

Mejoramiento de la calidad del cascarón con 25 hidroxicolecalciferol [25-(OH)D₃] en dietas de gallinas de primero y segundo ciclos

Miguel García Hernández*
René Morales López*
Ernesto Ávila González*
Ezequiel Sánchez Ramírez*

Abstract

In order to determine if the addition of 25-hydroxycholecalciferol [25-(OH)D₃] to layer diets improves egg shell quality, two experiments with both young and molted Isa Babcock B-300 layers were performed. A completely randomized design with a 2 × 2 factorial arrangement was used in both experiments. Treatments were as follows: Experiment 1 included: 1. High calcium level diet; 2. Like 1 plus 69 mg of pure 25-(OH)D₃ (equivalent to 2 000 000 UI of vitamin D₃) per ton; 3. Low calcium level diet and 4. Like 3 plus 69 mg of pure 25-(OH)D₃ per ton. Sorghum + soybean meal diets were employed for all treatments, and those with high calcium levels contained 3.75% calcium, 0.4% of available phosphorus (AP) and 16% of crude protein (CP), whereas low calcium level diets contained 4.1% calcium, 0.3% AP and 16% CP. In Experiment 2, high calcium level diets contained 3.75% calcium, 0.3% AP and 15% CP, whereas low calcium levels contained: 3.25% calcium, 0.25% AP and 15% CP. Results from Experiment 1 after 10 weeks showed significant differences among treatments ($P < 0.05$) in egg production and egg mass for low calcium diets. Egg shell thickness was better ($P < 0.05$) when 25-(OH)D₃ was added to the diet. Results from Experiment 2 after 10 weeks indicated that egg shell thickness was better ($P < 0.05$) when 25-(OH)D₃ was added. This information shows that when 25-hydroxycholecalciferol is added to diets containing vitamin D₃ on Isa Babcock B-300 layers and molted hen diets, egg shell quality is improved.

Key words: 25-HYDROXYCHOLECALCIFEROL, EGG SHELL THICKNESS, LAYERS AND MOLTED HENS.

Resumen

Con el propósito de estudiar si la adición extra a dietas de gallinas de postura con 25-hidroxicolecalciferol [25-(OH)D₃] mejora la calidad de cascarón del huevo, se realizaron dos experimentos con gallinas Isa Babcock B-300 de primero y segundo ciclos, se utilizaron diseños completamente aleatorizados, con arreglos factoriales 2 × 2. Los tratamientos fueron para el Experimento 1: 1. Dieta alta en calcio; 2. Como 1 + 69 mg de 25-(OH)D₃ puro (equivalente a 2 000 000 UI de vitamina D₃/ton; 3. Dieta baja en calcio y 4. Como 3 + 69 mg de 25-(OH) D₃ puro/ton, utilizando dietas, sorgo + soya con 3.75% de calcio, 0.40% de fósforo disponible (FD) y 16% de proteína y con 3.25% de calcio, 0.30% de FD y 16% de proteína. En el Experimento 2 las diferencias para las dietas fueron: altas en calcio, 4.10% de calcio, 0.30% de FD y 15% de proteína, y para las bajas en calcio, 3.25% calcio, 0.25% de FD y 15% de proteína. Los resultados obtenidos durante diez semanas (Experimento 1), mostraron diferencia

Recibido el 31 de octubre de 2000 y aceptado el 3 de mayo de 2001.

* Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, Salvador Díaz Mirón s/n, 13209, México, D.F.

estadística ($P < 0.05$) entre tratamientos en porcentaje de postura y la masa de huevo g/día con las dietas bajas en calcio. El grosor de cascarón fue mejor ($P < 0.05$) con la adición de 25-(OH) D_3 . Para el Experimento 2, después de 10 semanas, sólo se encontró diferencia estadística entre tratamientos en grosor de cascarón, que fue mejor ($P < 0.05$) con la adición de 25-(OH) D_3 . Esta información indica que la adición de 25-hidroxicolecalciferol con vitamina D_3 en la dieta mejora la calidad externa del huevo en gallinas Isa Babcock B-300 de primero y segundo ciclos de postura.

