

UNIVERSIDAD PERUANA CAYETANO HEREDIA

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia



“Evaluación de la calidad de huevo en gallinas de postura comercial en segunda fase de producción alimentadas con 4 fuentes diferentes de fosfato inorgánico”

Tesis para optar por el Título Profesional de:

Médico Veterinario Zootecnista

Daniela Judith Paredes Mendoza

Bachiller en Medicina Veterinaria y Zootecnia

Lima – Perú

2021

Dedico esta tesis a mis padres Judith y Daniel, mi hermanita Isis, mi abuelito Antonio y mis perritos Toby y Chris.

AGRADECIMIENTO

A mis padres por su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida y por impulsarme siempre a seguir mis sueños. A mi hermanita por verme con admiración y motivarme a ser un mejor ejemplo cada día. A mis perritos que me acompañaron en mis amanecidas y sesiones prácticas en la universidad. A mi familia que siempre celebro conmigo mis logros y me apoyo en las situaciones difíciles. A mis amigos que son como mi segunda familia y siempre me levantaron el ánimo cuando más lo necesitaba. A mi asesor el Dr. Luis Nakandakari por la confianza, oportunidad y orientación para desarrollar esta investigación. A la empresa Quimpac por el apoyo financiero y logístico. Y finalmente a la Universidad Peruana Cayetano Heredia, mi alma mater, y a mis profesores, por la formación académica, práctica y experiencias profesionales brindadas.

ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the effect of 4 sources of inorganic P in the feed on the egg quality of laying hens in the second productive phase in a period of 28 days. 960 hens (Hy-Line Brown) were used, distributed in 4 treatments, 6 repetitions per treatment and 40 birds per repetition. Each treatment (experimental diet) contained a different source of inorganic P: T1 = DCP - Peru (18.5% of P); T2 = DCP - China (18% of P); T3 = MDCP - Peru (21.5% of P); and T4 = MCP - China (22.3% of P). The parameters evaluated in relation to the external quality of the egg were: shell color (CC), shell percentage (PC), shell thickness (GC), specific gravity (EG); and those related to the internal quality of the egg were: yolk color (CY), percentage of yolk (PY) and albumin (PA), and Haugh Units (UH). Parametric variables were evaluated through analysis of variance (ANOVA) and non-parametric variables through Kruskal Wallis test, with a significance level of 95%. Statistical difference was found for the variables corresponding to PC, CG, GE, UH and PY; where higher values were obtained in T3, T4, T2, T1 and T1 respectively, compared to the other sources of phosphates studied. Considering the GE as the most important characteristic when evaluating the external quality of the egg, it is concluded that the DCP - China, the MCP - China and DCP - Peru are superior compared to the MDCP - Peru; Considering the HU as the most important characteristic when evaluating the internal quality of the egg, the DCP - Peru, the MDCP - Peru and the DCP - China are superior in comparison to the MCP - China.

Key words: *Inorganic phosphate, egg quality, laying hen, Haugh Units*

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de 4 fuentes de P inorgánico en el alimento sobre la calidad de huevo de gallinas de postura en segunda fase productiva en un periodo de 28 días. Se emplearon 960 gallinas (Hy-Line Brown), distribuidas en 4 tratamientos, 6 repeticiones por tratamiento y 40 aves por repetición. Cada tratamiento (dieta experimental) contenía una fuente distinta de P inorgánico: T1 = DCP – Perú (18.5% de P); T2 = DCP – China (18% de P); T3 = MDCP – Perú (21.5% de P); y T4 = MCP – China (22.3% de P). Los parámetros evaluados en relación a la calidad externa de huevo fueron: color de cáscara (CC), porcentaje de cáscara (PC), grosor de cascarón (GC), gravedad específica (GE); y los relacionados a la calidad interna del huevo fueron: color de yema (CY), porcentaje de yema (PY) y albumina (PA), y Unidades Haugh (UH). Las variables paramétricas fueron evaluadas por medio del análisis de varianza (ANOVA) y las no paramétricas por medio de la prueba de Kruskal Wallis, con un nivel de significancia del 95%. Se encontró diferencia estadística para las variables correspondientes a PC, GC, GE, UH y PY; donde se obtuvo valores más elevados en el T3, T4, T2, T1 y T1 respectivamente, en comparación a las otras fuentes de fosfatos estudiadas. Considerando a la GE como la característica más importante a la hora de evaluar la calidad externa del huevo, se concluye que el DCP - China, el MCP - China y DCP - Perú son superiores en comparación al MDCP – Perú; y considerando a la UH como la característica más importante a la hora de evaluar la calidad interna del huevo, el DCP – Perú, el MDCP - Perú y el DCP - China son superiores en comparación al MCP – China.

Palabras clave: *Fosfato inorgánico, calidad de huevo, gallina de postura, Unidades Haugh*

INTRODUCCIÓN

El huevo es un alimento importante en la nutrición humana, donde destaca la calidad de su proteína por su alto valor biológico (100), el cual se debe a la calidad de su aminograma (Buckiuniene et al., 2016). Además, estos aminoácidos tienen una biodisponibilidad de alrededor del 93%, siendo superados únicamente por la leche materna en la etapa de lactante, pero son superiores si los comparamos con otras fuentes de proteína de origen animal como la carne de res, pollo, pescado y cerdo, los cuales presentan una menor biodisponibilidad (menor al 90%) (Instituto de estudio del huevo, 2009). Asimismo, el huevo es rico en ácidos grasos insaturados y poliinsaturados como el ácido linoleico y los ácidos grasos omega 3 y 6, así como de vitaminas liposolubles (A, D y E), vitaminas del complejo B (B2, B12, ácido fólico, biotina y colina), ciertos minerales como el fósforo, yodo y hierro (Ruxton et al., 2010). Cabe mencionar, que el huevo además de ser un alimento saludable y funcional, este también tiene otros atributos como: bajo costo, fácil manejo y conservación así como puede ser consumido a cualquier edad a partir de los 6 meses de vida, permitiéndole estar presente en la gastronomía a nivel mundial e incentivando un crecimiento constante de esta industria a lo largo de los años (Iannotti et al., 2017; Acebedo, 2019)

