

UNIVERSIDAD PERUANA CAYETANO HEREDIA

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia



“Evaluación del comportamiento productivo en gallinas de postura comercial en segunda fase de producción suplementadas con fosfato inorgánico de cuatro fuentes comerciales”

Tesis para optar al título profesional de:

Médico Veterinario Zootecnista

Annie Xiomara Salinas Castro

Bachiller en Medicina Veterinaria y Zootecnia

Lima - Perú

2021

ABSTRACT

The aim of the present study was to evaluate the productive performance of laying hens in second production phase, supplemented with four different sources of inorganic phosphates in a period of four weeks. A total of 960 hens (Hy-Line Brown) at 56 weeks old were used, distributed in 4 treatments, 6 repetitions and 40 birds per repetition, under a completely randomized design (DCA). The experimental diets were formulated with the addition of a different source of inorganic phosphorus: T1 (DCP – Peru); T2 (DCP – China); T3 (MDCP – Peru) and T4 (MDCP – China), in order to obtain a level of 0.36 % of available phosphorus per kg of feed. The following productive parameters were evaluated: Egg production (%); weight and egg mass (g); feed consumption (g); feed conversion rate (kg/kg), mortality (%) and finally an economic assessment of the feed per kg of egg produced. The data obtained was analyzed with the statistic program Minitab 17 ®. The one-way analysis variance (ANOVA) was carried out for the parametric measurements and the Kruskal Wallis for non-parametric measurements. The difference between means was determined by the Tukey test with a confidence level of 95%. No statistical difference was found between phosphate sources respect on the parameters evaluated. It is concluded that there was no significant effect between the four phosphate sources on the productive performance of laying birds in the second productive phase.

Key words: Productive behavior, inorganic phosphate, laying hens, egg production

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el comportamiento productivo en gallinas de postura en segunda fase de producción, suplementadas con cuatro fuentes de fosfatos inorgánicos por un periodo de 4 semanas. Se emplearon 960 gallinas (Hy-Line Brown) de 56 semanas de edad, distribuidas en 4 tratamientos, 6 repeticiones y 40 aves por repetición, bajo un diseño completamente aleatorizado (DCA). Las dietas experimentales (tratamientos) fueron formuladas con la adición de una fuente diferente de fosfato inorgánico, siendo: T1 (DCP – Perú); T2 (DCP – China); T3 (MDCP – Perú) y T4 (MDCP – China), con la finalidad de obtener un nivel de 0.36 % de fósforo disponible por kg de alimento. Se evaluaron los siguientes parámetros productivos: Producción de huevo (%); peso y masa de huevo (g); consumo de alimento (g); conversión de alimento (kg/kg), mortalidad (%) y finalmente se realizó una evaluación económica del alimento por kg de huevo producido. Los datos obtenidos fueron analizados con el programa estadístico Minitab ® 17. Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) de una sola vía para las variables paramétricas y el análisis de Kruskal Wallis para las no paramétricas. La diferencia entre medias se determinó por la prueba de Tukey con un nivel de confianza de 95%. No se encontró diferencia estadística entre las fuentes de fosfato con respecto a los parámetros evaluados. Se concluye que no hubo efecto significativo entre las cuatro fuentes de fosfato sobre la performance productiva en gallinas de postura en segunda fase de producción.

Palabras Clave: Comportamiento productivo, fosfato Inorgánico, gallinas de postura, producción de huevos.

INTRODUCCIÓN

Según datos del Boletín Estadístico Mensual: “El Agro en Cifras” del Ministerio de Agricultura y Riego, en el 2019 el sector pecuario tuvo un crecimiento en términos del valor de la producción de un 3.2% (de 36 117.58 a 37 262.51 millones de soles) con respecto al año anterior. De ese crecimiento, el sub sector pecuario presentó un crecimiento del 4.1% (de 14 098.26 a 14 669.69 millones de soles), con una participación del sector de huevos para mesa de un 8.0% (de 1 396.95 a 1 508.93 millones de soles) más en relación al año 2018, experimentando un mayor crecimiento en comparación con otras actividades como: porcino (5%), aves de carne (4.5%), leche (3%) y vacuno de carne (1.7%). De esta forma, la producción de huevos comerciales sobresale como uno de los sectores productivos más importantes generadores de ingresos (soles) así como de proveedor de proteína animal en el país (SIEA, 2019).