Palabras clave: 25-HIDROXICOLECALCIFEROL, GROSOR DE CASCARÓN, GALLINAS DE PRIMERO Y SEGUNDO CICLOS.

Introducción

En todos los países que poseen avicultura desarrollada, la proporción de huevos rotos o dañados accidentalmente supone como mínimo entre 7% y 8% del total producido.^{1,2} Esto último representa una pérdida económica significativa. Washburn² indicó que la ruptura del huevo en la postura promedia 3.5%, con rangos desde 0.3% a 8.2% durante la colecta y desde 1% a 11% durante su procesamiento. Las pérdidas durante la transportación promedian 1%.³

Debido a que la calidad del cascarón declina con la edad, se han realizado numerosos trabajos con el propósito de estudiar los factores y mecanismos relacionados con la formación del cascarón.⁴ Gran cantidad de investigaciones han sido realizadas para determinar el efecto que tienen los niveles de calcio en la alimentación de aves de postura.

La vitamina D_3 en dietas de aves es necesaria para que se absorba, transporte y utilice el calcio y el fósforo.⁵ Se ha demostrado que el metabolismo del colecalciferol (vitamina D_3) a 25 hidroxicolecalciferol es necesario para la actividad efectiva de esta vitamina. Esa observación estimuló la investigación acerca de los posibles beneficios de varios metabolitos de la vitamina D_3 cuando son adicionados al alimento de aves. Muchos trabajos informan que la adición de metabolitos de vitamina D_3 , mejoran la calidad del cascarón del huevo.⁶

El 25-hidroxicolecalciferol constituye una forma más activa que la vitamina D_3 , está reconocido como un complemento nutricional efectivo. La sustitución de 25-(OH) D_3 por D_3 en dietas de gallinas, ha demostrado un pequeño efecto pero consistente sobre la calidad del cascarón del huevo, en gallinas sexualmente maduras.⁷

En gallinas viejas de más de un ciclo de producción (144 contra 74 semanas de edad) se mejoró la resistencia del cascarón y la postura del huevo al utilizar la 25-(OH) D_3 , pero no en gallinas jóvenes.⁸

Este metabolito parece más adecuado para la industria avícola, ya que normalmente las dietas para gallinas sólo se complementan con vitamina D_3 , que

puede ser menos eficiente, debido a que esta vitamina requiere de la hidroxilación hepática para dar origen a la 25-(OH) D_3 . El 25-(OH) D_3 presenta una serie de ventajas sobre la utilización de vitamina D_3 . Por ejemplo el 25-(OH) D_3 presenta mejor absorción a nivel intestinal, ya que su absorción se da por difusión pasiva por ser más polar, mientras que el transporte de la vitamina D_3 involucra a las micelas. Una vez en el torrente sanguíneo la vitamina D_3 y el 25-(OH) D_3 se ligan a una proteína transportadora, la que presenta mayor afinidad por el 25-(OH) D_3 . En cuanto a la rapidez de secreción, la vitamina D_3 perdura menos tiempo en el organismo.^{9,10} Con relación a lo anterior, Eisman et al.¹¹ mencionan que los niveles séricos de 25-(OH) D_3 son un excelente indicador del estado o disponibilidad de la vitamina D_3 ; asimismo, Sunde et al.¹² observaron mejor incubabilidad al utilizar 25-(OH) D_3 que con 1,25-(OH) $_2D_3$.

Mucha de la información publicada muestra que el 25-(OH) D_3 es superior a la vitamina D_3 para lograr mejor grosor de cascarón y máxima incubabilidad; sin embargo, el costo de este metabolito había resultado prohibitivo para su uso en el ámbito comercial. En la actualidad su costo es más económico y se recomienda en bajas cantidades complementadas con vitamina D_3 , por lo que el propósito de este estudio fue generar información sobre el efecto de la adición de 25-(OH) D_3 en dietas ya complementadas con vitamina D_3 .

