

Niveles de proteína cruda, desempeño productivo y características del huevo de gallinas de segundo ciclo

Crude protein levels, productive performance and egg characteristics of second cycle layer hens

Eliseo Sosa-Montes¹ ,
Fernando Sánchez-Morales² ,
Arturo Pro-Martínez³ ,
Elvia Martínez-Cruz¹ ,
Luis Donaldo Salinas-
Jiménez¹ ,
Fernando González-Cerón^{1*} 

¹Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo. CP. 56230. Texcoco, Estado de México, México.

²Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Soledad de Graciano Sánchez, C.P. 78321. S.L.P., México.

³Programa de Ganadería. Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. CP. 56230. Texcoco, Estado de México, México.

*Autor de correspondencia: fgceron@colpos.mx

Artículo científico

Recibido: 02 de marzo 2021

Aceptado: 03 de septiembre 2021

Como citar: Sosa-Montes E, Sánchez-Morales F, Pro-Martínez A, Martínez-Cruz E, Salinas-Jiménez LD, González-Cerón F (2021) Niveles de proteína cruda, desempeño productivo y características del huevo de gallinas de segundo ciclo. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios Núm. Esp. II: e2940. DOI: 10.19136/era.a8nII.2940

RESUMEN. Se evaluó el efecto de dos alimentos comerciales con diferente nivel (16 y 18%) de proteína cruda (PC), en el desempeño productivo y las características del huevo de gallinas ponedoras de segundo ciclo. Cada tipo de alimento se asignó aleatoriamente a 210 gallinas, alojadas por pares en una jaula. La ración diaria de alimento fue 115 g ave⁻¹. Durante 52 días se registraron: porcentaje de postura (PorP, %), peso de huevo (PesH, g), masa de huevo (MasH, g ave⁻¹ día⁻¹), conversión alimenticia (ConA, g g⁻¹), porcentajes de diferentes categorías de huevo y relación beneficio/costo (B/C); la producción por día fue una repetición. Los últimos ocho días del estudio se eligieron aleatoriamente 64 huevos de cada tratamiento (8 huevos d⁻¹). Se registraron por huevo: longitud (L, cm), anchura (A, cm), índice de forma (IFH, %), pesos de yema, clara y cascarón (PesY, PesCla y PesCas, g, respectivamente) y sus porcentajes (PorY, PorCla y PorCas, %, respectivamente). El alimento con 18% de PC produjo mejores valores ($p < 0.05$) de PorP, PesH, MasH, ConA, L y A que el alimento con 16% de PC. Las variables IFH, PorY y B/C no difirieron ($p > 0.05$) entre tipos de alimento. Los huevos de las aves con 18% de PC, mostraron mayor ($p < 0.05$) PorCla y menor PorCas respecto a los huevos de las aves con 16% de PC. En conclusión, el alimento comercial con 18% de PC mejoró el desempeño productivo y varias características del huevo, sin afectar la relación beneficio/costo.

Palabras clave: Desempeño productivo, gallinas ponedoras, huevo, proteína.

ABSTRACT. It was evaluated the effect of two commercial feeds with different crude protein (PC) contents (16 and 18%) on the productive performance and egg characteristics of second-cycle hens. Each feed was randomly assigned to 210 hens that were housed two per cage. Daily ration of feed was 115 g bird⁻¹. Egg production (PorP, %), egg weight (PesH, g), egg mass (MasH g bird⁻¹ day⁻¹), feed conversion (ConA g g⁻¹), percentages of different egg categories and benefit/cost ratio (B/C) were recorded during 52 days; the production of each day represented a replicate. During the last eight days, 64 eggs were randomly selected from each treatment (8 eggs day⁻¹) to record in each egg: length (L, cm), width (A, cm), egg shape index (IFH, %), weight of yolk, white and shell (PesY, PesCla y PesCas, respectively) and their percentages (PorY, PorCla and PorCas, %, respectively). The 18% PC feed produced better values ($p < 0.05$) of PorP, PesH, MasH, ConA, L and A than the 16% PC feed. No effects ($p > 0.05$) were detected on the variables: IFH, PorY and B/C. Eggs from birds with 18% PC showed higher ($p < 0.05$) PorCla and lower PorCas than eggs from birds with 16% PC. In conclusion, the commercial feed with 18% PC improved productive performance and several egg characteristics, without affecting the benefit/cost ratio.

