementación de metionina.

Se observó interacción entre los niveles de aminoácidos azufrados y proteína para la variable *peso final* (tabla 5). En ponedoras alimentadas con dietas bajas en proteína, el aumento en la suplementación de aminoácidos azufrados no influyó el peso final; sin embargo, en gallinas alimentadas con dietas de alta proteína, la suplementación de metionina + cistina confirió un aumento en el peso final. Al respecto, Faria et al. (2016) informaron que la metionina y la cistina ejercen influencia sobre el peso final de las ponedoras, debido a que son aminoácidos glucogénicos, utilizados en la formación del glucógeno del hígado y del músculo por el proceso de la gluconeogénesis; por lo tanto, afectan directamente a la recuperación corporal de las aves.

Tabla 5. Efecto de los niveles de proteína y metionina + cistina sobre la variable *peso inicial*, *peso final*, *ganancia de peso*, además de *Unidades Haugh (UH)* y *espesor de la cáscara de huevo* en gallinas ponedoras

Tratamiento	Proteína	Met + cis	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	Ganancia de peso (g)	Unidades Haugh	Espesor de la cáscara de huevo
1	15,0	0,71	1,40	1,68 ^{ab} ± 0,06	271,58 ^b ± 93,14	103,47 ^a ± 3,76	0,34 ^a ± 0,021
2	15,0	0,78	1,39	1,72 ^{ab} ± 0,09	324,17 ^{ab} ± 88,21	103,59 ^a ± 3,19	0,34 ^a ± 0,020
3	15,0	0,86	1,40	1,66 ^b ± 0,06	255,08 ^b ± 54,71	103,30 ^a ± 3,46	0,34 ^a ± 0,017
4	16,5	0,71	1,40	1,76 ^{ab} ± 0,03	354,33 ^{ab} ± 43,16	103,53 ^a ± 4,69	0,34 ^a ± 0,021
5	16,5	0,78	1,39	1,70 ^{ab} ± 0,03	302,92 ^{ab} ± 29,56	103,24 ^a ± 4,66	0,35 ^a ± 0,020
6	16,5	0,86	1,40	1,79 ^{ab} ± 0,08	392,92 ^{ab} ± 72,15	104,28 ^a ± 4,00	0,34 ^a ± 0,021
7	18,0	0,71	1,40	1,66 ^b ± 0,05	252,08 ^b ± 28,23	104,32 ^a ± 5,14	0,35 ^a ± 0,024
8	18,0	0,78	1,39	1,75 ^{ab} ± 0,11	352,08 ^{ab} ± 92,47	104,30 ^a ± 3,25	0,33 ^a ± 0,019
9	18,0	0,86	1,40	1,83 ^a ± 0,03	433,75 ^a ± 25,90	104,66 ^a ± 2,93	0,34 ^a ± 0,018
Proteína (%)	15,0			1,68 ^a ± 0,07	283,61 ^b ± 78,68	103,45 ^a ± 3,47	0,34 ^a ± 0,019
	16,5			1,75 ^a ± 0,05	350,06 ^a ± 48,29	103,69 ^a ± 4,45	0,34 ^a ± 0,021
	18,0			1,75 ^a ± 0,07	345,97 ^{ab} ± 48,87	104,43 ^a ± 3,78	0,34 ^a ± 0,021
Met + cis (%)	0,71			1,70 ^a ± 0,05	292,67 ^b ± 54,84	103,77 ^a ± 4,53	0,34 ^a ± 0,022
	0,78			1,72 ^a ± 0,08	326,39 ^{ab} ± 70,08	103,71 ^a ± 3,70	0,34 ^a ± 0,020
	0,86			1,76 ^a ± 0,06	360,58 ^a ± 50,92	104,08 ^a ± 3,46	0,34 ^a ± 0,019
Probabilidad							
Proteína				0,370	0,028	0,561	0,498
Met + cis				0,805	0,048	0,915	0,333
Proteína × met + cis				0,017	0,011	0,985	0,517

^{a,b}: Letras diferentes indican que existe diferencia estadística ($p < 0,05$).

Fuente: Elaboración propia.

No se evidenció interacción ($p > 0,05$) entre los niveles de proteína y metionina + cistina ni tampoco se observó efecto por separados de los dos factores para la variable Unidades Haugh (tabla 5). El promedio general de los nueve tratamientos fue de 103,85 UH; tendencia similar a lo reportado por Sá et al. (2007), quienes no reportaron efectos significativos por los niveles de metionina + cistina evaluados sobre las Unidades Haugh, encontrando un valor de Unidades Haugh promedio de 95,59.