Material y métodos

Se realizaron dos experimentos con aves alojadas en jaulas. Para el primero se emplearon 240 gallinas de 32 semanas de edad y en el segundo, 128 de 82 semanas de edad de la línea Isa Babcock B-300. Las gallinas fueron distribuidas para cada experimento en cuatro tratamientos y cinco réplicas con grupos de 12 aves por réplica en el Experimento 1, con gallinas jóvenes y cuatro réplicas de ocho aves por réplica en el caso de las gallinas viejas en el Experimento 2.

Las gallinas se alimentaron en los dos experimentos con dietas tipo práctico sorgo + soya; en el Cuadro 1, se

observan las dietas de las gallinas jóvenes y la de las gallinas viejas.

En ambos experimentos se empleó un diseño completamente al azar, con arreglo factorial 2 × 2, como se señala a continuación: 1. Dieta alta en calcio; 2. Como 1 + 69 mg de 25-(OH)D₃ puro (HY-D)* / Ton; 3. Dieta baja en calcio; 4. Como 3 + 69 mg de 25-(OH)D₃ puro (HY-D) / Ton. Un factor fue el nivel de calcio y el otro la adición de 25-(OH)D₃.

Se puede observar en el Cuadro 1, que los niveles de calcio empleados en el Experimento 1 fueron de 3.25% en las dietas bajas en calcio y de 3.75% para las altas en

calcio. El Cuadro 1 muestra que para el Experimento 2, los niveles de calcio fueron de 3.25% y 4.1%, respectivamente; correspondiendo los primeros valores a lo recomendado por el NRC** en 1994 y los últimos a lo sugerido por la casa productora de la estirpe. También se puede notar que las dietas contenían 2.75 millones de UI de vitamina D₃ por tonelada de alimento.

El alimento y el agua se proporcionaron ad libitum. La duración de cada experimento fue de diez semanas. El Experimento 1 se inició cuando las gallinas tenían 32 semanas de edad y el Experimento 2 cuando las gallinas tenían 82 semanas de edad, momento en que recibieron

Cuadro 1
COMPOSICIÓN DE LAS DIETAS BASALES EMPLEADAS EN LAS GALLINAS DE PRIMER Y SEGUNDO CICLOS

Ingredientes	Gallinas de primer ciclo		Gallinas de segundo ciclo	
	Alta en calcio (kg)	Baja en calcio (kg)	Alta en calcio (kg)	Baja en calcio (kg)
Sorgo	611.25	640.40	639.73	680.00
Pasta de soya	246.89	241.71	221.02	212.50
Aceite vegetal mixto	22.46	14.97	18.88	12.21
Carbonato de calcio	96.95	85.45	102.28	80.41
Ortofosfato	10.30	5.24	6.29	3.05
Sal	4.00	4.00	3.95	3.93
DL-Metionina	1.55	1.53	1.50	1.48
Premezcla vitamínica*	2.50	2.50	2.50	2.50
Premezcla mineral*	1.00	1.00	1.20	1.20
Cloruro de colina 60%	0.50	0.50	0.50	0.50
L-Lisina HCL	0.35	0.45	–	0.07
Fungicida	0.50	0.50	0.50	0.50
Antioxidante	0.25	0.25	0.25	0.25
Avired**	0.50	0.50	0.50	0.50
Avelut **	1.00	1.00	1.00	1.00
Total	1 000	1 000	1 000	1 000
Nutrientos	Análisis calculado			
Proteína (%)	16.00	16.00	15.00	15.00
EM kcal/kg	2 800	2 800	2 800	2 800
Calcio (%)	3.75	3.25	4.10	3.25
Fósforo disponible (%)	0.40	0.30	0.30	0.25
Lisina (%)	0.82	0.82	0.72	0.72
Metionina (%)	0.38	0.38	0.38	0.38
Met + Cistina (%)	0.68	0.68	0.65	0.65