La industria peruana productora de huevo para consumo mostró un crecimiento productivo del 8% para el año 2019 en comparación al año anterior, pasando de 452 234 a 488 484 toneladas de huevo, lo cual representa un aporte de 1 508 millones de soles en el año 2019, ubicando a esta fuente de proteína animal por debajo de la carne de pollo y res, ambas con un aporte de 8 087 y 1 650 millones de soles respectivamente (MINAGRI, 2019). Por otro lado, actualmente en Perú se consume un promedio de 236 huevos por persona al año, lo cual lo ubica entre los 10 primeros países con mayor consumo a nivel de Latinoamérica, el cual es liderado por México (El Sitio Avícola, 2019). Sin embargo, este sector pecuario se ha puesto como objetivo alcanzar un consumo per cápita de 300 huevos en los próximos años, siendo un gran reto que involucra a diferentes áreas que forman parte de esta actividad productiva (León, 2019).

La nutrición juega un rol importante en gallinas ponedoras, un alimento balanceado que cubra los requerimientos de energía, proteína - aminoácidos, vitaminas y minerales, permitirá que las gallinas puedan maximizar su producción y la calidad del producto (huevo) (De Persio et al., 2015). No obstante, una deficiencia o exceso de algún nutriente, afectará negativamente la salud, producción y la calidad del producto. Por ejemplo, una deficiencia o exceso de P impacta negativamente en la producción y calidad del huevo, afectando el nivel de producción, consumo de alimento, así como el peso del huevo y la calidad de la cáscara (Skrivan et al, 2010; De Cristofaro, 2017).

El fósforo (P) es un elemento esencial para todas las formas de vida. Interviene en una gran cantidad de funciones dentro del organismo como en la formación del sistema esquelético, almacenamiento de energía en forma de adenin tri-fosfato (ATP), en la contracción muscular, activador de muchos sistemas enzimáticos, ayuda a mantener el equilibrio osmótico y ácido-base (Swenson y Reece, 1999). De igual manera, se encuentra involucrado en el metabolismo energético y proteico. Por ello, es indispensable en la nutrición de gallinas ponedoras, debido a que juega un papel importante en el mantenimiento de la salud, producción y bienestar de las aves (Li et al., 2016). En un estudio realizado por (Roepke y Hughes 1935), los autores encontraron que el nivel de fósforo sérico en gallinas en producción es tres veces mayor en comparación a las gallinas que no se encuentran en producción así como en machos. Además, este incremento significativo del fósforo sérico se debe al aumento de proteínas y lípidos que formarán parte de la yema.

Según la National Research Council (NRC, 1994), el nivel de P no fítico (P no unido al fitato) debe estar en un rango entre 0.32 a 0.40% en el alimento de gallinas de postura en segunda fase de producción (mayores a 40 semanas de edad). Para poder cubrir este requerimiento mínimo de P no fítico, no basta con el P presente en los insumos convencionales que conforman la ración como son el maíz, la soya y sus subproductos, ya que estos insumos convencionales presentan un nivel elevado (60 a 80%) del P total unido a una molécula de ácido fítico, formando un complejo de alto peso molecular denominado fitato, lo cual lo hace no disponible o asimilable por el ave al carecer

de la enzima fitasa a nivel intestinal, enzima encargada de romper y liberar el P ligado al fitato. Por esta razón, es necesario la adición de una fuente inorgánica de P en forma de fosfato inorgánico, el cual puede estar en forma de fosfato monocálcico (MCP), fosfato monodivalente (MDCP), fosfato divalente (DCP) y fosfato trivalente (TCP), siendo la diferencia entre estas formas de fosfatos inorgánicos el nivel de P en su molécula (Li et al., 2016; Rostagno et al., 2017; Murga et al., 2020).

Las diferentes fuentes de fosfatos inorgánicos difieren en los valores de P en su composición (MCP = 21.4 % de P; MDCP = 18.6 % de P; DCP = 18.5 % de P y TCP = 17.9 % de P) y en la biodisponibilidad (utilización por parte del ave) de este mineral (Rostagno et al., 2017). Lo antes mencionado, dependen de diversos factores incluyendo la naturaleza de la roca inicial (roca fosfórica de la cual se obtiene el fosfato), el proceso de fabricación (sobre todo el proceso de acidificación, a base de ácido sulfúrico o clorhídrico), con lo cual conlleva a diferencias en la fórmula química (anhidrido o hidratado), así como en el tamaño de la partícula (Li et al., 2016). En un estudio realizado por Vandepopuliere y Lyons (1992), compararon los efectos de dos fuentes diferentes de fosfato inorgánico (DCP y fosfato defluorinado (DP) fino así como grueso) y dos niveles de P total (0.4 y 0.5%) en la dieta de gallinas de postura sobre los parámetros productivos y calidad de huevo, los autores no encontraron diferencia significativa entre la fuente y nivel de fosfato sobre la gravedad específica del huevo, pero a un nivel de 0.5% de P total, encontraron diferencia significativa con relación al porcentaje de huevos rotos (DCP 0.12% y DP 0.30%)

En términos generales, un huevo de buena calidad debe poseer una forma elíptica con una cáscara limpia, suave, brillante y libre de grietas y otros defectos. El huevo de color marrón (color de cáscara) debe presentar un color marrón oscuro uniforme. Al romper el huevo y colocar su contenido en un recipiente plano, este debe mostrar una albúmina de color claro o ligeramente opaco, con apariencia de un gel y estar libre de inclusiones como manchas de sangre. Por otro lado la yema debe presentar un color uniforme que va entre amarillo brillante a naranja, además debe

estar fijada en el centro del huevo por medio de las chalazas, las cuales no deben ser excesivamente grandes (Hy Line, 2017).

