

Comportamiento productivo, calidad de cáscara y calidad interna del huevo de codornices (*Coturnix coturnix*) alimentadas con inulina en dietas normales o bajas en calcio

Productive performance, shell quality and internal quality of eggs of quails (*Coturnix coturnix*) fed with inulin in normal or low calcium diets

Alejandra Coronado Ibarra¹, Carlos Vélchez-Perales¹, Otto Zea Mendoza^{1*}

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la adición de inulina en dietas con niveles normales y bajos en calcio sobre la respuesta productiva, la calidad de cáscara y calidad interna del huevo en codornices de postura de 10 semanas de edad. Se emplearon 64 codornices (*Coturnix coturnix japonica*), distribuidas en 4 tratamientos con 4 repeticiones y 4 aves por repetición. Los tratamientos fueron: T1, dieta basal con niveles normales de calcio (3.16%) sin inulina; T2, dieta basal con niveles normales de calcio y con inulina (0.5%); T3, dieta basal con niveles bajos de calcio (2.37%) y sin inulina, y T4, dieta basal con niveles bajos de calcio y con inulina (0.5%). El periodo experimental tuvo una duración de seis semanas más un periodo previo de acostumbramiento de dos semanas. El alimento, en forma de harina, y el agua fue ofrecido *ad libitum*. Se registró semanalmente el consumo de alimento, la conversión alimenticia y diariamente el porcentaje de postura y la mortalidad. El último día del experimento se colectaron cuatro huevos por

¹ Departamento Académico de Nutrición, Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú

* E-mail: ottozea@lamolina.edu.pe

Recibido: 17 de julio de 2022

Aceptado para publicación: 17 de enero de 2023

Publicado: 27 de febrero de 2023

©Los autores. Este artículo es publicado por la Rev Inv Vet Perú de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original

cada tratamiento para evaluar la calidad interna y externa de los huevos. Los resultados no mostraron diferencias significativas entre el tratamiento bajo en calcio con inulina y el tratamiento con nivel normal de calcio e inulina, en tanto que el nivel de calcio tuvo efecto significativo sobre el consumo de alimento. La inulina influyó el índice de forma del huevo, siendo mayor con un valor de 0.5% de inulina. En cuanto a la calidad interna del huevo, se obtuvo menores valores en el diámetro de yema con un nivel de 2.37 % de calcio. En conclusión, la adición de inulina al 0.5% en dietas bajas en calcio obtiene parámetros de producción similares a dietas con niveles normales en calcio.

Palabras clave: inulina, calcio, codornices de postura, calidad de cáscara, calidad interna de huevo

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of adding inulin to diets with normal and low calcium levels on the productive response, shell quality, and internal egg quality in 64 10-week-old laying quail (*Coturnix coturnix japonica*). The quails were distributed in 4 treatments with 4 repetitions and 4 birds per repetition. The treatments were: T1, basal diet with normal calcium levels (3.16%) without inulin; T2, basal diet with normal calcium levels and with inulin (0.5%); T3, basal diet with low calcium levels (2.37%) and without inulin, and T4, basal diet with low calcium levels and with inulin (0.5%). The experimental period lasted six weeks plus a two-week adaptation period. Feed, in the form of a meal and water were offered *ad libitum*. Feed consumption and feed conversion were recorded weekly and laying percentage and mortality were done daily. On the last day of the experiment, four eggs were collected for each treatment to evaluate the internal and external quality. The results did not show significant differences between the low calcium with inulin treatment and the normal calcium and inulin treatment, while the calcium level had a significant effect on feed intake. Inulin influenced the egg shape index, being higher with a value of 0.5% inulin. Regarding the internal quality of the egg, lower values were obtained in the yolk diameter with a level of 2.37% of calcium. In conclusion, the addition of 0.5% inulin in low calcium diets obtains production parameters similar to diets with normal calcium levels.

Key words: inulin, calcium, laying quail, shell quality, internal egg quality

INTRODUCCIÓN

La crianza de codornices de postura viene cobrando cada vez más interés debido al bajo costo que implica iniciar con un negocio de producción de huevos de esta especie, además de su rusticidad (Acuña y Cristanto, 2016). Se han realizado estudios sobre cómo mejorar la salud intestinal de las aves, incluyendo el uso de promotores de crecimiento. Sin embargo, debido a su inadecuado empleo

se ha prohibido su administración en muchos países, necesitándose la incorporación de otros aditivos que regulen la microbiota del intestino y conserven su salud, tales como los prebióticos (Muaz *et al.*, 2018).

Los prebióticos son aditivos fibrosos comúnmente relacionados a la salud intestinal, interviniendo además en la absorción de minerales como el calcio, propiedad atractiva en aves ponedoras, al presentar una alta demanda del mineral durante la formación del

huevo (Chipao, 2014; Corzo *et al.*, 2015). Así, por ejemplo, algunos trabajos realizados en aves con el uso de prebióticos demostraron un efecto positivo en los parámetros productivos y salud ósea. Shang *et al.* (2019), al agregar 1.5 % de inulina al agua de bebida de gallinas ponedoras reportaron una mejora en la producción de huevos; sin embargo, otros autores como Zea *et al.* (2019) no hallaron tal efecto benéfico, al no encontrar una mejora en la mineralización del hueso del tibiotarso al suplementar a pollos de 1 a 21 días con goma de tara al 0.1%. Tampoco, Pérez *et al.* (2014) hallaron un cambio significativo en la cáscara del huevo al adicionar un prebiótico en el agua de bebida en gallinas ponedoras.