* Vitaminas y minerales por kg vitamina A (4 000 MUI), vitamina D₃ (1 000 MUI), vitamina E (4 000 MUI), vitamina K₃ (0.9 g), vitamina B₁ (0.5 g), vitamina B₂ (2.0 g), vitamina B₆ (0.5 g), vitamina B₁₂ (4.0 mg), ácido fólico (0.2 g), biotina (20.0 mg), ácido pantoténico (6.0 g), niacina (0.9 g), hierro (110 g), zinc (50 g), manganeso (110 g), cobre (12 g), yodo (0.30 g), selenio (100 mg), cobalto (0.20 g), antioxidante (10 g).

** Avelut (xantófilas de flor de cempazúchil) y Avired (xantófilas de Capsicum), cortesía de Pigmentos Vegetales del Centro, S.A de C.V.

* Equivalente a dos millones de UI de vitamina D₃. Marca comercial de ADM. Animal Health & Nutrition. División de Archer Daniels Midland Company.

** National Research Council: Nutrient requirements of poultry. 8th ed. National Academy of Sciences. Washington, D.C., 1994.

cada grupo de gallinas, las dietas experimentales correspondientes y así continuar hasta el final del trabajo.

En ambos experimentos, cada semana de las diez de duración, se resumieron los datos diarios de porcentaje de postura, peso del huevo, consumo de alimento semanal, conversión alimentaria y masa de huevo.

Otras variables estudiadas fueron la calidad interna y externa del huevo. Todos los huevos ovopositados fueron recolectados a las cinco y diez semanas, momento en que se realizaron las mediciones de la calidad interna del huevo; esta medición, que se considera destructiva, se realizó en tres huevos por réplica de cada tratamiento durante los tres últimos días de experimentación.

Se emplearon huevos frescos con no más de 12 horas de haber sido ovopositados, este procedimiento incluyó el pesado del huevo individual en una báscula electrónica, abrirlo y extenderlo sobre una superficie plana y lisa, para determinar con un calibrador triploide* la altura de la albúmina densa en su parte más elevada (la más cercana a la yema).¹³ Teniendo estos datos del peso y la altura de la albúmina densa, se procedió a obtener las unidades Haugh.^{13,14} El color fue medido por medio de un colorímetro de reflectancia.**

La medición del grosor del cascarón se realizó con un micrómetro;*** el grosor fue medido en la región del ecuador del huevo,¹³ dejando las membranas del cascarón en tres huevos por réplica de cada tratamiento.

Cuadro 2
EFECTO DEL 25-(OH)D₃ SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO
EN GALLINAS DE PRIMER CICLO (EXPERIMENTO 1)

	25-(OH)D ₃		Promedio ± EEM
	-	+	
	% postura		
Calcio			
Alto	81.1	80.4	80.8 ^a ± 0.69
Bajo	82.6	84.3	83.4 ^b ± 0.82
Promedio ± EEM	81.8 ^a ± 0.86	82.3 ^a ± 0.88	
	Peso de huevo g		
Calcio			
Alto	60.5	60.2	60.3 ^a ± 0.46
Bajo	60.9	61.1	61.0 ^a ± 0.34
Promedio ± EEM	60.7 ^a ± 0.44	60.6 ^a ± 0.39	
	Masa de huevo/ave/día g		
Calcio			
Alto	49.1	48.1	48.6 ^a ± 0.69
Bajo	50.3	50.9	50.6 ^b ± 0.56
Promedio ± EEM	49.7 ^a ± 0.68	49.4 ^a ± 0.74	
	Consumo de alimento/ave/día g		
Calcio			
Alto	100.1	98.6	99.3 ^a ± 1.45
Bajo	100.5	96.6	98.5 ^a ± 1.76
Promedio ± EEM	100.3 ^a ± 0.77	97.6 ^a ± 2.06	
	Índice de conversión		
Calcio			
Alto	2.072	2.100	2.086 ^a ± 0.042
Bajo	2.024	1.998	2.011 ^a ± 0.030
Promedio ± EEM	2.048 ^a ± 0.029	2.049 ^a ± 0.046	

^{a, b} Valores con distinta letra son diferentes (P < 0.05).