Sin embargo, el término “calidad” varía de consumidor en consumidor de acuerdo con sus gustos, fines y preferencias. Por ejemplo, para el comerciante de huevos de mesa es muy importante la calidad de la cáscara ya que huevos con cáscara fisurada no podrán ser vendidos, además es una puerta de entrada para patógenos que contaminarán al huevo. Por esta razón se mide el espesor de ella, siendo este parámetro importante pero no suficiente para saber si el huevo es de buena calidad, ya que una cáscara de mayor grosor no indica que sea más resistente a la fisura o rotura, por lo cual un indicador indirecto de la dureza de cáscara sería la densidad de esta (Swiatkiewicz et al., 2010).

Por otro lado, la altura de la albúmina, el cual se basa en los valores de las Unidades Haugh (UH), nos indica la calidad de albumina y la frescura del huevo, es decir, a mayor altura de albúmina, expresado en mayores UH, mayor es el tiempo que pueden almacenarse los huevos manteniendo su apariencia fresca, este es un importante atributo que buscan los comerciantes y el consumidor final (Hy Line, 2017). Este parámetro es una expresión matemática que correlaciona el peso del huevo con la altura de la albumina y mientras mayor es su valor, mejor es la calidad de huevo (Alleoni y Antunes, 2001). Además de este parámetro, existen otros métodos para evaluar la calidad de huevos abiertos en relación a la albumina de manera cuantitativa: Altura de la clara (Wilgus y Van Wagenen, 1936); índice de albumina (Heiman y Carver, 1936); índice de área de albumina (Parsons y Mink, 1937); porcentaje de albumina espesa y fina (Holts y Almiquist, 1932). Sin embargo, en la industria avícola el método más usado es la UH debido a su fácil aplicación y a su alta correlación con la apariencia del huevo abierto en una superficie plana (Williams, 1992).

Por lo antes mencionado, se llevó a cabo el presente estudio donde se evaluó la calidad del huevo en gallinas de postura comercial de segunda fase de producción alimentadas con cuatro fuentes diferentes de fosfatos inorgánicos comerciales. Este estudio es la continuación del estudio realizado por la Bach. Annie Salinas Castro, quien evaluó el comportamiento productivo de aves de postura

en segunda fase de producción alimentadas con 4 fuentes diferentes de fosfatos inorgánicos en la ración.

MATERIAL Y MÉTODOS

1. Lugar y duración del estudio

El estudio se realizó en las instalaciones de la empresa Agropecuaria Avícola Mesías S.R.L, granja avícola de postura comercial ubicada en la Av. San Martín N°478, distrito de Sunampe, provincia de Chincha. Tuvo una duración de 4 semanas (28 días), iniciando el 01 de Setiembre del 2019.

2. Instalaciones y alojamiento

El estudio se llevó a cabo en un galpón convencional con ventilación natural de 100 m de largo y 12.5 m de ancho. Las aves fueron alojadas en jaulas de alambre galvanizado con rejilla (pendiente del 5%), equipadas con un comedero tipo canaleta lineal y el agua fue administrada por bebederos tipo niple o tetina.

Se alojaron cinco aves por jaula con una densidad de 400 cm² por ave. Cada ocho jaulas conformaron una unidad experimental, por tal motivo, se delimitó e identificó dicha área, incluyendo el comedero y rejilla de huevos. No se incluyeron las ocho primeras jaulas de ambos extremos del galpón.

3. Tipo y diseño de estudio

Se empleó un diseño experimental completamente aleatorizado o randomizado (DCA) con cuatro tratamientos y seis repeticiones por tratamiento.

4. Animales experimentales, distribución y tamaño de muestra

Se utilizaron 960 gallinas de postura comercial (*Gallus gallus domesticus*) de la línea genética Hy Line Brown, con 57 semanas de edad, distribuidas en cuatro tratamientos (n = 240) y 40 gallinas por repetición. Cada repetición se consideró como una unidad experimental. Además, se tomó una muestra representativa de 15 huevos por repetición (90 huevos por tratamiento), siguiendo el criterio de diferencias de medias, utilizando como valor referencial el estándar de la línea genética Hy Line Brown con un nivel de confianza del 95% y una potencia del 80% para determinar los siguientes parámetros de calidad de huevo: peso de huevo, color de cáscara, grosor de cáscara, relación cáscara/peso de huevo, gravedad específica, unidad haugh, color de yema y relación albumen/yema.

5. Tratamientos y dietas experimentales

Se emplearon cuatro tratamientos o dietas experimentales, tomando como base la dieta presentada en el cuadro 1.