Aunque los trabajos encontrados sobre el efecto de los prebióticos en la absorción de calcio y consecuente mejor mineralización ósea no son concluyentes, algunos autores señalan a la inulina como el prebiótico que presenta mejor efecto sobre la absorción de calcio (Lavanda *et al.*, 2011). Por otro lado, se reconoce en trabajos como el de Houshmand *et al.* (2011) que el mejor efecto de los prebióticos sobre la mineralización ósea se consigue solamente cuando las dietas no cubren los requerimientos de este mineral, mediante un mayor uso de la absorción paracelular sobre la transcelular de calcio.

Las propiedades de prebióticos como la inulina ameritan ser corroborada en estudios experimentales que comprueben su importancia en la absorción de calcio. Para esto, se podría utilizar a la codorniz como animal modelo para mantener la producción de huevos de buena calidad y conservar la salud ósea del ave. Por tanto, el presente estudio tuvo como objetivo determinar el efecto de la inulina en el metabolismo del calcio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de Estudio

El trabajo experimental y el sacrificio de los animales se llevó a cabo en las instalaciones de la Granja de Aves de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima, Perú. El procesamiento de las muestras se realizó en el Laboratorio de Investigación en Nutrición y Alimentación de Aves (LINAA) de la UNALM. El periodo experimental tuvo una duración de seis semanas y un periodo previo de acostumbramiento de dos semanas.

Animales

Se emplearon 64 codornices hembra de la subespecie *Coturnix coturnix japonica*, de 10 semanas de edad. Las aves fueron distribuidas al azar en 4 tratamientos de 16 codornices cada uno. Cada tratamiento constó de 4 repeticiones con 4 codornices por repetición. La unidad experimental estuvo conformada por cuatro jaulas con una codorniz en cada jaula.

Los tratamientos fueron: T1, dieta con 3.16% de calcio y 0% de inulina; T2, Dieta con 3.16% de calcio y 0.5% de inulina; T3, dieta con 2.37% de calcio y 0% de inulina; T4, dieta con 2.37% de calcio y 0.5% de inulina. Las aves se dispusieron en dos baterías móviles de cinco pisos, hechas de alambre galvanizado. Cada piso constó de cinco jaulas individuales con un comedero de metal y un bebedero automático plástico tipo copa por jaula.

Las dietas experimentales fueron formuladas de acuerdo con los requerimientos nutricionales indicados en las Tablas Brasileñas para Aves y Cerdos (Rostagno, 2017) para codornices en la etapa de postura, usando el

Cuadro 1. Composición porcentual y valor nutricional de las dietas experimentales

	Tratamientos ¹			
	T1	T2	T3	T4
Maíz	56.663	56.140	60.880	60.370
Torta de soya	30.710	30.750	29.920	29.959
Carbonato de calcio	7.290	7.290	5.220	5.210
Aceite vegetal	2.994	3.059	1.640	1.704
Fosfato dicálcico	1.091	1.091	1.084	1.084
Sal común	0.365	0.360	0.364	0.364
DL Metionina	0.358	0.358	0.353	0.353
HCL Lisina	0.220	0.220	0.236	0.236
Cloruro de colina 60	0.100	0.100	0.100	0.100
Premezcla vitaminas + minerales ²	0.100	0.100	0.100	0.100
Inulina	0.000	0.500	0.000	0.500
L treonina	0.041	0.041	0.043	0.043
L triptófano	0.028	0.028	0.029	0.029
Antioxidante	0.020	0.020	0.020	0.020
Secuestrante	0.020	0.020	0.020	0.020
Valor Nutricional (calculado)				
Energía metabolizable, kcal kg ⁻¹	2800	2800	2800	2800
Proteína bruta, %	19.00	19.00	19.00	19.00
Fibra cruda, %	2.70	2.74	2.70	2.74
Calcio, %	3.16	3.16	2.37	2.37
Fósforo disponible, %	0.33	0.33	0.33	0.33
Lisina disponible, %	1.11	1.11	1.11	1.11
Metionina disponible, %	0.64	0.64	0.64	0.64
Met + Cis disponible, %	0.91	0.91	0.91	0.91
Treonina disponible, %	0.68	0.68	0.68	0.68
Triptófano disponible, %	0.23	0.23	0.23	0.23
Sodio, %	0.16	0.16	0.16	0.16

¹ T1: dieta basal (control), T2: dieta basal con inulina (0.5%), T3: dieta baja en calcio (2.37%) sin inulina, T4: dieta baja en calcio (2.37%) con inulina (0.5%)

² Vitamina A, 12 000 000 UI; Vitamina D, 2 500 000 UI; Vitamina E, 30 000 UI; Vitamina B₂, 5500 g; Vitamina B₆, 3000; Vitamina B₁₂, 0.015 g; Vitamina K₃, 3 g; Vitamina B₉, 1 g; Vitamina B₃, 30 g; Vitamina B₅, 11 g; Vitamina B₈, 0.15 g; Zinc, 45 g; Hierro, 80 g; Manganeso, 65 g; Cobre, 8 g; Yodo, 1 g; Selenio, 0.15 g; excipientes 1000 g

programa Mixit 2.0. La preparación de las dietas se realizó en la Planta de Alimentos Balanceados del Programa de Investigación y Proyección Social en Alimentos de la Facultad de Zootecnia de la UNALM. El alimento y el agua se suministraron *ad libitum*.

En el Cuadro 1 se muestra la composición, los valores nutricionales calculados y de los nutrientes de las dietas experimentales.