Para el espesor de cáscara del huevo (tabla 5), se indica que no hubo interacción ($p > 0,05$) entre los niveles de aminoácidos azufrados y proteína, así como tampoco se observaron efectos de los factores por separado. El espesor medio de este estudio fue de 0,34 mm, resultado que concuerda con lo encontrado por Novak et al. (2006), quienes mencionan no haber encontrado efectos significativos del espesor de la cáscara de huevo al variar los niveles de proteína y metionina + cistina; estos investigadores reportaron valores de espesor de cáscara medio de 0,44 mm. Sin embargo, Gallardo y Tasayco (2016), al evaluar tres niveles de metionina + cistina (0,75 %, 0,71 % y 0,67 %), encontraron diferencias significativas para unidades Haugh y porcentaje de albúmen, mas no para porcentaje de cáscara y gravedad específica.

Tabla 6. Retribución económica por kilogramo de huevo

INGRESOS	Tratamientos								
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
Masa de huevo (kg)	107,86	107,34	110,94	106,92	110,09	109,92	109,62	105,00	106,00
Precio kg de huevo (S/)	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50
Total de ingresos	377,50	375,68	388,29	374,23	385,32	384,72	383,68	367,51	370,99
EGRESOS									
Consumo total de alimento (kg)	204,24	200,79	206,09	195,61	206,21	207,41	207,13	203,03	202,94
Costo de alimento por kg (S/)	1,35	1,36	1,37	1,37	1,37	1,38	1,40	1,40	1,41
Total de egresos	275,72	273,07	282,35	267,98	282,50	286,23	289,98	284,24	286,14
Costo de producción por kg (S/)	2,56	2,54	2,55	2,51	2,57	2,60	2,65	2,71	2,70
Retribución económica por kg (S/)	0,94	0,96	0,95	0,99	0,93	0,90	0,85	0,79	0,80
Retribución económica (S/)	101,78	102,61	105,95	106,25	102,82	98,49	93,7	83,26	84,85
Retribución económica (%)	98,99	99,79	103,04	103,34	100,00	95,79	91,13	80,98	82,53

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la retribución económica en producción de huevo (tabla 6), se obtiene mayor ganancia con el tratamiento 4, seguido por el tratamiento 3. Estos resultados se deben a que dichos tratamientos poseen la menor conversión alimenticia. Además, dichos tratamientos son los que contienen los niveles de proteína de 16,5 %, 15,0 % y los niveles de aminoácidos azufrados de 0,86 % y 0,71 %, respectivamente. La proteína es el nutriente más costoso en la dieta para gallinas ponedoras; por ello, las raciones con 18 % de proteína fueron las más caras. Por otro lado, una estrategia de los nutricionistas para reducir los costos de alimentación es reducir los niveles de proteína y suplementarlos con aminoácidos.

Conclusiones

Las aves alimentadas con 18 % de proteína bruta tuvieron significativamente mayor producción de huevos con menor peso promedio de huevos que las alimentadas con 15,0 %. Es posible reducir los niveles de proteína en la dieta de las aves de 18,0 % a 15,0 % en el periodo de 25 a 37 semanas de edad, utilizando suplementación de aminoácidos con niveles de metionina + cistina de 0,7 %, sin causar perjuicio para la ganancia de peso y peso final de las ponedoras.

Asimismo, es posible reducir los niveles de proteína en la ración de 18,0 % a 16,5 % en el periodo de 25 a 37 semanas de edad, con suplementación de niveles de aminoácidos azufrados de 0,7 %, sin afectar el desempeño productivo y de calidad de huevo en gallinas Hy-Line Brown. Finalmente, las mayores retribuciones económicas se obtuvieron con los niveles de proteína y aminoácidos azufrados de 16,5 % y 0,7 % o 15,0 % y 0,9 %.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a los revisores y editores de la revista por sus comentarios y aportes, que ayudaron a mejorar el presente trabajo.

Descargos de responsabilidad

Todos los autores realizaron aportes significativos al documento, están de acuerdo con su publicación y manifiestan que no existen conflictos de interés en este estudio.