Tratamientos experimentales:

T1: Fosfato dicálcico Perú	(DCP – Perú)	18.5% P
T2 : Fosfato dicálcico Chino	(DCP – China)	18.0% P
T3 : Fosfato monodiválcico Perú	(MDCP – Perú)	21.5% P
T4 : Fosfato monodiválcico Chino	(MCP – China)	22.3% P

Se formuló un alimento base de segunda fase de producción según los requerimientos nutricionales de la línea genética Hy Line Brown (Cuadro 1), con un nivel de 2700 Kcal de energía metabolizable, 14 % de proteína cruda, 4 % de calcio y 0.36 % de fósforo no fítico o disponible y 0.18% de sodio por kg de alimento. La adición de las diferentes fuentes de fosfato inorgánico por tratamiento se realizó con base a la hoja técnica del producto comercial, además no se adicionaron enzimas como fitasa, carbohidrasas ni proteasas, para que no tengan efecto alguno sobre la liberación del P fítico.

El nivel de fósforo disponible o no fítico en el alimento base (0.36 %) aseguró un consumo de 400 mg ave/día, bajo un consumo de 120 g de alimento ave/día. Las aves fueron alimentadas dos veces al día (5

am y 3 pm). La presentación del alimento fue en harina y el agua brindada fue limpia, fresca y administrada de forma *ad libitum*.

Cuadro 1. Composición porcentual de las dietas experimentales

INSUMO	TRATAMIENTO			
	T1	T2	T3	T4
Maíz	65.880	65.924	65.780	65.934
Torta de soya (46%)	19.800	20.000	19.800	20.000
Carbonato de calcio grueso	7.060	7.156	7.160	7.360
Carbonato de calcio fino	2.356	2.380	2.390	2.456
Subproducto de trigo	1.650	1.420	1.800	1.240
Fosfato inorgánico	1.376	1.250	1.200	1.140
Aceite acidulado de soya	1.000	1.000	1.000	1.000
Sal industrial	0.280	0.280	0.280	0.280
DL- Metionina 99%	0.200	0.200	0.200	0.200
Premezcla vitamínico-mineral	0.100	0.100	0.100	0.100
Secuestrante de micotoxinas	0.100	0.100	0.100	0.100
Bicarbonato de sodio	0.090	0.090	0.090	0.090
Promotor de crecimiento	0.100	0.100	0.100	0.100

T1, dieta basal + DCP-Perú (18.5% de P); T2, dieta basal + DCP-China (18.0% de P); T3, dieta basal + MDCCP-Perú (21.5% de P); T4, dieta basal + MCP-China (22.3% de P).

Se tomó una muestra de un kg por cada dieta experimenta y se envió a analizar al Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA) de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Valor nutricional de los tratamientos experimentales

VALOR NUTRICIONAL	TRATAMIENTO			
	T 1	T 2	T 3	T 4
Humedad, %	11.45	11.59	11.82	11.36
Proteína cruda, %	13.61	13.14	13.01	13.78
Extracto etéreo, %	3.82	3.99	3.81	4.25
Fibra cruda, %	1.74	1.53	1.66	1.89
Cenizas, %	8.53	9.10	9.35	8.59
ELN, %	60.85	60.65	60.35	60.13
Calcio, %	3.59	3.71	3.51	3.41
Fósforo total, %	0.46	0.45	0.47	0.49

Humedad, AOAC (2005), 950.46; Proteína total, AOAC (2005), 984.13; Extracto etéreo, AOAC (2005), 2003.05; Fibra cruda, AOAC (2005), 962.09, Cenizas, AOAC (2005), 942.05; Calcio, AOAC (2005), 927.02; Fósforo, AOAC (2005), 965.17

6. Parámetros evaluados:

6.1 Peso de huevo: Se realizó el pesaje individual de cada huevo (del mismo día de puesta y en la mañana) usando una balanza digital gramera con capacidad de 0.01 g de precisión y el valor obtenido fue expresado en gramos. El peso de huevo se tomo como referencia para hallar el porcentaje de cáscara con relación al peso de huevo y las unidades haugh.

6.2 Calidad externa de huevo:

6.2.1 Color de cáscara (CC): Para determinar el color de cáscara se siguió la metodología usada por Pipicano Mamián (2015). Haciendo uso del abanico colorimétrico Zinpro ® se

determinó el color de cáscara de forma cualitativa según el color al que se asemejaba en el abanico colorimétrico en una escala del 1 al 9, siendo 1 el más claro y 9 más oscuro.

6.2.2 Grosor de cáscara (GC), mm: Para determinar el grosor de cáscara se siguió la metodología usada por Chipao Machaca (2014). Con ayuda de un vernier digital, se procedió a medir el grosor de la cáscara en tres puntos (ambos polos, y la línea ecuatorial), el grosor del cascarón fue el promedio de las 3 mediciones.

6.2.3 Relación cáscara/ peso del huevo (CPH), %: Primero se tuvo que romper los huevos y luego se retiró la cáscara en su totalidad. Se dejó secar por un lapso de 12 horas, finalmente se procedió a pesar la cáscara de cada huevo en forma individual usando una balanza digital gramera con 0.01 de precisión. El valor obtenido en gramos luego fue expresado en porcentaje con respecto al peso inicial del huevo para determinar el porcentaje de cáscara de cada huevo de forma individual.

6.2.4 Gravedad específica (GE): Se estimó la gravedad específica siguiendo la metodología usada por Chipao Machaca (2014). Se usaron 6 baldes de agua, rotulados con las siguientes densidades: 1.060; 1.065; 1.070; 1.075; 1.080; 1.085; 1.090. Se agregó sal de mesa a los baldes hasta obtener las densidades mencionadas, el cual se comprobó con la ayuda de un densímetro. Se sumergió la muestra de 15 huevos por repetición comenzando por el balde con 1.065 de densidad, los huevos que flotaron fueron retirados y se anotaron con la densidad a la que flotaron, los que se hundieron pasaron al siguiente bade de 1.070, y así sucesivamente hasta llegar al último de 1.090.