Los niveles de inulina de 0.5% fueron tomados de Lavanda *et al.* (2011). Los niveles bajos de calcio fueron considerados como 25% menor al nivel normal de calcio, tal y como se hizo en otros estudios (Costa *et al.*, 2010; Houshmand *et al.*, 2011). El producto de inulina fue Orafiti®Synergy1 (BENEIO, Alemania), el cual es una combinación de 92% de inulinas de diferente grado de polimerización (GP) de cadena largas (GP

e»10; 50%) y cortas conocidas como oligofructuosas (GP 3-9; 50%) y un 8% de glucosa, fructosa y sacarosa. El alimento fue ofrecido *ad libitum*, y el agua se encontraba disponible en bebederos automáticos tipo copa.

Diseño Experimental

Los huevos eran recogidos y pesados de acuerdo con los tratamientos, y colocados en recipientes de plásticos. Asimismo, se limpiaba el galpón y se revisaban las bandejas en donde caían las heces con la finalidad de detectar posibles sangrados, diarreas de las aves o huevos en fáfara. El porcentaje de postura, peso de huevos y masa de huevos fue tomado de forma diaria, mientras que el consumo de alimento, conversión alimentaria y mortalidad se realizó de forma semanal. Se trabajó con una balanza electrónica con capacidad de 1 kg para el pesado del alimento y sus residuos. Se realizó la necropsia en las aves muertas.

El último día del experimento se recolectaron cuatro huevos por repetición para realizar las mediciones de calidad externa e interna del huevo. Los huevos fueron pesados y medidos (largo y ancho) y los valores fueron registrados de acuerdo con el tratamiento, repetición y unidad experimental. Asimismo, se determinó la gravedad específica de cada huevos en baldes de 20 L de capacidad y con ayuda de densímetro se comprobó la medida de densidad del contenido del balde. Los huevos fueron lavados y secados. Se separaron las cáscaras del contenido interno del huevo (albumen y yema). En la medición del largo y ancho del huevo, diámetro del albumen total y denso, diámetro de la yema, altura del albumen denso, altura de yema y grosor de cáscara se usó un vernier electrónico con capacidad máxima de 15 cm y una aproximación de 0.05 mm. Las cáscaras fueron lavadas removiendo las membranas internas y retirando los residuos de albumen, colocadas en bandejas porta huevos y guardadas por tres días, donde una vez secas

se hicieron las mediciones correspondientes a la cáscara con la ayuda de un vernier y una balanza.

Los parámetros para evaluar la calidad externa del huevo fueron el peso, largo y ancho del huevo, el grosor de cáscara y la gravedad específica, en tanto que los indicadores de calidad externa fueron el índice de la forma del huevo y el área superficial del huevo. El índice de la forma del huevo se calculó dividiendo el ancho de huevo (mm) sobre el largo de huevo (mm) multiplicando el resultado por 100. Para el área superficial del huevo se empleó la fórmula: $ASH = 3.9782 \times W^{0.75056}$, donde ASH = Área superficial del huevo (cm²) y W: Peso de huevo (g). Para el peso de cáscara por unidad superficial se dividió el peso de la cáscara entre el área superficial del huevo. El porcentaje de cáscara se obtuvo dividiendo el peso de cáscara entre el peso del huevo por 100.

Para determinar la calidad interna del huevo se midieron el largo y ancho del albumen total (denso más acuoso) con las mordazas externas de un micrómetro electrónico. De forma similar, se midieron el ancho y largo del albumen denso. La altura del albumen denso fue medida con la varilla de profundidad del mismo instrumento. Luego, se separó la yema del albumen para determinar los pesos individuales de ambas sustancias. Seguidamente de este proceso, se pudo tomar la medida de la altura de yema con la varilla de profundidad del vernier. De esta forma se registró el peso, largo y ancho del albumen total o albumen, largo y ancho del albumen denso, la altura de albumen, y peso, largo, ancho y altura de yema.

Los indicadores de calidad interna del huevo fueron el índice de albumen, porcentaje de albumen, unidades Haugh, índice de yema, porcentaje de yema, diámetro de yema, relación yema albumen. Para las unidades Haugh se empleó la ecuación: $UH = 100 \times \log(H - 1.7 W^{0.37 + 7.6})$, donde UH = Unidad Haugh, H = Altura de albumen (mm) y W = Peso del huevo (g).

Se empleó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial 2 x 2 con dos niveles de calcio (2.37 y 3.16%) y dos niveles de inulina (0 y 0.5%), con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento. El análisis de varianza se llevó a cabo usando el programa Statistical Analysis System (SAS, 2000) y la comparación de medias se realizó utilizando la prueba de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los efectos de los niveles de calcio y los niveles de inulina sobre el comportamiento productivo de codornices de postura se presentan en el Cuadro 2. La dieta T1 con niveles normales de calcio y sin inulina y la dieta T4 con niveles bajos de calcio y con inulina presentaron resultados similares ($p>0.05$). En la comparación de medias con la prueba de Tukey no se encontró interacción ($p>0.05$) entre los dos factores en las variables en estudio.

En el caso que no existiera una influencia del prebiótico sobre los parámetros, se podría esperar una tendencia de valores más cercanos entre T3 y T4, al ser dietas bajas en calcio, pero esa tendencia se dio entre T1 y T4. Estos resultados estarían implicando que las dietas bajas en calcio con inulina (T4) resultan similares a las dietas con niveles normales en calcio y sin inulina (T1), pero con tendencia a ser diferentes con T3 (baja en calcio y sin inulina). De esta forma, se observa que T3 (bajo en calcio sin inulina) tuvo los resultados menos favorables en los parámetros porcentaje de postura, peso de huevo, consumo y conversión alimenticia, de allí que se podría indicar que habría un efecto benéfico de la inulina, el cual estaría provocando que las codornices aún en condiciones deficientes del mineral logren mantener una producción similar a las aves que consumen dietas con niveles apropiados de calcio.