* Marca Ames.

** Minolta R-300.

*** Marca Ames.

Cuadro 3
EFECTO DEL 25-(OH)D₃ SOBRE LA CALIDAD INTERNA Y EXTERNA DEL HUEVO EN GALLINAS DE PRIMER CICLO (EXPERIMENTO 1)

	25-(OH)D ₃		Promedio ± EEM
	-	+	
Unidades Haugh			
Calcio			
Alto	99.5	99.2	99.4 ^a ± 0.91
Bajo	101.0	99.4	100.2 ^a ± 1.20
Promedio ± EEM	100.2 ^a ± 0.77	99.3 ^a ± 1.25	
Luminosidad			
Calcio			
Alto	59.4	62.4	60.9 ^a ± 0.36
Bajo	63.1	61.9	62.5 ^a ± 0.40
Promedio ± EEM	61.2 ^a ± 0.62	62.2 ^a ± 0.50	
Amarillamiento			
Calcio			
Alto	50.6	50.7	50.6 ^a ± 0.95
Bajo	50.6	49.4	50.1 ^a ± 0.88
Promedio ± EEM	50.6 ^a ± 0.92	50.1 ^a ± 0.97	
Enrojecimiento			
Calcio			
Alto	3.2	3.5	3.3 ^a ± 0.08
Bajo	3.5	3.2	3.3 ^a ± 0.09
Promedio ± EEM	3.4 ^a ± 0.07	3.3 ^a ± 0.08	
Grosor de cascarón micras			
Calcio			
Alto	348	367	358 ^a ± 0.005
Bajo	366	362	349 ^a ± 0.008
Promedio ± EEM	342 ^a ± 0.007	365 ^b ± 0.0035	

^{a,b} Valores con distinta letra son diferentes (P < 0.05).

Los datos promedio de las variables en estudio fueron sometidos a un análisis de varianza, conforme al diseño utilizado en cada experimento.

Resultados

Experimento 1

Los resultados obtenidos en 70 días de experimentación para las variables productivas evaluadas (peso promedio del huevo, porcentaje de postura, consumo de alimento, conversión alimentaria y masa de huevo) se encuentran resumidos en el Cuadro 2. El análisis estadístico de los datos de peso promedio

del huevo, índice de conversión y consumo de alimento no mostró diferencia estadística (P > 0.05) a niveles de calcio o a la adición de 25-(OH)D₃. Sin embargo, la producción de huevo y la masa de huevo por ave en gramos por día, fueron mejores con las dietas bajas en calcio (P < 0.05). En el grosor del cascarón (Cuadro 3), se encontró diferencia estadística (P < 0.05) a la adición en las dietas con 25-hidroxicalciferol. Para las unidades Haugh no se encontró diferencia estadística (P > 0.05) debido a niveles de calcio o adición de 25-(OH)D₃. Tampoco existió efecto a niveles de calcio o 25-(OH)D₃ en el color de la yema al ser medido el amarillamiento, enrojecimiento y la luminosidad.