Key words: Productive performance, laying hens, egg, protein.

INTRODUCCIÓN

El nivel de proteína cruda (PC) en el alimento, es crucial para el óptimo desempeño productivo de gallinas de postura, aceptándose ampliamente que puede mejorar la relación beneficio/costo (Laudadio *et al.* 2012). Se reportó que con 0.35% de metionina, al aumentar la PC de 13 a 15%, también aumentaron ($p < 0.05$) el PorP y la MasH (Saki *et al.* 2015). Asimismo, se encontró que al aumentar la PC de 16 a 20%, se incrementó ($p < 0.05$) el PorP y la MasH (Alagawany *et al.* 2011). Adicionalmente, al aumentar la PC de 15 a 16%, se obtuvieron mayores ($p < 0.05$) PorP y PesH (Sohail *et al.* 2002). En México se usan valores entre 15 y 16% de PC en las dietas de gallinas ponedoras (Castillo *et al.* 2004, Carranco-Jáuregui *et al.* 2017, Pérez *et al.* 2019); bajos valores de proteína podrían afectar las características del huevo (Roberts 2004).

La muda o pelecha es un proceso que busca la renovación de los tejidos de las aves para producir huevo (Bell *et al.* 2004, Rafeeq *et al.* 2013). Las parvadas de gallinas ponedoras son inducidas a mudar, entre otras razones, para obtener producción adicional por ave durante un segundo ciclo de postura (Junqueira *et al.* 2006). En su segundo ciclo, las aves alcanzan 92 a 94% de PorP respecto al primer ciclo de postura (Gjorgovska *et al.* 2012). Al final del segundo ciclo de postura, disminuyen el desempeño productivo y la calidad del huevo (Melo *et al.* 2019). Se ha hecho bastante investigación en muchos países sobre las características del huevo de primer ciclo de postura (Ramírez *et al.* 2016, Avellaneda *et al.* 2020). Sin embargo, respecto al segundo ciclo, no se conoce mucho sobre las características del huevo ni sobre el nivel de proteína de la dieta. Por tanto, el objetivo del presente estudio fue comparar dos niveles de proteína en el desempeño productivo y las características del huevo de gallinas ponedoras de segundo ciclo en México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localidad

El trabajo se desarrolló en la Granja Avícola Experimental del Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México, México durante el año de 2019. El clima de la región es templado subhúmedo, el más seco de los subhúmedos, temperatura media anual 15.2 °C, precipitación media anual de 636.5 mm, lluvias en verano, junio a octubre (García 2004).

Animales y dietas

Dos tipos de alimento comercial con diferente nivel de proteína cruda (16 y 18% PC) se asignaron aleatoriamente a cuatrocientas veinte gallinas Bovans White de 100 semanas de edad en segundo ciclo de postura, alojadas en pares en jaulas convencionales, de manera que hubo 210 aves por tipo de alimento. La composición del alimento 16% PC, de acuerdo a los datos de fábrica fue: mínimo 16.00% PC, mínimo 4.00% grasa cruda, máximo 5.50% fibra cruda, máximo 12.50% cenizas (4.2% de calcio), máximo 12.00% humedad y por diferencia 50.00% ELN. Por otro lado, la composición del alimento 18% PC, de acuerdo a los datos de fábrica fue: mínimo 18.00% PC, mínimo 3.00% grasa cruda, máximo 5.00% fibra cruda, máximo 14.00% cenizas (4.2% de calcio), máximo 12.00% humedad y por diferencia 48.00% ELN. El principal ingrediente proteico de los alimentos fue pasta de soya y el principal energético fue grano de sorgo. La empresa no proporcionó el aporte de aminoácidos ni de energía de los alimentos. Sin embargo, de acuerdo a la siguiente fórmula (Barzegar *et al.* 2019) se calculó la energía metabolizable aparente corregida al 50% del consumo de nitrógeno (AMEs): $AMEs = 3328 + 27.5 \times EE - 28.8 \times \text{cenizas}$. Dado que EE y cenizas fueron iguales, para ambas dietas (16 y 18%) de PC, los valores de AMEs fueron 3078 kcal kg⁻¹. Las dimensiones de cada jaula fueron 30 cm de ancho, 45 cm de fondo, 36 cm de alto en la parte posterior y 41 cm de alto en la parte frontal. Las jaulas estaban acopladas en módulos piramidales de dos niveles (cinco jaulas por nivel y 20 jaulas por módulo). Cada jaula contó con 30 cm