En otros trabajos se logró observar los efectos de niveles bajos de calcio. Al respecto, Coudray *et al.* (2005) trabajando en ratas alimentadas con diferentes niveles de calcio e inulina, encontraron interacción entre las dietas con inulina y diferentes niveles de calcio en un mayor de tiempo (40 días), siendo favorable a las dietas bajas en calcio con inulina. Se sugiere, por tanto, que el efecto de las dietas bajas en calcio e inulina sobre los parámetros productivos pueden ser dependientes de la duración del estudio. Por otro lado, en el presente trabajo no se encontró diferencias en el porcentaje de postura a pesar de los niveles bajos de calcio. Esto no concuerda con Costa *et al.* (2010), quienes reportaron una disminución en la producción de huevos de codornices en las aves que recibieron alimento que contenía 1.25% de Ca con respecto a las aves alimentadas con dietas con 3.75% Ca después de 8 semanas de producción. Ello estaría indicando que un nivel menor de calcio al trabajado (25%) y un mayor tiempo (8 semanas), serían necesarios para observar este efecto.

Al evaluar el efecto del calcio, independientemente del nivel de inulina utilizado, se obtuvo una influencia significativa ($p<0.05$), hallándose que en niveles de 2.37% de calcio se produce un mayor consumo de alimento por parte de las aves. Esto indicaría que al ofrecer dietas bajas en calcio como fue el caso de T3 y T4, las aves tienden a consumir más para alcanzar sus exigencias nutricionales y mantener su metabolismo y producción. Al respecto, Hurtado *et al.* (2017) mencionan que las aves regulan su consumo de alimento para satisfacer los requerimientos solicitados para la máxima producción. De igual forma, De Toledo *et al.* (2007) y Buendía y Adama (2019) señalan que dietas bajas en calcio incrementan el consumo del alimento y del agua, en comparación con los animales que tienen una dieta adecuada en calcio.

Cuadro 2: Comportamiento productivo de codornices japonesas alimentadas con dos niveles de inulina y calcio

	Niveles de calcio (%)	Inulina (%)	Postura (%)	Peso del huevo (g)	Consumo total de alimento (g)	Conversión alimenticia acumulada (g)	Masa de huevo (g)	Mortalidad (%)
T1	3.16	0.0	87.80 ^a	11.78 ^a	4533.23 ^a	2.70 ^a	1679.89 ^a	6.25 ^a
T2	3.16	0.5	82.69 ^a	11.93 ^a	4182.42 ^a	2.65 ^a	1576.45 ^a	6.25 ^a
T3	2.37	0.0	81.30 ^a	11.53 ^a	4911.07 ^a	3.21 ^a	1529.23 ^a	6.25 ^a
T4	2.37	0.5	87.75 ^a	11.53 ^a	4586.89 ^a	2.82 ^a	1627.06 ^a	6.25 ^a
Efecto inulina		0.0	84.55 ^a	11.65 ^a	4722.20 ^a	2.96 ^a	1604.60 ^a	6.25 ^a
		0.5	85.22 ^a	11.73 ^a	4384.70 ^a	2.74 ^a	1601.80 ^a	6.25 ^a
Efecto calcio	3.16		85.24 ^a	11.85 ^a	4357.80 ^a	2.68 ^a	1628.20 ^a	6.25 ^a
	2.37		84.52 ^a	11.53 ^a	4749.00 ^b	3.02 ^a	1578.10 ^a	6.25 ^a
Probabilidad								
Efecto del nivel de inulina			0.8847	0.7535	0.0505	0.2979	0.9816	1.0000
Efecto del nivel de calcio			0.8763	0.1975	0.0270	0.1443	0.6821	1.0000
Efecto de la interacción inulina por calcio			0.2256	0.7535	0.9331	0.3076	0.4150	1.0000

Para el caso de los niveles de inulina, independientemente del nivel de calcio utilizado, se halló una tendencia alta a presentar diferencia estadística significativa ($p = 0.050$), teniéndose un menor consumo en las dietas con 0.5% del prebiótico. Posiblemente esto se deba a la naturaleza del prebiótico, al ser una fibra soluble que entra en contacto con el agua y forma soluciones viscosas, las cuales enlentecen el vaciamiento gástrico y aumenta su distensión prolongando la sensación de saciedad, haciendo que el consumo disminuya (Escudero y Gonzáles, 2006). En este sentido, Pérez *et al.* (2014) utilizando tres niveles de inulina (2.0, 4.0 y 6.0%) en gallinas ponedoras observaron una reducción en el consumo de alimento, sin que se afecte el peso de huevo, en tanto que Shang *et al.* (2010) tampoco encontraron diferencias significativas entre tratamientos con cinco niveles de inulina (0, 0.10, 0.15, 1.00 y 2.00%) en gallinas de postura durante cuatro semanas de crianza. Sin embargo, Shang *et al.* (2019) utilizando 0.015% de inulina en la dieta de gallinas ponedoras obtuvieron una mejora de

2.5% en el peso del huevo, de 5.76% en la masa del huevo y de 3.09 en la tasa de puesta, así como una disminución en la tasa de conversión alimenticia en comparación con el control.

Los valores obtenidos con respecto al comportamiento productivo se encuentran dentro del rango esperado. Así, por ejemplo, Delgado (2014) menciona que la codorniz japonesa tiene un consumo promedio de 25 a 30 g/d, conversión alimenticia de 3.35 a 4.17, porcentaje de postura del 80%, peso de huevo de 10.53 a 11.75 g y una baja mortalidad.