Cuadro 4			
EFECTO DEL 25-(OH)D ₃ SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO EN GALLINAS DE SEGUNDO CICLO (EXPERIMENTO 2)			
	25-(OH)D ₃		
	-	+	
	% postura		
Calcio			Promedio ± EEM
Alto	76.8	73.4	75.1 ^a ± 2.56
Bajo	73.3	75.3	74.3 ^a ± 1.80
Promedio ± EEM	75.1 ^a ± 3.00	75.3 ^a ± 0.88	
	Peso de huevo g		
Calcio			Promedio ± EEM
Alto	63.4	63.2	63.3 ^a ± 0.67
Bajo	63.6	63.4	63.5 ^a ± 0.55
Promedio ± EEM	63.5 ^a ± 0.74	63.3 ^a ± 0.45	
	Masa de huevo/ave/día g		
Calcio			Promedio ± EEM
Alto	48.7	46.4	47.5 ^a ± 1.73
Bajo	46.7	47.7	47.2 ^a ± 1.32
Promedio ± EEM	47.7 ^a ± 2.07	47.1 ^a ± 0.67	
	Consumo de alimento/ave/día g		
Calcio			Promedio ± EEM
Alto	117.1	109.2	113.1 ^a ± 2.65
Bajo	107.1	112.4	109.7 ^a ± 1.35
Promedio ± EEM	112.1 ^a ± 2.05	110.8 ^a ± 1.82	
	Índice de conversión		
Calcio			Promedio ± EEM
Alto	2.457	2.570	2.513 ^a ± 0.097
Bajo	2.335	2.417	2.376 ^a ± 0.068
Promedio ± EEM	2.396 ^a ± 0.095	2.493 ^a ± 0.075	

^a Valores con la misma letra son iguales (P > 0.05).

Experimento 2

En las gallinas viejas, el análisis estadístico de los datos del Cuadro 4 para peso promedio del huevo, porcentaje de postura, índice de conversión, consumo de alimento y masa de huevo no mostraron diferencias estadísticas (P > 0.05) debido a niveles de calcio o adición de 25-hidroxicolecalciferol. Como se aprecia en el Cuadro 5, el grosor del cascarón fue mejor (P < 0.097) con las dietas altas en calcio. También se puede apreciar que el grosor del cascarón fue mayor (P < 0.05) con la adición de 25-(OH)D₃.

Para las unidades Haugh y color de la yema (Cuadro 5), para enrojecimiento, amarillamiento y luminosidad no se encontró diferencia estadística (P > 0.05) debido a niveles de calcio o 25-hidroxicolecalciferol.

Discusión

La adición de 25-(OH)D₃ no tuvo efecto favorable sobre las variables productivas: porcentaje de postura, peso del huevo, índice de conversión, consumo de alimento, unidades Haugh y color de la yema en las gallinas de primero y segundo ciclos. Estos datos son similares a los obtenidos por McLoughlin y Soares,¹⁵ Piolin y Ringer¹⁶ y Hamilton,⁸ quienes mencionan que no encontraron diferencias significativas entre tratamientos acerca de los parámetros productivos cuando se adiciona 25-hidroxicolecalciferol a la dieta de gallinas. Sin embargo, con respecto a la calidad externa del huevo en las gallinas del primer ciclo, se mejoró el grosor del cascarón (P < 0.05) a la adición en las dietas con 25-

hidroxicolecalciferol. Estos datos son similares a los obtenidos por Marret et al.,⁷ quienes proporcionaron alimentos con niveles de calcio de 3.5% y 4.0% adicionados con 25-(OH)D₃ y observaron un mejoramiento en la deposición de calcio y, por lo tanto, un aumento en el grosor del cascarón del huevo en las gallinas alimentadas con dietas adicionadas con vitamina D₃.

En las gallinas de segundo ciclo el grosor del cascarón fue mejor (P < 0.097) con las dietas altas en calcio, explicable por el mayor requerimiento de estos animales. También se puede apreciar que el grosor del cascarón fue mayor (P < 0.05) con la adición de 25-(OH)D₃. Estos datos son similares a los señalados por Soares et al.¹⁰ y Abe et al.¹⁷ quienes mencionan que hay un mejoramiento en la calidad del cascarón cuando se proporcionan dietas con 3.85% de calcio en gallinas viejas. Charles y Ernest¹⁸ mencionan que se mejoró la calidad del cascarón, sobre todo en gallinas viejas,