de comedero de lámina y un bebedero automático de copa. Se utilizó un programa de iluminación de 16 h luz:8 h oscuridad. La ración diaria de alimento fue de 115 g ave⁻¹ y el periodo experimental duró 52 días (d).

Variables respuesta

Las variables de desempeño productivo fueron: porcentaje de postura (PorP, %), peso del huevo (PesH, g), masa de huevo (MasH, g ave⁻¹ d⁻¹) y conversión alimenticia (ConA, g g⁻¹). El PorP se calculó dividiendo el número de huevos entre el número de gallinas en el día de producción, y el cociente se multiplicó por 100. El PesH se obtuvo con una báscula digital con capacidad de 200 g y resolución de 0.01 g (Modelo MH-200, Marca MKS Tools, China). La MasH se estimó multiplicando el PorP por el PesH correspondiente. La ConA se estimó con base en el consumo de alimento (g) y la producción de huevo expresada en gramos. La relación beneficio/costo (B/C) se calculó con base en el costo de los kilogramos de alimento necesarios para producir un kilogramo de huevo, y el precio de este último. Además, se calcularon las proporciones de las siguientes categorías de huevo: primera, jumbo, chico, roto, sucio, deforme, poroso y fáfara, cuya suma produjo el 100%. A fin de que los efectos de los alimentos, tuvieran tiempo suficiente para su expresión, en los últimos ocho días del periodo experimental, se colectaron aleatoriamente ocho huevos por día por tipo de alimento. Se registraron las siguientes variables en cada huevo: longitud (L, cm), anchura (A, cm), índice de forma del huevo (IFH), pesos (g) de clara, yema y cascarón (PesCla, PesY, PesCas, respectivamente), así como sus respectivos porcentajes (PorCla, PorY, PorCas). Además, se estimó el volumen (cm³) y el área (cm²) de cada huevo. Las variables L y A se determinaron con un vernier digital (Modelo HER-411, STEREN, México) con rango de medición de 0 a 150 mm y resolución de 0.1 mm. El IFH se calculó a través de la expresión IFH = A/L, de acuerdo a Duman et al. (2016). Las variables PesCla, PesY, PesCas, se determinaron pesando individualmente cada porción en una báscula digital con capacidad de 200

g y resolución de 0.01 g (Modelo MH-200, Marca MKS Tools, China). Posteriormente, cada valor de PesCla, PesY, PesCas se dividió entre el peso del huevo correspondiente y el cociente se multiplicó por 100 para obtener las variables PorCla, PorY y PorCas. El volumen (cm³) y el área (cm²) se calcularon mediante las expresiones volumen = 0.913xPesH y área = 4.558xPesH^{0.67}, respectivamente, de acuerdo a Etches (1996); en ambos casos, el símbolo PesH correspondió al peso del huevo.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza empleando el modelo lineal general (SAS 2011). Se consideraron dos tratamientos (alimentos con 16 y 18% de PC). Para las variables productivas, cada día del periodo experimental se consideró una repetición, es decir, cada tratamiento tuvo 52 repeticiones. Para las variables de las características del huevo, un huevo fue la unidad experimental, es decir, hubo 64 repeticiones por tratamiento.