Los resultados de las medidas de calidad externa, calidad de cáscara e indicadores se presentan en el Cuadro 3. Al evaluar el efecto de la inulina, independientemente del nivel de calcio utilizado, se obtuvo una mejora en el largo e índice de la forma del huevo (IFDH) en dietas con niveles de 0.5% de inulina. Los huevos de T2 y T4 eran ligeramente menos alargados ($p = 0.069$) y tenían valores más altos de IFDH ($p < 0.05$), posi-

Cuadro 3. Influencia de la adición de inulina y el nivel de calcio en la calidad de cáscara del huevo de codornices de postura

	Calcio (%)	Inulina (%)	P.H. (g)	L.H. (mm)	A.H. (mm)	W.C. (g)	G.C. (mm)	G.E. (u)	IFDH (%)	ASH (cm ²)	PCUS (mg/cm ²)	P.C. (%)
T1 ¹	3.16	0.0	11.79 ^a	33.03 ^a	25.44 ^a	0.92 ^a	0.28 ^a	1.075 ^a	77.02 ^a	25.35 ^a	36.29 ^a	7.80 ^a
T2	3.16	0.5	11.86 ^a	32.34 ^a	25.65 ^a	0.90 ^a	0.32 ^a	1.075 ^a	79.31 ^a	25.46 ^a	35.35 ^a	7.59 ^a
T3	2.37	0.0	11.43 ^a	32.45 ^a	25.27 ^a	0.89 ^a	0.28 ^a	1.070 ^a	77.87 ^a	24.76 ^a	35.95 ^a	7.79 ^a
T4	2.37	0.5	11.08 ^a	31.65 ^a	25.09 ^a	0.86 ^a	0.29 ^a	1.073 ^a	79.27 ^a	24.19 ^a	35.55 ^a	7.76 ^a
Efecto inulina	--	0.0	11.61 ^a	32.74 ^a	25.35 ^a	0.9 ^a	0.28 ^a	1.073 ^a	77.45 ^b	25.06 ^a	36.12 ^a	7.80 ^a
Efecto calcio	2.37	--	11.25 ^a	32.05 ^a	25.18 ^a	0.88 ^a	0.28 ^a	1.071 ^a	78.57 ^a	24.48 ^a	35.75 ^a	7.78 ^a
Probabilidad												
Efecto del nivel de inulina			0.633	0.069	0.930	0.367	0.216	0.611	0.046	0.623	0.630	0.737
Efecto del nivel de calcio			0.061	0.115	0.068	0.214	0.389	0.143	0.626	0.061	0.885	0.861
Efecto de la interacción inulina por calcio			0.466	0.872	0.301	0.926	0.547	0.611	0.585	0.467	0.770	0.717

¹ T1: dieta basal con niveles normales de calcio (3.16%) y sin inulina, T2: dieta basal con niveles normales de calcio (3.16%) y con inulina (0.5%), T3: dieta basal con niveles bajos de calcio (2.37%) y sin inulina, T4: dieta basal con niveles bajos de calcio (2.37%) y con inulina (0.5%)

² Valores son el promedio de cuatro repeticiones (cuatro aves por repetición) por tratamiento

³ P.H: Peso de huevo; LH: largo de huevo; A.H: ancho de huevo; W.C: peso de cáscara; G.C: Grosor de cáscara; G.E: Gravedad específica; IFDH: Índice de la forma del huevo; ASH: Área superficial del huevo; PCUS: Peso de cáscara por unidad superficial; P.C: Porcentaje de cáscara

^{a,b} Superíndices diferentes dentro de columnas y variables indican diferencia estadística ($p < 0.05$)

blemente debido a una mayor absorción de minerales. Kocaođlu (2011) obtuvo, en este sentido, una mejor calidad externa del huevo en codornices alimentadas con mananoligosacáridos. Por otro lado, Flores (2019) menciona que los huevos de codorniz con índice de forma normal por debajo de 70% estarían indicando un mal manejo nutricional e higiénico, lo que conllevaría a cáscaras más débiles y con mayor riesgo a la rotura. En esa misma línea, Degollado (2018), afirma que huevos con IFDH menores a 72 % son considerados alargados o agudos y con menor resistencia a la rotura. De hecho, el IFDH es un parámetro útil en la evaluación de calidad de cáscara (Arenas, 2016). Por otro lado, al efectuarse el análisis de varianza y la prueba

de Tukey no se encontró efecto significativo ($p > 0.05$) en la interacción entre los niveles de calcio y los niveles de inulina en las variables evaluadas.

Para las demás características e indicadores no hubo diferencias significativas ($p > 0.05$) con la adición de inulina, lo que concuerda con Kadam *et al.* (2006), Yildiz *et al.* (2006), Pérez *et al.* (2014) y De Souza *et al.* (2016), quienes no hallaron efectos positivos usando inulina en dietas de gallinas ponedoras sobre la calidad de cáscara del huevo o el calcio. La falta de efecto en la cáscara utilizando prebióticos en la dieta, según Kocaođlu (2011), puede atribuirse a factores como diferencias en la composición química de los

Cuadro 4. Influencia de la adición de inulina y el nivel de calcio en la calidad interna del huevo de codorniz (diámetro de albumen acuoso y denso, diámetro de yema, peso de albumen, peso de yema, altura de albumen y yema)