Referencias

- Adeyemo, O., Adewole, A., & Aderemi, A (2012). The effect of varied dietary crude protein levels with balanced amino acids on performance and egg quality characteristics of layers at first laying phase. *Food and Nutrition Sciences*, 3(4), 526-529. <http://dx.doi.org/10.4236/fns.2012.34074>
- Andrade, L., Leandro, N., & Stringhini, J. (2003). *Suplementación de Aminoácidos en la dieta de ponedoras comerciales*. Universidad Federal de Goias.
- Andriguetto, J., Perly, L., Minardi, I., Flemming, J., Gemael, A., Souza, G., & Bona Filho, A. (2003). *Nutrição animal: as bases e os fundamentos da nutrição animal - os alimentos*. Editora Novel.
- Association of Oficial Analytical Chemists [AOAC]. (1990). *Official Methods of Analysis*. Washington, DC.
- Barbosa, M., Cardozo, R., & Souza, V. (2009). Níveis de metionina + cistina no desempenho de poedeiras comerciais leves com 45 semanas de idade. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 10(4), 1032-1039. <https://portalseer.ufba.br/index.php/rbspa/article/view/40127/22378>

- Barros, L., Costa, F., Costa, J., Da Silva, E., Da Silva, J., Sakomura, N., Filho, J. J., Santos de Oliveira, C. F., Jerónimo do Nascimento, G. A., Lima Neto, R. C., Fonseca Pascoal, L. A., & Brandão, P. (2006). Níveis de proteína para frangas semipesadas no período de uma a dezoito semanas de idade. *Ciência Animal Brasileira*, 7(2), 131-141.
- Brumano, G. (2008). *Níveis de metionina + cistina digestíveis em rações para poedeiras leves, nos períodos de 24 a 40 e de 42 a 58 semanas de idade* [Tesis de doctorado, Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais, Brasil]. Repositorio UFV. <https://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/1699/texto%20completo.pdf?sequence=1>
- Bunchasak, C., PooSuwan, K., & Nukraev, R. (2005). Effect of dietary protein on egg production and immunity responses of laying hens during peak production period. *International Journal of Poultry Science*, 49(9), 701-708. <http://dx.doi.org/10.3923/ijps.2005.701.708>
- Calderón, V., & Jensen, L. (1990). The requirement for sulfur amino acid by laying hens as influenced by protein concentration. *Poultry Science*, 69(6), 934-944. <https://doi.org/10.3382/ps.0690934>
- Cancherini, L., Junqueira, O., Oliveira, M., Andreotti, M., & Barbosa, M. (2005). Utilização de subprodutos de origem animal em dietas formuladas com base em proteína bruta e proteína ideal para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34(2), 535-540. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000200022>
- D'Agostini, P. (2005). Exigências de metionina+cistina para frangas de reposição leves e semipesadas nas fases inicial, cria e recria. [Tesis de doctorado, Universidade Federal de Viçosa, Brasil]. Repositorio UFV. <https://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/11380/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- D'Agostini, P., Gomes, P., De Carvalho, H., Calderano, A., Sá, L., Rostagno, H., & Teixeira, L. (2017). Exigência de metionina + cistina para frangas de reposição na fase inicial (1 a 6 semanas de idade). *Ciência Animal Brasileira*, 18, e22100. <http://dx.doi.org/10.1590/1089-6891v18e-22100>
- Da Silva, G., Cezar, P., Luiz de Toledo, S., Izabel, M., Lopes, R., Marques, S., Aparecida, E., & Soares, L. (2014). *Redução da proteína bruta em rações formuladas com conceito de proteína ideal para poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade* [Ponencia]. En XII Congresso APA de Produção e Comercialização de Ovos-Associação Paulista de Avicultura. <https://www.avisite.com.br/cet/trabalho-industrial.pdf>
- Faria, C., Sgavioli, S., Ferreira, M., Santos, E., Correa, D., Goulart, T., Ferreira, K., & Mack, O. (2016). Lisina e metionina + cistina digestíveis sobre o desempenho e qualidade de ovos de poedeiras comerciais: Revisão. *Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia. Jaboticabal*, 10(6), 487-493.
- Gallardo, C., & Tasayco, E. (2016). Efecto de los niveles de aminoácidos azufrados sobre la calidad del huevo en gallinas de postura en el primer ciclo de producción. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 17(9), 1-11. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63647456004>
- Gallardo, C., Dadalt, J., Ricci, G., Da Silva, J., & De Souza, M. (2014). Limites da redução de proteína dietética com o uso de aminoácidos suplementares na alimentação de monogástricos. *VIII Simpósio de Pós-Graduação e Pesquisa em nutrição produção animal* (pp. 198-199). Facultad de Medicina Veterinária Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, Brasil.
- Gambaro, D. (2014). *Nutrição proteica de poedeiras comerciais* [Tesis de Maestría, Universidade de São Paulo]. <http://doi.org/10.11606/D.10.2014.tde-01102014-161305>