6.3 Calidad interna de huevo:

6.3.1 Unidad Haugh: Este parámetro fue evaluado en la Universidad San Luis Gonzaga de Ica en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia con sede en Chincha alta. Para ello se

enviaron 360 huevos, rotulados con lápiz y colocados en bandejas de plástico, las cuales se diferenciaron por el color de las bandejas (T1= rojo; T2=amarillo; T3= azul; T4=verde), además se indicó el número de tratamiento y la repetición al que corresponden. Las Unidades Haugh se determinó midiendo la altura de la albúmina gruesa a 1cm (10mm) de distancia del borde de la yema. Esta altura de albumen y peso de huevo, se convierte en UH usando la fórmula de Haugh (Haugh, 1937).

6.3.2 Color de yema: Para determinar el color de yema se siguió la metodología propuesta por Cisneros (2018). Haciendo uso del abanico colorimétrico DSM ® se determinó el color de yema de forma cualitativa según el color al que se asemejaba en el abanico colorimétrico en una escala del 1 al 15, siendo 1 más amarillo claro y 15 más anaranjado.

6.3.4 Relación albumen/yema: Se procedió a romper los huevos cuidadosamente y se separó la yema del albumen colocándolas en distintas placas petris para luego pesarlas usando una balanza digital gramera con 0.01 g de precisión. Al peso registrado en gramos se le restó el peso de la placa petri (que estaba rotulado en cada placa) y se sacó la relación yema y albumen con relación al peso inicial del huevo, estimando de esta manera el porcentaje de yema y albúmina.

PH: Peso de Huevo

PY: Peso de Yema **%Y = PY*100/PH**

PA: Peso de Albumina **%A = PA*100/PH**

7. Análisis estadístico

Se empleó un diseño completamente al azar (DCA) con 4 tratamientos, 6 repeticiones y 40 aves por repetición. Los datos obtenidos se analizaron con el programa estadístico Minitab ® 17. Para el caso de las variables paramétricas se evaluó primero la normalidad y homogeneidad de varianza, luego de cumplir los supuestos, se determinó el análisis de varianza (ANOVA) de una vía. En el caso de las mediciones no paramétricas como las de color de cáscara y yema, se empleó el análisis de Kruskal

Wallis. La diferencia entre medias se determinó por la prueba de Tukey considerando una diferencia estadística con un nivel de confianza de 95% ($p < 0.05$).

RESULTADOS

En los cuadros 3 y 4, se puede observar que las fuentes de fosfatos evaluadas no influyeron significativamente sobre el peso de huevo, color de cáscara, color de yema y porcentaje de albúmen ($p > 0.05$). Sin embargo, el tratamiento 3 mostró un mayor porcentaje de cáscara ($p = 0.04$), el tratamiento 4 un mejor grosor de cáscara ($p = 0.00$) y el tratamiento 2 la gravedad específica más elevada ($p = 0.01$) con respecto a los otros tratamientos evaluados con relación a la calidad externa del huevo (cuadro 3). Por otro lado, con relación a la calidad interna de huevo, el tratamiento 1 presentó el valor más elevado a la evaluación de las Unidades Haugh ($p = 0.01$), así como el porcentaje de yema ($p = 0.03$) en comparación a las otras fuentes de fosfatos estudiadas (cuadro 4).

Cuadro 3. Calidad externa de huevo en gallinas de postura en segunda fase de producción alimentadas con diferentes fuentes de fósforo inorgánico

	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
Peso de huevo, g ¹	63.84	63.92	63.82	64.78
Color de cáscara	6.50	6.40	6.55	6.54
Porcentaje de cáscara, %	12.62 ^{ab}	12.63 ^{ab}	12.81 ^a	12.46 ^b
Grosor de cáscara, mm	0.43 ^b	0.41 ^b	0.42 ^b	0.44 ^a
Gravedad específica	1.088 ^{ab}	1.090 ^a	1.087 ^b	1.089 ^{ab}

T1, dieta basal + fosfato dicálcico (DCP – 18.5%); T2, dieta basal + fosfato dicálcico (DCP – 18.0%); T3, dieta basal + fosfato monodiválcico (MDCP – 21.5%); T4, dieta basal + fosfato monodiválcico (MCP – 22.3%)

¹ Los valores son promedios de 6 repeticiones de 40 aves cada una (240 aves por tratamiento)

^{a,b} Letras diferentes simbolizan diferencia significativa ($p < 0.05$)

Cuadro 4. Calidad interna de huevo en gallinas de postura en segunda fase de producción alimentadas con diferentes fuentes de fósforo inorgánico

	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
Unidad Haugh ¹	91.50 ^a	88.79 ^{ab}	88.82 ^{ab}	87.95 ^b
Color de yema	6.87	7.07	6.89	6.97
Porcentaje de yema, %	27.00 ^a	26.83 ^{ab}	26.69 ^{ab}	26.14 ^b
Porcentaje de albumen, %	58.63	58.20	58.45	58.70

T1, dieta basal + fosfato dicálcico (DCP – 18.5%); T2, dieta basal + fosfato dicálcico (DCP – 18.0%); T3, dieta basal + fosfato monodicálcico (MDCP – 21.5%); T4, dieta basal + fosfato monocálcico (MCP – 22.3%)

¹ Los valores son promedios de 6 repeticiones de 40 aves cada una (240 aves por tratamiento)

^{a,b} Letras diferentes simbolizan diferencia significativa ($p < 0.05$)

DISCUSIÓN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la adición de cuatro fuentes comerciales de fosfatos inorgánicos (DCP 18.5% de P; DCP 18% de P, MDCP 21.5% de P y MCP 22.3% de P) en el alimento sobre la calidad de huevo en gallinas de postura comercial de segunda fase de producción.