RESULTADOS

Las aves del tratamiento con 18% de PC mostraron mejores valores ($p < 0.05$) de PorP, PesH, MasH y ConA comparadas con las aves del tratamiento con 16% de PC (Tabla 1). Las aves del tratamiento con 18% de PC produjeron porcentajes mayores ($p < 0.05$) de huevos jumbo ($p < 0.05$) pero menores de huevo chico y de huevo roto ($p < 0.05$). Los demás porcentajes de huevo, incluyendo el huevo de primera fueron similares ($p > 0.05$) entre ambos tratamientos (Tabla 1).

Por otra parte, los huevos de las aves con el tratamiento 18% de PC fueron más largos, más anchos y con mayor PesCla que aquellos de las aves con el tratamiento 16% de PC ($p < 0.05$). Por tanto, los huevos provenientes del tratamiento con 18% de PC tuvieron mayor volumen y área ($p < 0.05$) que aquellos del tratamiento con 16% de PC. No se encontraron diferencias ($p > 0.05$) entre tratamientos en IFH, PorY y PesCas. Sin embargo, el PorCla fue mayor mientras que el PorCas fue menor en los huevos provenientes del tratamiento con 18% de PC,

Tabla 1. Desempeño productivo y categorías de huevo de gallinas Bovans White alimentadas con dos niveles de proteína en el alimento.

Variables productivas	Tratamiento		EE	Valor de p
	16% PC	18% PC		
PorP (%)	88.9 ^b	90.7 ^a	0.2201	<.0001
PesH (g)	61.5 ^b	62.8 ^a	0.0634	<.0001
MasH (g)	54.7 ^b	56.9 ^a	0.1565	<.0001
ConA (g g ⁻¹)	2.1 ^a	2.0 ^b	0.0058	<.0001
Categorías de huevo (%)				
Primera	78.5	77.7	0.3587	0.1125
Jumbo	5.4 ^b	10.9 ^a	0.1735	<.0001
Chico	5.3 ^a	1.9 ^b	0.1827	<.0001
Roto	6.4 ^a	5.4 ^b	0.1901	0.0001
Sucio	0.01	0.02	0.0084	0.4434
Deforme	0.53	0.51	0.0574	0.8073
Poroso	0.05	0.02	0.0170	0.2448
Fárfara	3.9	3.7	0.1397	0.3328

^{a,b} Medias con distinta literal dentro de cada fila son diferentes (p < 0.05). PorP = porcentaje de postura, PesH = peso de huevo, MasH = masa de huevo, ConA = conversión alimenticia. EE = error estándar de la media.

en comparación con los del otro tratamiento (Tabla 2).

DISCUSIÓN

Variables productivas

Algunos estudios no evidencian efectos en el desempeño productivo (p > 0.05) con dietas de 16 a 20% de PC, debido probablemente a que con 16% de PC se alcanzó la máxima respuesta (Junqueira *et al.* 2006). A niveles más bajos de proteína: al aumentar de 13 a 15% la PC de la dieta, se observaron aumentos de 6.9% en PorP y de 7.5% en MasH (Saki *et al.* 2015). En este estudio, dichas variables no aumentaron tanto (2.0 y 4%, respectivamente, Tabla 1), debido probablemente a que los niveles de proteína de las dietas fueron altos: 16 y 18%. Se reportaron resultados similares a los del presente estudio cuando se compararon dietas con 15.6 y 17% de PC, estudio en el que el PorP aumentó (p < 0.05) 1.5% (Parenteau *et al.* 2020). Otros autores encontraron un aumento (p < 0.05) de 3.9% en PorP al pasar de una dieta con 16.1% de PC a otra con 17.3% de PC (Sohail *et al.* 2002). En el presente estudio el PorP aumentó 2.0% (Tabla 1), valor intermedio entre 1.5 y 3.9%, similarmente el valor mínimo de PC (16%), fue intermedio entre 15.6 y 16.1%.