Con los datos brindados y entendiendo que cada año hay un incremento en la demanda de huevo comercial sustentado en un aumento en el consumo per cápita (236 huevos por habitante al año) (El Sitio Avícola, 2019). Los productores de gallinas de postura comercial se ven en la necesidad de realizar mejoras en las diferentes áreas productivas como manejo, nutrición y sanidad, lo cual potencia la competitividad, rentabilidad y sostenibilidad de la empresa (Araujo, 2010). En todo sistema de producción animal, el costo del alimento representa aproximadamente entre el 70 a 80% de los costos de producción, por ello, todo avance que se realice en temas relacionados a la nutrición de las aves se traducirá en un mayor retorno de la inversión (De Cristofaro, 2017).

Las mejorías requeridas desde el punto de vista nutricional están centradas en emplear insumos de calidad, evitar las deficiencias y excesos de nutrientes y salvaguardar la salud del tracto gastrointestinal de las aves (Lesson y Summer, 2001). El Calcio (Ca) y el Fósforo (P) son dos macrominerales esenciales, y su disponibilidad en el alimento es crucial durante el periodo de postura (Barahona y Machacado, 2013). Después del calcio, el fósforo (P) es el segundo mineral que más abunda en el organismo del ave, encontrándose en un 80 a 85% almacenado en los huesos y el 15 a 20% restante se encuentra formando compuestos orgánicos en el organismo. Por otro lado, después de la proteína y la energía, este mineral es el tercer nutriente por cubrir, debido a su

impacto en los costos durante la formulación de raciones en gallinas de postura, el cual corresponde aproximadamente en un 2.3% del costo total del alimento (Acosta y Cárdenas, 2006a).

El P es un mineral no metálico que está asociado a importantes funciones metabólicas y por ello interviene directamente en el metabolismo energético, el cual está relacionado con el peso corporal, producción de huevos y la conversión alimentaria, así como en la formación y mantenimiento de los huesos, y en la constitución del cascarón del huevo (Acosta y Cárdenas, 2006b). La deficiencia de este mineral en el alimento de gallinas de postura causa una reducción en la producción de huevo, disminución en el tamaño, peso del huevo y mala calidad de cáscaras, pérdida de peso corporal, anormalidades del esqueleto como osteomalacia o fractura de huesos largos, pico blando, parálisis muscular, el síndrome de fatiga de jaula y un aumento de la mortalidad (McDowell, 1992; Ciriaco, 2014).

La formación del huevo supone un gran esfuerzo fisiológico por parte del ave, ya que es capaz de depositar alrededor de 7.7 gramos de proteína, 7 gramos de lípidos, 2 gramos de Ca y 40 gramos de agua, así como otros compuestos (De Cristofaro, 2017). Durante la producción del huevo una parte del P requerido se destina para la síntesis de la albúmina y la yema, ambos procesos son constante durante el día, mientras que la formación de la cáscara comienza aproximadamente 4 horas después de la ovulación y tiene una duración aproximada de 20 horas. A pesar de que la cáscara no contiene P, este mineral juega un rol importante en su formación, debido a que gran parte del Ca requerido es movilizado de los huesos (hueso medular) sobre todo en horas de la noche o durante la madrugada. Luego de la ovoposición se debe reponer el Ca movilizado de los huesos, y este mineral es depositado junto al P formando los cristales de hidroxapatita. Por lo antes mencionado, los requerimientos de P son más altos a primeras horas del día (posterior a la puesta del huevo), debido a la mayor ingesta de P y capacidad de absorción en horas de la mañana (Keshavarz, 1998).

Las fuentes de P en el alimento de aves de postura comercial pueden ser de origen vegetal, animal o mineral. En los cereales (maíz, trigo, avena) y semillas de oleaginosas (soya, algodón, girasol) aproximadamente el 60 a 80% del P total (P de naturaleza orgánica) se encuentra formando un complejo de elevado peso molecular llamado fitato (inositol hexafosfato) y por ello las aves no lo pueden digerir y absorber, siendo eliminado en su gran mayoría (70-80%) por las heces debido a que no disponen de cantidades suficientes de la enzima fitasa (Ravindran et al., 1995; Keshavarz, 1998). Diversos estudios demuestran que la adición de la enzima fitasa en el alimento de gallinas de

postura tiene un efecto directo al liberar parte del P unido al fitato, sin embargo aun así se requiere de la adición de una fuente inorgánica de P en el alimento para cubrir el requerimiento mínimo de este mineral (0.32% de P no fítico por kg de alimento) en la nutrición de gallinas de postura en segunda fase productiva (NRC, 1994). Sin embargo la guía de manejo de la línea genética Hy-Line Brown menciona que el consumo diario de P por parte del ave es de 400 mg, lo cual representa una concentración de 0.36% de P no fítico por kg de alimento (Hy-Line, 2018). Se menciona también que el requerimiento de P no fítico en el alimento, puede variar según la línea genética, etapa de producción, y en dependencia de las variables de producción que deseen mejorarse: intensidad de puesta, masa de huevo producido, gravedad específica o reducción del costo de la dieta (Keshavarz, 2003).