	Niveles de calcio (%)	Inulina (0.5%)	Peso de huevo (g)	Diámetro de albumen acuoso (mm)	Diámetro de albumen denso (mm)	Diámetro de yema (mm)	Peso de albumen (g)	Peso de yema (g)	Altura de albumen (mm)	Altura de yema (mm)
T1 ¹	3.16	0.0	11.78 ^a	71.30 ^a	41.48 ^a	24.93 ^a	6.43 ^a	4.00 ^a	4.36 ^a	8.55 ^a
T2	3.16	0.5	11.86 ^a	68.53 ^a	41.04 ^a	25.01 ^a	6.16 ^a	4.45 ^a	3.81 ^a	9.64 ^a
T3	2.37	0.0	11.42 ^a	65.84 ^a	40.92 ^a	23.96 ^a	6.24 ^a	3.87 ^a	4.08 ^a	9.12 ^a
T4	2.37	0.5	11.08 ^a	66.11 ^a	41.72 ^a	23.99 ^a	5.94 ^a	3.88 ^a	4.28 ^a	8.90 ^a
Efecto inulina		0.0	11.61 ^a	68.57 ^a	41.20 ^a	24.44 ^a	6.33 ^a	3.93 ^a	4.22 ^a	8.83 ^a
		0.5	11.47 ^a	67.32 ^a	41.38 ^a	24.50 ^a	6.05 ^a	4.16 ^a	4.04 ^a	9.27 ^a
Efecto calcio	3.16		11.82 ^a	69.92 ^a	41.26 ^a	24.97 ^a	6.29 ^a	4.22 ^a	4.08 ^a	9.09 ^a
	2.37		11.25 ^a	65.98 ^a	41.32 ^a	23.97 ^b	6.09 ^a	3.87 ^a	4.18 ^a	9.01 ^a
Probabilidad										
Efecto del nivel de inulina			0.633	0.662	0.911	0.888	0.416	0.363	0.465	0.424
Efecto del nivel de calcio			0.061	0.184	0.972	0.026	0.555	0.183	0.688	0.868
Efecto de la interacción inulina por calcio			0.466	0.596	0.704	0.952	0.953	0.394	0.142	0.237

¹T1: dieta basal con niveles normales de calcio (3.16%) y sin inulina, T2: dieta basal con niveles normales de calcio (3.16%) y con inulina (0.5%), T3: dieta basal con niveles bajos de calcio (2.37%) y sin inulina, T4: dieta basal con niveles bajos de calcio (2.37%) y con inulina (0.5%)

²Valores son el promedio de cuatro repeticiones (cuatro aves por repetición) por tratamiento

^{a,b} Superíndices diferentes dentro de columnas y variables indican diferencia estadística (p<0.05)

ingredientes de la dieta, diferencias en los niveles y contenidos principales de los prebióticos, así como por la adaptación y la selectividad de la microbiota y factores de estrés.

Los resultados de las medidas e indicadores de calidad interna no presentaron diferencia significativa entre tratamientos (Cuadros 4 y 5). La comparación de medias tampoco demostró interacción significativa (p>0.05) entre los niveles de calcio e inulina. Estudios realizados en humanos, roedores y algunas aves, sin embargo, demostraron un efecto positivo sobre la absorción de calcio al administrar prebióticos (Levrat *et al.*, 1991; Roberfroid, 2005; Lavanda, 2011; Corzo *et al.*, 2015). Sin embargo, en algunos casos la

mayor solubilidad de minerales y, por ende, mejor absorción de calcio al adicionar un prebiótico no logra percibirse en el animal a un nivel macro (Swiatkiewicz *et al.*, 2011), posiblemente debido a diferencias en la especie, tipo de achicoria o la fuente de inulina (Shang *et al.*, 2010).

Por otra parte, como efectos simples, se tuvieron menores valores en el diámetro de yema con un nivel de 2.37 % de calcio, asemejándose con lo publicado por Costa *et al.* (2010), quien al evaluar el efecto de niveles de calcio (2.2, 2.6, 3.0, 3.4 y 3.8%) en las dietas de codornices japonesas encontraron un incremento en el peso de la yema usando los niveles más altos del calcio. Con relación a las demás características e indicadores no

Cuadro 5: Influencia de la adición de inulina y el nivel de calcio en la calidad interna del huevo de codorniz (Unidades Haugh, índice de yema, índice de albumen, relación yema:albumen, porcentaje de albumen, porcentaje de yema).

Tratamientos	Niveles de calcio (%)	Inulina (0.5%)	Unidades Haugh (HU)	Índice de yema (%)	Índice de albumen (%)	Relación yema: albumen	Albumen (%)	Yema (%)
T1 ¹	3.16	0.0	88.79 ^a	34.30 ^a	10.51 ^a	0.62 ^a	54.54 ^a	33.93 ^a
T2	3.16	0.5	85.52 ^a	38.54 ^a	9.28 ^a	0.72 ^a	51.94 ^a	37.52 ^a
T3	2.37	0.0	87.46 ^a	38.06 ^a	9.97 ^a	0.62 ^a	54.59 ^a	33.77 ^a
T4	2.37	0.5	88.88 ^a	37.09 ^a	10.25 ^a	0.65 ^a	53.61 ^a	35.02 ^a
Efecto inulina		0.0	88.13 ^a	36.18 ^a	10.24 ^a	0.62 ^a	54.57 ^a	33.85 ^a
		0.5	87.20 ^a	37.82 ^a	9.77 ^a	0.69 ^a	52.77 ^a	36.27 ^a
Efecto calcio		3.16	87.15 ^a	36.42 ^a	9.90 ^a	0.67 ^a	53.24 ^a	35.72 ^a
		2.37	88.17 ^a	37.58 ^a	10.11 ^a	0.64 ^a	54.10 ^a	34.39 ^a
Probabilidad								
Efecto del nivel de inulina			0.501	0.401	0.618	0.440	0.457	0.293
Efecto del nivel de calcio			0.486	0.589	0.885	0.520	0.692	0.542
Efecto de la interacción inulina por calcio			0.140	0.204	0.412	0.803	0.759	0.585

¹T1: dieta basal con niveles normales de calcio (3.16%) y sin inulina, T2: dieta basal con niveles normales de calcio (3.16%) y con inulina (0.5%), T3: dieta basal con niveles bajos de calcio (2.37%) y sin inulina, T4: dieta basal con niveles bajos de calcio (2.37%) y con inulina (0.5%)

²Valores son el promedio de cuatro repeticiones (cuatro aves por repetición) por tratamiento

^{a,b} Superíndices diferentes dentro de columnas y variables indican diferencia estadística ($p < 0.05$)

se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$), lo que concuerda con De Souza *et al.* (2016) y Ribeiro *et al.* (2016), quienes evaluaron varios niveles de calcio en dietas de codornices de postura sin encontrar diferencias significativas sobre el peso de albumen y porcentajes de yema y albumen.