En el estudio de Sohail *et al.* (2002) el PesH

aumentó 1.8% y en este estudio aumentó 2.1% (Tabla 1). Las variables PorP, PesH y MasH aumentaron linealmente (4.0%, 3% y 7.3%) al aumentar la PC de 16.9 a 18.3% (De Persio *et al.* 2015). En este estudio, dichas variables aumentaron 2.0, 2.0 y 4.0%, respectivamente (Tabla 1), en ambos casos fue mayor el aumento en MasH, variable obtenida por multiplicación de PorP y PesH. Al aumentar la PC de 16 a 18%, la variable MasH aumentó 12.3% (Algawani *et al.* 2011), en este estudio la MasH mostró un aumento menor, 4% (Tabla 1). Esta diferencia en el cambio de la MasH se debió probablemente a la composición de las dietas. Las dietas del estudio de Algawani *et al.* (2011) contenían 8.0% de trigo y 1.5% de almidón de maíz, mientras que las dietas del presente estudio no contenían trigo.

El PorP y la MasH aumentaron 5.8 y 7.1%, respectivamente, cuando el nivel de PC aumentó de 13.06 a 14.04% en la dieta de gallinas de 52 semanas de edad, además, esto produjo correlaciones positivas (p < 0.05) entre nivel de PC y PorP y entre nivel de PC y MasH (Bouyeh y Gevorgian 2011). Estos incrementos en PorP y MasH al aumentar la PC, fueron superiores a los encontrados en el presente estudio (2 y 4%, respectivamente, Tabla 1). La mayor respuesta se debió a que la PC de las dietas era baja, con respecto a los requerimientos. Además, como en los estudios mencionados en el párrafo previo (De Persio

Tabla 2. Características del huevo de gallinas Bovans White alimentadas con dos niveles de proteína en el alimento.

Características del huevo	Tratamiento		EE	Valor de p
	16% PC	18% PC		
L (cm)	5.83 ^b	6.00 ^a	0.0348	0.0009
A (cm)	4.39 ^b	4.46 ^a	0.0188	0.0039
IFH	0.75	0.75	0.0043	0.2180
Volumen (cm ³)	55.98 ^b	59.24 ^a	0.7051	0.0014
Área (cm ²)	71.77 ^b	74.56 ^a	0.6004	0.0013
PesCla (g)	36.72 ^b	39.88 ^a	0.6325	0.0006
PesY (g)	17.56 ^b	18.23 ^a	0.2229	0.0353
PesCas (g)	7.08	6.79	0.1082	0.0602
PorCla (%)	0.60 ^b	0.61 ^a	0.0041	0.0036
PorY (%)	0.29	0.28	0.0032	0.1889
PorCas (%)	0.12 ^a	0.10 ^b	0.0016	<0.0001

^{a,b} Medias con distinta literal dentro de cada fila son diferentes ($p < 0.05$). IFH = índice de forma del huevo, L = longitud del huevo, A = anchura del huevo, PesCla = peso de la clara, PesY = peso de la yema, PesCas = peso del cascarón, PorCla = porcentaje de clara, PorY = porcentaje de yema, PorCas = porcentaje de cascarón, EE = error estándar de la media.

et al. 2015), el incremento de MasH fue mayor que el incremento de PorP, por ser la MasH una variable multiplicativa que involucra al PorP.

Se reportó que la ConA disminuyó linealmente 4.0% al aumentar la PC de 16.94 a 18.31% (De Persio *et al.* 2015), en el presente estudio la ConA también disminuyó, 3.9% (Tabla 1). Contrariamente, Parenteau *et al.* (2020) reportaron un aumento de 4.1% en la ConA cuando la PC aumentó de 15 a 17%.

Con las dietas del estudio de Parenteau *et al.* (2020), el porcentaje de huevo jumbo aumentó 77% ($p < 0.05$) al aumentar la PC de 14 a 16%, y no cambiaron las demás categorías de huevo. En este estudio, al incrementarse la PC de la dieta, el aumento en huevo jumbo fue de 103.5% (Tabla 1, $p < 0.05$). En el presente estudio, al aumentar la PC de la dieta, los porcentajes de huevo chico y roto disminuyeron ($p < 0.05$), y no cambiaron los porcentajes de las demás categorías de huevo ($p > 0.05$).