cuando se adiciona 25-hidroxicolecalciferol a dietas que contenían 3.6% de calcio. McLoughlin y Soares¹⁵ encuentran que hubo un incremento (P < 0.05) sobre el grosor del cascarón en dietas con 3.5% de calcio adicionando con 25-(OH)D₃. Charles et al.¹⁹ observaron que hubo un mejoramiento en la calidad del cascarón cuando se adiciona 25-(OH)D₃ a la dieta que contiene un nivel de 3.5% de calcio, aunque también mencionan que un nivel de 5% de calcio mejoró la calidad del cascarón. Piolin y Ringer¹⁶ informan que el grosor del cascarón mejora cuando el nivel de calcio es de 3.9%. Hamilton⁸ señala que el mejoramiento del cascarón ocurre cuando se adiciona a la dieta 3.52% de calcio y 25-(OH)D₃. En el caso de las gallinas de segundo ciclo, esta mejoría fue evidente no obstante que las aves habían sido sometidas a una muda forzada a las 60 semanas de edad, práctica que se realiza en el ámbito comercial para mejorar la calidad del cascarón.

Cuadro 5
EFECTO DEL 25-(OH)D₃ SOBRE LA CALIDAD INTERNA Y EXTERNA DEL HUEVO EN GALLINAS DE SEGUNDO CICLO (EXPERIMENTO 2)

	25-(OH)D ₃		Promedio ± EEM
	-	+	
Unidades Haugh			
Calcio			
Alto	88.2	92.2	90.2 ^a ± 1.40
Bajo	92.5	91.5	92.1 ^a ± 0.76
Promedio ± EEM	90.3 ^a ± 1.24	91.8 ^a ± 1.03	
Luminosidad			
Calcio			
Alto	65.1	65.3	65.2 ^a ± 0.55
Bajo	65.3	65.3	65.3 ^a ± 0.47
Promedio ± EEM	65.2 ^a ± 0.71	65.3 ^a ± 0.68	
Amarillamiento			
Calcio			
Alto	48.7	48.7	48.7 ^a ± 1.01
Bajo	49.4	49.7	49.6 ^a ± 0.89
Promedio ± EEM	49.1 ^a ± 1.14	49.2 ^a ± 1.16	
Enrojecimiento			
Calcio			
Alto	4.7	4.2	4.5 ^a ± 0.13
Bajo	4.5	5.2	4.8 ^a ± 0.17
Promedio ± EEM	4.6 ^a ± 0.11	4.7 ^a ± 0.09	
Grosor de cascarón micras			
Calcio			
Alto	371	383	377 ^A ± 0.0056
Bajo	351	382	366 ^B ± 0.0060
Promedio ± EEM	361 ^a ± 0.0058	382 ^b ± 0.0031	

^{A,B} Valores con distinta letra son diferentes (P < 0.097).

^{a,b} Valores con distinta letra son diferentes (P < 0.05).

Con respecto a los resultados obtenidos en este estudio, se puede decir que en investigaciones realizadas utilizando 25-(OH)D₃ en gallinas jóvenes y gallinas viejas, se encontró un efecto benéfico sobre el grosor del cascarón, cuando las aves recibieron el 25-(OH)D₃ en dietas altas y bajas en calcio. Este efecto es debido a que el 25-(OH)D₃ es un metabolito más activo que la vitamina D₃ y favorece el transporte de calcio a nivel intestinal, así como la movilización de calcio del hueso,²⁰ además de que muchos estudios indican que tiene una actividad antirraquítica mayor en 1.4 veces más que la vitamina D₃ en aves.²¹

De los resultados obtenidos bajo las condiciones empleadas, se puede concluir que la adición extra a dietas tipo comercial que contenían vitamina D₃ de 25-hidroxicolecalciferol a razón de 69 mg por tonelada, lo equivalente a dos millones de UI de vitamina D₃ mejoró el grosor del cascarón del huevo en gallinas Isa Babcock B-300 de 32 y 82 semanas de edad, resultando de esta manera una alternativa viable para mejorar la producción.