No se hallaron diferencias significativas por el efecto de la inulina, independientemente del nivel de calcio ($p > 0.05$), sobre las demás características e indicadores de calidad interna del huevo, tal y como ha sido reportado por Pérez *et al.* (2014) sobre el peso de la albúmina, así como por Shang *et al.* (2010) y Chen *et al.* (2005) en gallinas de postura sobre las unidades Haugh. Contrariamente, Park y Park (2012), evaluando niveles de inulina

(0, 0.20, 0.25 y 0.30%) en gallinas tuvieron una mejora significativa en las unidades Haugh, siendo mayor con las dosis de 0.25 y 0.30%.

Al comparar los resultados de este estudio con otras investigaciones, se comprueba que las medidas de calidad interna se encontraban dentro del rango promedio aceptable en la especie, lo que implica una buena calidad interna. Así, por ejemplo, los valores de las unidades Haugh oscilaron entre 85.88 a 88.79, exhibiendo un valor de frescura muy bueno y similar a lo reportado por Siadati *et al.* (2018) de 86.82-89.92. Asimismo, la altura de albumen, altura de yema, diámetro de yema, diámetro de albumen, índice de yema e índice de albumen fueron similares a los obtenidos en pruebas experimentales por Siadati *et al.* (2018).

CONCLUSIONES

- Los parámetros productivos de dietas con niveles bajos en calcio y con inulina fueron similares a dietas con niveles normales en calcio y sin inulina.
- El nivel de calcio bajo incrementa significativamente el consumo de alimento.
- Los niveles de calcio e inulina no influenciaron las características de calidad interna del huevo.
- La inulina tuvo influencia significativa sobre el índice de forma del huevo.

LITERATURA CITADA

1. **Acuña R, Cristanto L. 2016.** Análisis de la rentabilidad económica y social de la producción de huevos de codornices de la ciudad de Chiclayo. Tesis de Ingeniero Economista. Pimentel, Perú: Univ. Señor de Sipán. 116 p.
2. **Arenas C. 2016.** Caracterización de la calidad de cáscara de huevo blanco en planteles avícolas comerciales en Chile y su relación con determinados factores de producción. Tesis de Médico Veterinario, Santiago: Univ. de Chile. 34 p.
3. **Buendía MA, Adama E. 2019.** Comparación económica entre la piedra caliza y la conchilla en la dieta de pollos de engorde. *Natura@economía* 4(1). [Internet]. Disponible en: https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/ne/article/view/1361/html_21
4. **Chen YC, Nakthong C, Chen TC. 2005** Improvement of laying hen performance by dietary prebiotic chicory oligofructose and inulin. *Int J Poult Sci* 4: 103-108. doi: 10.3923/ijps.2005.-103.108
5. **Chipao F. 2014.** Efecto del fosfato dicálcico y harina de huesos sobre la producción y la calidad del huevo de codorniz de dos diferentes edades. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Lima, Perú: Univ. Nacional Agraria La Molina. 51 p.
6. **Corzo N, Alonso J, Azpiroz F, Calvo M, Cirici M, Leis R, Lombó F, et al. 2015.** Prebióticos; concepto, propiedades y efectos beneficiosos. *Rev Nutr Hosp* 31: 99-118. doi: 10.3305/nh.2015.31.sup1.8715
7. **Costa CH, Barreto SL, Gomes PC, Maia GV, Lipari CA, Hosoda LH. 2010.** Teores de cálcio em dietas para codornas japonesas no terço final de postura (45 a 57 semanas de idade). *Arq Bras Med Vet Zoo* 62: 1225-1231. doi: 10.1590/S0102-09352010000500027
8. **Coudray C, Feillet-Coudray C, Tressol JC, Gueux E, Thien S, Jaffrelo L, Mazur A, et al. 2005.** Stimulatory effect of inulin on intestinal absorption of calcium and magnesium in rats is modulated by dietary calcium intakes short- and long-term balance studies. *Eur J Nutr* 44: 293-302. doi: 10.1007/s00394-004-0526-7
9. **De Souza D, Lima L, De Lemos M, Da Silva C, Pascoal T, Andrade C, Andrade I, et al. 2016.** Quail performance and egg quality at the end of production fed with varying levels of calcium. *Ciênc Agrárias* 37: 2395-2406. doi: 10.5433/1679-0359.2016v37n-4Sup1p2395
10. **De Toledo SL, Pereira CA, Umigi RT, Da Rocha TC, De Araujo MS, Silva CS, Torres RD. 2007.** Determinação da exigência nutricional de cálcio de codornas japonesas na fase inicial do ciclo de produção. *Rev Bras Zootecn* 36: 68-78. doi: 10.1590/S1516-35982007000-100009
11. **Degollado KM. 2018.** Efecto de la inclusión de *Moringa oleifera* Lam en dietas de codorniz, sobre postura, utilización de energía, proteína metabolizable y calidad de huevo. Tesis de Maestría. México: Univ. Autónoma de Nuevo León. 56 p.
12. **Delgado E. 2014.** Efecto de tres niveles de harina de sangre avícola en la dieta sobre el comportamiento productivo de la codorniz (*Coturnix coturnix*