Cabe señalar que las gallinas no presentaron signos de enfermedad antes y durante el estudio, lo cual es de suma importancia porque ciertas enfermedades virales como newcastle, síndrome de baja postura o bronquitis infecciosa aviar, así como cuadros de micotoxicosis por aflatoxina u ocratoxina pueden causar problemas con la calidad de huevo (Swayne et al., 2018).

Los resultados a la evaluación del peso de huevo concuerdan con los reportado por Vandepopuliere y Lyons (1992), quienes no encontraron diferencia estadística a la evaluación del peso de huevo en gallinas de postura alimentas con una fuente de DCP y dos fuentes de fosfato desfluorinado. Pero si difieren de lo reportado Cotrina (2011), quien evaluó dos fuentes diferentes de fosfato (DCP 18% de P y DCP 18.5% de P) en el alimento de gallinas de postura por ocho semanas (32 – 40 semanas de edad), el autor concluye que el peso de huevo de las gallinas alimentadas con el DCP de 18% de P fue superior al peso de huevo de las gallinas alimentas con el DCP 18.5% de P ($p < 0.05$). De igual forma con el estudio realizado por Said et al. (1984), quienes al comparar el efecto de una fuente de DCP con dos fuentes de roca fosfatada (RRF-1 y RRF-2), encontraron que el peso de huevo del grupo que consumio el DCP y RRF-2 fue superior estadísticamente al RRF-1. Cabe resaltar que al no encontrar inferencia estadística por efecto de los fosfatos sobre el peso de huevo, las otras variables evaluadas no fueron favorecidas o perjudicadas por el tamaño o peso de huevo.

Por otro lado, los datos obtenidos a la evaluación del porcentaje de cáscara, grosor de cáscara y gravedad específica no permiten concluir cual de las cuatro fuentes evaluadas es mejor a pesar de que las tres variables analizadas muestran inferencia estadística. El porcentaje así como el grosor de cáscara y la gravedad específica son variables importantes relacionadas con calidad de cáscara, ya que de una forma indirecta nos indican la dureza de la misma. Conforme la gallina avanza en edad, aumenta el tamaño y

peso de huevo a la vez que va perdiendo la capacidad de absorber y depositar calcio en el cascarón. Si bien es cierto, la cáscara de huevo presenta poca cantidad de fósforo en su composición, este mineral es de suma importancia en la regulación de la homeostasis del calcio, el cual si tiene efecto directo sobre la calidad de la cáscara en términos de dureza (Valdés Narvaés et al., 2011; Ciriaco y Escalante, 2014, Li et al., 2016).

Sin embargo, la calidad de la cáscara tiene una relación inversa con el nivel de fósforo en el alimento (Said et al., 1984). Además, la gravedad específica es la característica más empleada para determinar la calidad de la cáscara (Noebauer, 2006).

Con respecto a la calidad interna de huevo, la UH es un parámetro de suma importancia ya que indica la frescura del huevo y esta relacionada con la calidad del albumen, la cual va descendiendo conforme avanza los días de almacenamiento por un efecto de las enzimas que causan su degradación (Noebauer, 2006). Sin embargo, el contenido de fósforo en el albumen es muy reducido, diferente al contenido en la yema donde forma parte de los lípidos (fosfolípidos), es por ello que a mayor biodisponibilidad de la fuente de fosfato, mayor será la deposición de lípidos en la yema.

Finalmente, el color de cáscara y yema no fueron influenciadas por la fuente de fosfato, lo cual se debe a que el color de la cáscara esta determinada por la presencia de hierro en el alimento el cual favorece la formación de protoporfirina, así como la presencia de carotenoides el cual favorece la pigmentación o coloración de la yema (Nys, 2000; Park et al., 2004)

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en la que se realizó el presente estudio, se concluye lo siguiente:

- Considerando a la gravedad específica como la característica más importante a la hora de evaluar la calidad externa del huevo, el DCP - China, el MCP - China y DCP - Perú son superiores en comparación al MDCP – Perú.
- Considerando a la Unidad Haugh como la característica más importante a la hora de evaluar la calidad interna del huevo, el DCP – Perú, el MDCP - Perú y el DCP - China son superiores en comparación al MCP – China.

LITERATURA CITADA

1. Acebedo Silva, A. 2019. Análisis de la producción de huevos en Latinoamérica - aviNews, la revista global de avicultura. [Internet]. [acceso 22 agosto 2020]. Disponible en: <https://avicultura.info/analisis-de-la-produccion-de-huevos-en-latinoamerica/>
2. Alleoni A, Antunes A. 2001. Unidade Haugh como medida da qualidade de ovos de galinha armazenados sob refrigeração. *Scientia Agricola*, 58(4), 681-685. doi: 10.1590/s0103-90162001000400005
3. BOLETÍN ESTADÍSTICO MENSUAL “El Agro en Cifras” Diciembre 2019. 2020. [Internet]. [acceso 29 agosto 2020]. Disponible en: <http://siea.minagri.gob.pe/siea/sites/default/files/boletin-estadistico-mensual-el-agro-en-cifras-dic19-130220.pdf>
4. Buckiuniene V, Gruzauskas R, Kliseviciute V, Raceviciute-Stupeliene A, Svirmickas G, Bliznikas S, et al. 2016. Effect of organic and inorganic iron in the diet on yolk iron content, fatty acids profile, malondialdehyde concentration, and sensory quality of chicken eggs. *Europ.Poult. Sci* 80. doi: 10.1399/eps.2016.141
5. Chipao Machaca, F. 2014. Efecto del fosfato dicalcico y harina de huesos sobre la producción y la calidad de huevo de codorniz de dos diferentes edades. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
6. Ciriaco P, Escalante V. 2014. Evaluación de calcio y fósforo fino y grueso en la dieta de gallinas ponedoras en dos frecuencias de suministro sobre la calidad de la cáscara de huevo. *Anales Científicos*, 75 (1): 239 – 244. doi: <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v75i1.957>
7. Cisneros F. 2018. Directrices de DSM pigmentación de yema de huevo | Home - DSM Nutrición y Salud Animal. [Internet]. [acceso 19 agosto 2019]. Disponible en: <https://www.dsm.com/anh/es/feedtalks/eggyolk-pigmentation-guidelines.html>