Referencias

1. Sauveur B. El huevo para consumo bases productivas. Versión española de Buxade C. Madrid, España; Mundi-Prensa Aedo-INRA, 1993.
2. Washburn KW. Incidence, cause, and prevention of egg shell breakage in commercial production. *Poultry Sci* 1982; 61: 2005-2012.
3. Carey BJ. Factores que influyen en la calidad del cascarón. Memorias de la XXIII Convención Anual ANECA; 1998 mayo 6-9; Puerto Vallarta (Jal) México. México (DF): Asociación Nacional de Especialistas en Aves, S.A. de C.V., 1998: 19-23.
4. Cuca GC, Ávila GE, Pró MA. Alimentación de las aves. 8a ed. Chapingo, Estado de México: Universidad Autónoma de Chapingo, 1996.
5. Frost TJ, Roland DA. Influence of vitamin D₃, 1 alfa-hydroxyvitamin D₃, and 1,25-hydroxyvitamin D₃ on eggshell quality, tibia strength, and various production parameters in commercial laying hens. *Poultry Sci* 1990; 69: 2008-2016.
6. Harms HR, Bootwalla SM, Woodward SA, Wilson HR. Some observations on the influence of vitamin D metabolites when added to the diet of commercial laying hens. *Poultry Sci* 1990; 69: 426-432.
7. Marret LE, Frank FR, Zimbelman RG. 25-hydroxycholecalciferol as a dietary replacement of D₃ to improve egg shell calcification. *Poultry Sci* 1975; 54: 1788-1795.
8. Hamilton RMG. The effect of dietary phosphorus, vitamin D₃, and 25-hydroxyvitamin D₃ levels on feed intake, productive performance, and egg and shell quality in two strains of force-molted white Leghorn. *Poultry Sci* 1980; 59: 598-604.
9. Nechama HD, Harell NA, Edelstein SH. The intestinal absorption of vitamin D and its metabolites. *J Molec Med* 1977; 2: 413-422.
10. Soares JH, Kerr JM, Gray RW. Reviews: 25-hydroxycholecalciferol in poultry nutrition. *Poultry Sci* 1995; 74: 1919-1934.
11. Eisman JA, Hamstra AJ, Kream BE, De Luca HF. A sensitive, precise and convenient method for detection of 1,25-hydroxyvitamin D in human plasma. *Arch Biochem Biophys* 1976; 176: 235-243.
12. Sunde ML, Turk CM, DeLuca HF. The essentiality of vitamin D metabolites for embryonic development. *Poultry Sci* 1978; 200: 1067-1069.
13. Quintana JA. Avitecnia: manejo de las aves domésticas más comunes. 3ª ed. México (DF): Trillas, 1999.
14. Um JS, Paik JK. Effects of microbial phytase supplementation on egg production, eggshell quality, and mineral retention of laying hens fed different levels of phosphorus. *Poultry Sci* 1999; 78: 75-79.
15. McLoughlin CP, Soares JH. A study on the effects of 25-hydroxycholecalciferol and calcium source on egg shell quality. *Poultry Sci* 1976; 55: 1400-1410.
16. Piolin D, Ringer RK. 25-hydroxy-D₃, vitamin D₃ and graded levels of phosphorus: effect on egg production and shell quality. *Feedstuffs* 1997; 49: 41,43.
17. Abe E, Horikawa H, Masumura T, Sugahara M, Kubota M, Suda T. Disorders of cholecalciferol metabolism in old egg-laying hens. *J Nutr* 1982; 112: 436-446.
18. Charles OW, Ernest RA. Effect of age, calcium levels, and vitamin D metabolites on egg shell quality of SCWL. *Poultry Sci* 1973; 52: 1908-1915.
19. Charles OW, Duke S, Reddy B. Further studies on the response of laying hens to 25 hydroxycholecalciferol. *Poultry Sci* 1978; 57: 1098-1099.
20. James L, McNaughton H, Elbert J, Day C. The chick's requirement for 25-hydroxycholecalciferol and cholecalciferol. *Poultry Sci* 1977; 56: 511-516.
21. Jassen WMMA, Versteegh HAJ, Van Schangen PJW. Influence of stabilized 25-hydroxycholecalciferol on the performance of laying hens and on the egg shell quality. *Arch Geflügelkd* 1981; 45: 194-200.