Características del huevo

El PorCla aumentó 1.8% ($p < 0.05$) al aumentar la PC de 16.1 a 17.4% (Wu *et al.* 2007) y en este estudio el PorCla aumentó 2.9% (Tabla 2). Moula *et al.* (2010) reportaron en gallina ponedora comercial, los siguientes valores de porcentajes de clara, yema y cascarón: PorCla (59.4%), PorY (28.6%) y PorCas (12.0%) muy parecidos a los del presente

experimento con 16% de PC (Tabla 2). Al aumentar el nivel de PC de 14.89 a 17.38% en la dieta, se encontró que el PorCas disminuyó ($p < 0.05$) 4.3% (Gunawardana *et al.* 2008). En este estudio el PorCas también disminuyó 10.5% ($p < 0.05$, Tabla 2). Esta disminución del PorCas se debe a que el PesCla y el PesY aumentaron ($p < 0.05$, Tabla 2), mas no lo hizo el PesCas ($P > 0.05$); por tanto, el huevo adquiere más clara y más yema al aumentar la PC de la dieta, pero puede comprometerse la resistencia del cascarón, ya que el peso del cascarón no cambia y sí disminuye su proporción (Tabla 2). Estos incrementos de los pesos de la clara y de la yema son muy importantes para el consumidor, pero son aún más importantes para los desarrollos embrionario y postnatal del ave (Willems *et al.* 2014).

Las variables largo y ancho del huevo (Tabla 2) fueron similares a las reportadas en la literatura: 5.3 y 4.0 cm, respectivamente (Ukwu *et al.* 2017), 5.6 y 4.4 cm, respectivamente (Moula *et al.* 2010). Estas variables se incorporan en la variable IFH (Adeyemo *et al.* 2012). En este trabajo, las variables largo y ancho del huevo aumentaron ($p < 0.05$) 2.9 y 1.8%, respectivamente al aumentar el nivel de PC de la dieta. Por tanto, el IFH no cambió ($p > 0.05$) al aumentar la PC de la dieta, debido a que el largo y ancho del huevo cambiaron en forma directamente proporcional (Tabla 2). El IFH no cambió ($P > 0.05$) cuando se

estimó en el huevo de diferentes cruza de gallinas ponedoras (Prakash *et al.* 2020). El IFH varió de 76.3 a 78.3% entre gallinas comerciales (Moula *et al.* 2010), valores levemente superiores a los obtenidos en el presente estudio (Tabla 2). Además, al aumentar las variables longitud y ancho del huevo, se incrementaron ($p < 0.05$) el área y el volumen: 3.9 y 5.8%, respectivamente (Tabla 2); es decir, el huevo resultó más grande al aumentar la PC de la dieta.

Relación beneficio/costo

Alagawany *et al.* (2011) reportaron que la eficiencia económica fue mejor al pasar la PC de la dieta, de 16 a 18%, pero disminuyó cuando la PC de la dieta fue 20%. En este trabajo las relaciones B/C fueron: 1.45 ± 0.04 y 1.55 ± 0.04 , para las dietas con 16 y 18% PC, respectivamente, pero no fueron estadísticamente diferentes ($p > 0.05$). Lacadin y Humag (2016) obtuvieron una B/C de 1.9 usando una dieta maíz-pasta de soya con 17% de PC, relación mayor que las obtenidas en el presente trabajo. Winkler *et al.* (2017) no encontraron efectos económicos entre una dieta control con 14.74% de PC y una dieta

con 15.58% de PC, entre otras dietas. Probablemente la razón por la cual no se observan efectos económicos al aumentar la PC de la dieta es que el costo de los ingredientes proteicos es más alto que el de los ingredientes energéticos, y aunque aumente PorP, mejore la ConA y se produzcan huevos más grandes, el ingreso no supera al mayor costo de la dieta (De Persio *et al.* 2015). Además, en algunas estimaciones económicas, las ganancias se calculan por docena, el huevo tiende a ser más grande que el proveniente de las dietas con menos PC, y los precios de ingredientes y de huevo son variables (Winkler *et al.* 2017; Gunawardana *et al.* 2008).