8. Cotrina Rojas J. 2011. Adición de Fósforo Orgánico e Inorgánico en dietas de gallinas de postura comercial y su efecto comparativo sobre el rendimiento productivo. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.
9. De Cristofaro, A. 2017. Importancia del calcio y fósforo en la formación de la cáscara de huevo en gallinas ponedoras. Tesis de Especialidad de Nutrición Animal. Lima: Universidad Nacional De La Plata - Buenos Aires. 108 pag.
10. De Persio S, Utterback P., Utterback C., Rochell S, O'Sullivan N, & Bregendahl K. et al. 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 (2), 195-206. doi: 10.3382/ps/peu044
11. El Perú está entre los 10 mayores consumidores de huevo de Latinoamérica. 2019. [Internet]. [acceso 29 agosto 2020]. Disponible en: <https://www.elsitioavicola.com/poultrynews/33117/el-perao-esta-entre-los-10-mayores-consumidores-de-huevo-de-latinoamarica/>
12. HAUGH, R.R.1937. The Haugh unit for measuring egg quality. *United States Egg Poultry Magazine*, 43: 552-555.
13. Heiman V, Carver J.S. 1936. The albumen index as a physical measurement of observed egg quality. *Poultry Science*, v.15, p.141-148.
14. Holts W. F, Almquist H.J. 1932. Measurement of deterioration in the stored hen's egg. *United States Egg Poultry Magazine*, v.38, p.70.
15. Hy line international. (2017). La ciencia de la calidad del huevo.
16. Iannotti, L., Lutter, C., Stewart, C., Gallegos Riofrío, C., Malo, C., & Reinhart, G. et al. 2017. Eggs in Early Complementary Feeding and Child Growth: A Randomized Controlled Trial. *Pediatrics*, 140(1), 1-8. doi: 10.1542/peds.2016-3459
17. Instituto de Estudios del Huevo | Información sobre el huevo: producción, composición y papel en la alimentación y la salud. 2009. Promoción de la investigación y divulgación sobre el huevo. [Internet]. [acceso 5 junio 2020]. Disponible en: <http://www.institutohuevo.com/>

18. León Carrasco J. 2019. Producción nacional de huevos creció 10.2% en el primer semestre del año. [Internet]. [acceso 1 setiembre 2020]. Disponible en: <https://agraria.pe/noticias/produccion-nacional-de-huevos-crecio-10-2-en-el-primer-semes-20000>
19. Li, X, Bryden, W, Zhang, D. 2016. Available phosphorus requirement of laying hens. Australian EGG Corporation Limited, (1UQ101A), p.109.
20. Murga C, Virhuez J, Vílchez C, Nakandakari L. 2020. Comportamiento productivo y características morfométricas y mineralización de tibias de pollos de engorde suplementados con fosfatos inorgánicos de cinco fuentes comerciales. Revista De Investigaciones Veterinarias Del Perú, 31(2). doi: <https://doi.org/10.15381/rivep.v31i2.17843>
21. National Research Council. 1994. Nutrient Requirements of Poultry: Ninth Revised Edition. Washington, DC: The National Academies Press.
22. Noebauer M.R. 2006. Efeitos das diferentes relações cálcio: fósforo disponível e fitase sobre o desempenho produtivo, qualidade dos ovos e tecido ósseo de poedeiras de ovos de casca marrom. Dissertação para Mestrado em Zootecnia. Rio Grande do Sul: Universidade Federal de Santa Maria. 63p.
23. Nys Y. 2000. Dietary carotenoids and egg yolk coloration - A review. Archiv fur Geflugelkunde 64 (2): 45-54
24. Park S, Namkung H, Ahn H, Paik I. 2004. Asian-Australas J Anim.Sci. Vol 17, No. 12: 1725-1728. Production of Iron Enriched Eggs of Laying Hens
25. Parsons C.H, Mink L.D. 1937. Correlation of methods for measuring the interior quality of eggs. United States Egg Poultry Magazine, v.43, p.484-489.
26. Pipicano Mamián, D. 2015. Efecto en pigmentación, calidad de huevo y rendimiento productivo, del reemplazo de la proteína de torta de soya por proteína de harina de cangrejo de río (*Procambarus clarkii*) en la dieta de gallinas semipesadas (51 a 63 semanas de edad) (Post grado). Universidad Nacional de Colombia.
27. Roepke R, Hughes J.S. 1935. Phosphorus partition in the blood serum of laying hens. Jour. Biol. Chem., 108 pp. 79-83