- japonica*) en postura. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Lima, Perú. Univ. Nacional Agraria La Molina. 64 p.
13. **Escudero E, González P. 2006.** La fibra dietética. *Revista Nutr Hosp* 21: 61-72.
 14. **Flores J. 2019.** Evaluación de la calidad del huevo en codornices japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) a diferentes días de conservación en el CIPCA. Tesis de Ingeniero Agropecuario. Puyo, Ecuador. Univ. Estatal Amazónica. 38 p.
 15. **Houshmand M, Azhar K, Zulkifli I, Bejo MH, Meimandipour A, Kamyab A. 2011.** Effects of non-antibiotic feed additives on performance, tibial dyschondroplasia incidence and tibia characteristics of broilers fed low-calcium diets. *J Anim Physiol An N* 95: 351-358. doi: 10.1111/j.1439-0396.2010.01061.x
 16. **Hurtado VL, Guevara JF, Forero DJ. 2017.** Níveis de cálcio para codornas em postura. *Orinoquia* 21: 46-50. doi: 10.22579/20112629.417
 17. **Kadam M, Mandal A, Elangovan A, Kaur S. 2006.** Response of laying Japanese quail to dietary calcium levels at two levels of energy. *J Poult Sci* 43: 351-356. doi: 10.5433/1679-0359.2016-v37n4Supl1p2395
 18. **Kocaođlu GB. 2011.** Effects of probiotic and prebiotic (mannano-ligosaccharide) supplementation on performance, egg quality and hatchability in quail breeders. *Ankara Üniv Vet Fak* 58: 27-32.
 19. **Lavanda I, Saad S, Lobo A, Colli C. 2011.** Prebióticos y su efecto en la biodisponibilidad del calcio. *Rev Nutr* 24: 333-344. doi: 10.1590/S1415-52732011-000200014
 20. **Levrat MA, Rémésy C, Demigné C. 1991.** High propionic acid fermentations and mineral accumulation in the cecum of rats adapted to different levels of inulin. *J Nutr* 121: 1730-1737. doi: 10.1093/jn/121.11.1730
 21. **Muaz K, Riaz M, Akhtar S, Park S, Ismail A. 2018.** Antibiotic residues in chicken meat: global prevalence, threats, and decontamination strategies: a review. *J Food Protect* 81: 619-627. doi: 10.4315/0362-028X.JFP-17-086
 22. **Park S, Park B. 2012.** Effect of feeding inulin oligosaccharides on cecum bacteria, egg quality and egg production in laying hens. *Afr J Biotechnol* 11: 9516-9521. doi: 10.5897/AJB12.525
 23. **Perez LJ, Orozco JR, García C. 2014.** Quail egg yield and quality of the *Coturnix coturnix* response to the addition level of agave inulin to the drinking water. *Ital J Anim Sci* 13: 127-129. doi: 10.4081/ijas.2014.2981
 24. **Ribeiro C, Barreto S, Reis R, Muniz J, Viana G, Ribeiro Junior V, DeGroot A. 2016.** The effect of calcium and available phosphorus levels on performance, egg quality and bone characteristics of Japanese quails at end of the egg-production phase. *Rev Bras Cienc Avic* 18: 33-40. doi: 10.1590/1806-9061-2015-0014
 25. **Roberfroid MB. 2005.** Introducing inulin-type fructans. *Brit J Nutr* 93: S13-S25. doi: 10.1079/bjn20041350
 26. **Rostagno HR. 2017.** Tablas brasileñas para aves y cerdos. Composición de alimentos y requerimientos nutricionales. 4^o ed. Minas Gerais. Brasil: Universidad Federal de Viçosa. 488 p.
 27. **Shang HM, Hu TM, Lu YJ, Wu HX. 2010.** Effects of inulin on performance, egg quality, gut microflora and serum and yolk cholesterol in laying hens. *Brit Poultry Sci* 51: 791-796. doi: 10.1080/00071668.2010.531005
 28. **Shang H, Zhao J, Dong X, Guo Y, Zhang H, Cheng J, Zhou H. 2019.** Inulin improves the egg production performance and affects the cecum microbiota of laying hens. *Int J Biol Macromol* 155: 1599-1609. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2019.11.137
 29. **Siadati SA, Ebrahimnezhad Y, Salehi Jouzani G, Shayegh J. 2018.** Evaluation of the probiotic potential of some native *Lactobacillus* strains on the laying performance and egg quality parameters of Japanese quails. *Iran J Appl Anim Sci* 8: 703-712.

30. **Swiatkiewicz S, Koreleski J, Arczewska A. 2010.** Effect of organic acids and prebiotics on bone quality in laying hens fed diets with two levels of calcium and phosphorus. *Acta Vet Brno* 79: 185-193. doi: 10.2754/avb2010790-20185
31. **Yildiz G, Sacakli P, Gungor T. 2006.** The effect of dietary Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) on performance, egg quality characteristics and egg cholesterol content in laying hens. *Czech J Anim Sci* 51: 349-354. doi: 10.17221/3950-CJAS
32. **Zea O, Huaranga D, Jiménez L, Pérez C, Serrano J, Meza I, Bernuy N, Vilchez C. 2019.** Efecto de cinco niveles de goma de tara sobre el comportamiento productivo, mineralización ósea y morfometría intestinal en pollos de carne. *Rev Inv Vet Perú* 30: 663-675. doi: 10.15381/rivep.v30i2.16100