CONCLUSIONES

Aumentar la proteína de 16 a 18% en la dieta para gallinas ponedoras de segundo ciclo, mejora el desempeño productivo y algunas características del huevo, tales como peso de clara, peso de yema y porcentaje de clara, disminuye el porcentaje de cascarón y no afecta la relación beneficio/costo.

LITERATURA CITADA

- Alagawany M, El-Hindawy MM, Ali AA, Soliman MM (2011) Protein and total sulfur amino acids relationship effect on performance and some blood parameters of laying hens. *Egyptian Journal of Nutrition and Feeds* 14: 477-487.
- Adeyemo GO, Abioye SA, Aderemi FA (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: 526-529.
- Avellaneda Y, Ariza-Nieto C, Afanador-Téllez G (2020) Crude glycerin and energy density of diets for growing, pre-lay and pre-peak Backcob Brown egg-laying hens. *Brazilian Journal of Poultry Science* 22(02). DOI: 10.1590/1806-9061-2019-1179.
- Barzegar S, Wu SB, Noblet J, Choct M, Swick RA (2019) Energy efficiency and net energy prediction of feed in laying hens. *Poultry Science* 98: 5746-5758.
- Bell D, Chase B, Douglass A, Hester P, Mench J, Newberry R, Shea-Moore M, Stanker L, Swanson J, Armstrong J (2004) UEP uses scientific approach in its establishment of welfare guidelines. *Feedstuffs* 76: 1-10.
- Bouyeh M, Gevorgian OX (2011) Influence of different levels of lysine, methionine and protein on the performance of laying hens after peak. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 10: 532-537.
- Carranco-Jáuregui ME, Carrillo-Domínguez S, Fuente-Martínez B, Ávila-González E, Solano ML (2017) Cambios de la fracción hidrosoluble de huevo de gallinas alimentadas con harina de camarón almacenado a

- diferentes tiempos y temperaturas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 8: 365-373.
- Castillo C, Cuca M, Pro A, González M, Morales E (2004) Biological and economic optimum level of calcium in white Leghorn laying hens. *Poultry Science* 83: 868-872.
- De Persio S, Utterback PL, Utterback CW, Rochell SJ, O'Sullivan N, Bregendahl K, Arango J, Parsons CM, Koelkebeck KW (2015) Effects of feeding diets varying in energy and nutrient density to Hy-Line W-36 laying hens on production performance and economics. *Poultry Science* 94: 195-206.
- Duman M, Şekeroğlu A, Yildirim A, Eleroğlu H, Camci Ö (2016) Relation between egg shape index and egg quality characteristics. *European Poultry Science* 80: 1-9.
- Etches RJ (1996) *Reproducción aviar*. Acribia. Zaragoza, España. 339p.
- García E (2004) Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía-UNAM. México. 90P.
- Gjorgovska N, Filev K, Levkov V, Kostadinov T, Jusufi E (2012) Egg production during the artificial moulting and a new laying cycle of aged hens. *Archiva Zootechnica* 15: 53-60.
- Gunawardana P, Roland DA, Bryant MM (2008) Effect of energy and protein on performance, egg components, egg solids, egg quality, and profits in molted Hy-Line W-36 hens. *Journal of Applied Poultry Research* 17: 432-439.
- Junqueira OM, Laurentiz AC, Silva FR, Rodriguez EA, Casartelli EM (2006) Effects of energy and protein levels on egg quality and performance of laying hens at early second production cycle. *Journal of Applied Poultry Research* 15: 110-115.
- Lacadin AL, Humag JJP (2016) Cattle stomach contents concentrate as supplemental lysine and methionine source for single combed white leghorn layers on plant protein-based diets. *International Journal of Science and Research* 5: 695-698.
- Laudadio V, Passantino L, Perillo A, Lopresti G, Passantino A, Khan UR, Tufarelli V (2012) Productive performance and histological features of intestinal mucosa of broiler chickens fed different dietary protein levels. *Poultry Science* 91: 265-270.
- Melo RD, Cruz FGG, Rufino JPF, Melo LD, Feijo JC, Oliveira Filho PA (2019) Performance and egg quality of laying hens evaluated in different periods postmolt. *Revista Científica de Avicultura e Suinocultura* 5: 54-62.
- Moula N, Moussiaux AN, Decuypere E, Farnir F, Mertens K, Baerdemaeker J, Leroy P (2010) Comparative study of egg quality traits in two Belgian local breeds and two comercial lines of chickens. *Archiv fur Geflugelkunde* 74: 164-171.
- Parenteau AI, Stevenson M, Kiarie GE (2020) Egg production and quality responses to increasing isoleucine supplementation in shaver white hens fed a low crude protein corn-soybean meal diet fortified with synthetic amino acids between 20 and 46 weeks of age. *Poultry Science* 99: 1444-1453.
- Pérez MJ, Cuca G JM, Ramírez VG, Carrillo DS, Pro MA, Ávila GE, Sosa ME (2019) Evaluation of two soybean soapstock in egg production and quality in Bovans hens. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 10: 283-297.
- Prakash J, Vipin, Kumar K, Pandey Y, Khumar KR (2020) Egg production and Egg Quality Characteristics in Direct and Reciprocal Crosses using CARI Nirbheek and CARI Shyama. *Journal of Animal Research* 10: 579-683.