28. Rostagno HS 2017. Brazilian tables for poultry and swine. Composition of feedstuffs and nutritional requirements. 4th ed. Federal University of Viçosa.
29. Ruxton, C., Derbyshire, E., & Gibson, S. 2010. The nutritional properties and health benefits of eggs. *Nutrition & Food Science*, 40(3), 263-279. doi: 10.1108/00346651011043961
30. Said N.W, Sullivan T.W, Sunde M.L, Bird H.R. 1984. Effect of Dietary Phosphorus Level and Source on Productive Performance and Egg Quality of Two Commercial Strains of Laying Hens. *Poultry Science*, 63: 2007- 2019.
31. Skřivan M, Englmaierová M, Skřivanová V. 2010. Effect of different phosphorus levels on the performance and egg quality of laying hens fed wheat- and maize-based diets. *Czech J. Anim. Sci.*, 55 (10): 420–427.
32. Swayne D, Boulianne M , Logue C, McDougald L, Nair V, Suarez D. 2018. Diseases of poultry. 14^a ed. doi:10.1002/9781119371199
33. Swenson M, Reece W. 1999. *Dukes Physiology of Domestic Animals*. 11th Ed. Cornell Univ. Press, Ithaca, NY1993.
34. Swiatkiewicz S, Koreleski J, & Arczewska A. 2010. Laying performance and eggshell quality in laying hens fed diets supplemented with prebiotics and organic acids. *Czech Journal Of Animal Science*, 55 (No. 7), 294-306. doi: 10.17221/207/2009-cjas
35. Valdés Narváez V, Cuca García M, Pro Martínez A, González Alcorta M, Suárez Oporta M. 2011. Producción de huevo, calidad del cascarón y rentabilidad en gallinas de primer ciclo con niveles de calcio y fósforo disponible. [Internet]. [acceso 26 mayo 2020]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242011000100006
36. Vandepopulier J, Lyons J. 1992. Effect of Inorganic Phosphate Source and Dietary Phosphorus Level on Laying Hen Performance and Eggshell Quality. *Poultry Science*, 71, 1022-1031.
37. Wilgus H.S, Van Wagenen A. 1936. The height of the firm albumen as a measure of its condition. *Poultry Science*, v.15, p.319-321.

38. WILLIAMS K.C. 1992. Some factors affecting albumen quality with particular reference to Haugh unit score. *World's Poultry Science Journal*, v.48, p.5-16.

ANEXOS

Anexo 1. Analisis estadístico con el software minitab Minitab ® 17.

Variable	Normalidad		Homogeneidad		ANOVA		Tukey Diferencias
	P-Value	AD	P- Value	Bartlett	P- Value	F	
<i>Paramétrica</i>							
Porcentaje de cáscara (%)	0.970	0.139	0.319	3.51	0.040	3.33	Diferencia estadística
Grosor de cáscara (mm)	0.306	0.416	0.532	2.2	0.0	14.79	Diferencia estadística
Densidad de cáscara	0.079	0.650	0.452	2.63	0.014	4.5	Diferencia estadística
Peso de huevo	0.856	0.205	0.451	2.64	0.248	1.49	No diferencia estadística
Porcentaje de yema (%)	0.069	0.672	0.745	1.23	0.039	3.36	Diferencia estadística
Porcentaje de albumen (%)	0.289	0.426	0.072	6.99	0.542	0.74	No diferencia estadística
Unidades Haugh	0.169	0.519	0.936	0.42	0.014	4.5	Diferencia estadística
<i>Kruskal- Wallis</i>							
<i>No paramétrica</i>	P-Value	AD			P-value		
Color de cáscara					0.242		No diferencia
Color de yema					0.164		No diferencia

Normalidad = Anderson-darling

Anexo 2. Parámetros de calidad de huevo semanales obtenidos del experimento con relación a la edad de gallinas de postura en los diferentes tratamientos.

Calidad de huevo			
Edad	56 sem	58 sem	60 sem
Tratamientos			
Peso de huevo			
T1	63.75	64.22	63.56
T2	63.65	63.63	64.47
T3	63.87	63.31	64.3
T4	64.92	64.19	65.24
Porcentaje de cáscara			
T1	14.19	10.95	12.73
T2	14.07	11.62	12.20
T3	14.92	11.48	12.04
T4	14.21	11.01	12.14
Porcentaje de Yema			
T1	27.51	26.75	26.77
T2	27.37	26.78	26.34
T3	27.09	26.69	26.26
T4	26.16	25.94	26.35
Porcentaje de albumina			
T1	58.63	59.18	58.04
T2	58.7	57.77	58.12
T3	58.93	58.10	58.34
T4	58.66	58.93	58.49
Grosor de cáscara			

T1	0.42	0.42	0.43
T2	0.41	0.42	0.42
T3	0.43	0.4	0.41
T4	0.49	0.43	0.41
Unidades Haugh			
T1	90.93	91.7	91.86
T2	87.37	86.65	92.35
T3	89	86.32	91.14
T4	88.04	84.38	91.42
Densidad Especifica			
T1	1.087	1.090	1.089
T2	1.09	1.092	1.088
T3	1.087	1.088	1.089
T4	1.094	1.087	1.089
Color de Cáscara			
T1	6	6	6
T2	6	6	6
T3	6	6	6
T4	6	6	6
Color de Yema			
T1	7	6	8
T2	7	7	8
T3	7	7	7
T4	7	7	7

T1, dieta basal + DCP-Perú (18.5% de P); T2, dieta basal + DCP-China (18.0% de P); T3, dieta basal + MDCP-Perú (21.5% de P); T4, dieta basal + MCP-China (22.3% de P).

Los valores son promedios de seis repeticiones de 40 aves cada una (240 aves por tratamiento). Excepto en color de yema y color de cáscara que se toma como valores las medianas.