- Joly, P. (2008). *Reevaluation of amino acids requirements for laying hens*. <https://en.engormix.com/poultry-industry/articles/amino-acids-requirements-laying-hens-t34080.htm>
- Leeson, S., & Summers, J. (2009). *Commercial Poultry Nutrition*. S. Leeson & J. D. Summers – University Books.
- Liu, Z., Wu, G., Bryant, M., & Roland, D. (2005). Influence of added synthetic lysine in low-protein diets with the methionine plus cysteine to lysine ratio maintained at 0,75. *Journal Applied Poultry Research*, 14(1), 174-182. <https://doi.org/10.1093/japr/14.1.174>
- Mousavi, S., Khalaji, S., Ghasemi-Jirdehi, A., & Foroudi, F. (2013). Investigation on the effects of various protein levels with constant ratio of digestible sulfur amino acids and Threonine to Lysine on performance, egg quality and protein retention in two strains of laying hens. *Italian Journal of Animal Science*, 12(1), e2. <https://doi.org/10.4081/ijas.2013.e2>
- Nicodemus, N., Callejo, A., Calle, A., Gutiérrez, A., Villamide, M., Pérez, P., & Buxade, C. (2011). Relación óptima de metionina+cistina/lisina digestibles en gallinas Isa Brown de 34 a 42 semanas de edad. En *Actas de las XIV Jornadas Sobre Producción Animal - Tomo I*; 2011 may. 17-18; Zaragoza (pp. 168-170). Aida.
- Novak, C., Yakout, H., & Scheideler, S. (2006). The effect of dietary protein level and total sulfur amino acid:lysine ratio on egg production parameters and egg yield in Hy-Line W-98 hens. *Poultry Science*, 85(12), 2195-2206. <https://doi.org/10.1093/ps/85.12.2195>
- Pavan, C., Móri. C., Garcia. E., Schere. M., & Cachoni. C. (2005). Níveis de proteína bruta e de aminoácidos sulfurados totais sobre o desempenho, a qualidade dos ovos e a excreção de nitrogênio de poedeiras de ovos marrons. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34(2), 568-574. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000200026>
- Peganova, S., & Eder, K. (2003). Interactions of various supplies of isoleucine, valine, leucine and tryptophan on the performance of laying hens. *Poultry Science*, 82(1), 100-105. <https://doi.org/10.1093/ps/82.1.100>
- Pérez-Bonilla, A., Novoa, S., Garcia, J., Mohiti-Asli, M., Frikha, M., & Mateos, G. (2012). Effect of crude protein and fat content of diets with similar indispensable amino acid profile on productive performance and egg quality of brown egg laying hens differing in initial body weight. *Poultry Science*, 91(12), 3156-3166. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01917>
- Rama Rao, S., Ravindran, V., Srilatha, T., Panda, A., & Raju, M. (2011). Effect of dietary concentrations of energy, crude protein, lysine, and methionine on the performance of White Leghorn layers in the tropics. *Journal of Applied Poultry Research*, 20(4), 528-541. <https://doi.org/10.3382/japr.2011-00355>
- Ramírez, E., & Gonzalez, E. (1992). Suplementación de treonina a dietas bajas en proteína para gallinas y su efecto sobre el peso del huevo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 30(1), 41-44.
- Rostagno, H. (Ed.). (2005). *Tabelas brasileiras para suínos e aves: composição de alimentos e exigências nutricionais*. Universidade Federal de Lavras. Departamento de Zootecnia. Viçosa-Brasil.
- Rostagno, H. (Ed.). (2017). *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*. Universidade Federal de Lavras. Departamento de Zootecnia. Viçosa-Brasil. https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4532766/mod_resource/content/1/Rostagno%20et%20al%202017.pdf

- Sá, L., Gomes, P., Albino, L., Rostagno, H., & Nascif, C. (2007). Exigência nutricional de metionina + cistina digestible para galinhas poedeiras no período de 34 a 50 semanas de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36(6), 1837-1845. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000800017>
- Saki, A., Naseri, R., Tabatabaei, M., Zamani, P., & Haghight, M. (2012). Estimates of methionine and sulfur amino acid requirements for laying hens using different models. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 14(3), 209-216. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-635X2012000300008>
- Silva, E., Silva, J., Filho, J., Ribeiro, M., Martins, T., & Costa, F. (2006). Redução dos níveis protéicos e suplementação com metionina e lisina em rações para poedeiras leves. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35(2), 491-496. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000200022>