- Rafeeq M, Rashid N, Awan MA, Tariq MM, Abbas F, Ahmed Z, Taj I (2013) Effect of forced molting on body characteristics and post-molting egg production performance of layers in Quetta, Pakistan. *Brazilian Journal of Poultry Science* 15: 347-352.
- Ramírez A, González J, Andrade V, Torres V (2016) Efecto de los tiempos de conservación a temperatura ambiente, en la calidad del huevo de gallinas camperas (*Gallus domesticus*) en la Amazonia Ecuatoriana. *Revista Electrónica de Veterinaria* 17: 1-17.
- Roberts RJ (2004) Factors affecting egg internal quality and egg shell quality in laying hens. *Journal of Poultry Science* 41: 161-177.
- Saki AA, Zamani P, Haghi M, Aliarabi H, Malecky M, Rahmatnejad E, Mirzale S (2015) Molecular aspects, blood parameters, bone mechanical properties, and performance of laying hens in response to various levels of methionine and protein. *Revue de Medecine Veterinaire* 166: 47-53.
- SAS (2011). Base SAS[®] 9.3 Procedures Guide. USA: SAS Institute. Cary, NC, USA. 528p.
- Sohail SS, Bryant MM, Voitle AR, Roland AD (2002) Influence of calsporin on commercial Leghorns. *Journal of Applied Poultry Research* 11: 379-387.
- Ukwu HO, Ezihe CO, Assa SK, Anyogo ME (2017) Effect of egg weight on external and internal egg quality traits of Isa Brown egg layer chickens in Nigeria. *Journal of Animal Science and Veterinary Medicine* 2: 126-132.
- Willems E, Decuypere E, Buyse J, Everaert N (2014) Importance of albumen during embryonic development in avian species, with emphasis on domestic chicken. *World's Poultry Science Journal* 70: 503-518.
- Winkler RL, Murphy MK, Hermes CJ (2017) Three hulls oat varieties show economic potential as organic layer feed grain. *Renewable Agriculture and Food Systems* 35: 418-431.
- Wu G, Gunawardana P, Bryant MM, Roland AD (2007) Effect of dietary energy and protein on performance, egg composition, egg solids, egg quality and profits of Hy-line W-36 hens during phase 2. *International Journal of Poultry Science* 6: 739-744.