Los resultados de diversos estudios señalan que los niveles entre 0.30 a 0.35% de P disponible o no fítico en el alimento permiten una calidad óptima de la cáscara del huevo (De Cristofaro, 2017). Por otro lado, la reducción de P disponible entre 0.15 a 0.20% de la dieta, en algunos casos no tiene ningún efecto negativo referente a calidad de cáscara, pero sí en la producción de huevos (Keshavarz, 2003).

Las fuentes de P inorgánico o fosfatos inorgánicos suelen presentar una alta disponibilidad (aprovechable por el organismo), como ejemplo de dichos fosfatos tenemos al fosfato monocalcico (MCP), fosfato monodicalcico (MDCP), fosfato dicalcico (DCP) y sus combinaciones, que se obtienen haciendo reaccionar la roca fosfórica proveniente de las minas con un ácido fuerte como por ejemplo el ácido sulfúrico y luego neutralizándolo con carbonato de calcio. El grado de aprovechamiento del P contenido en estas fuentes inorgánicas es variable y se determina por pruebas biológicas que permiten establecer la biodisponibilidad de P, el cual depende de numerosos factores, incluyendo la naturaleza de la roca inicial y el proceso de fabricación (Cabrera et al., 2002). La biodisponibilidad se describe como el grado en que un nutriente ingerido de una fuente en particular es absorbido y queda disponible para que pueda ser utilizado en el metabolismo del animal (Godoy y Chicco, 2007). A través de numerosos estudios de biodisponibilidad de las diferentes fuentes de P inorgánico se concluyó que los fosfatos mono y dicalcico tienen el mayor valor de biodisponibilidad y se utilizan con mayor frecuencia en la formulación de las dietas (De Cristofaro, 2017).

Las diferentes fuentes de fosfato inorgánicos empleadas en nutrición animal tienen en común que son obtenidas a partir de la acidificación del concentrado apatítico, este concentrado apático proviene de la flotación de la roca fosfórica finamente molida con un ácido fuerte, dando como resultado al ácido fosfórico, para luego ser desfluorizado, desulfatado y neutralizado con carbonato de calcio. El contenido de otros metales (elementos indeseables) como el flúor, magnesio o cadmio es un punto importante a tener en cuenta en los fosfatos comerciales, ya que la legislación europea establece niveles máximos de estos como el flúor que debe ser inferior al 0.2%. El fosfato dicálcico (DCP), tiene como mínimo un 18% de P en su composición, además de una relación mínima fósforo/flúor de 100/1 y la máxima de calcio/fósforo de 1.38/1, productos con bajos niveles de flúor y otros contaminantes. Por otro lado, el fosfato monodivalente (MDCP) tiene como mínimo un 20% de P, relación mínima fósforo/flúor de 60/1 y máxima de calcio/fósforo de 1.15/1 (Silva, 1990; Lima et al., 1995). Sin embargo, a pesar que en muchas ocasiones se mide la calidad de una fuente de fosfato por medio de su forma química, grado de hidratación, tamaño de partícula, contenido de calcio, contaminantes como los metales pesados presentes en la roca de donde se obtiene el fosfato, hacen que estas características no sean del todo suficientes, porque aún faltaría obtener el grado de aprovechamiento por parte del animal, el cual se puede obtener por medio de las pruebas biológicas indirectas como parámetros productivos o retención del mineral en el organismo, o directas como ensayos de biodigestibilidad y biodisponibilidad (Burnell et al., 1990; Cornejo, 2005).

Se han realizado diversos estudios donde se evaluaron los efectos de las diversas fuentes de fosfatos inorgánicos en el alimento sobre el comportamiento productivo en animales de producción. Cotrina (2011) comparó el efecto de la adición de dos fuentes de DCP (18.0 y 18.5% de P) en la ración de gallinas de postura comercial (32 semanas) sobre el comportamiento productivo y calidad de huevo, encontrando diferencia significativa para las variables consumo de alimento, peso y masa de huevo a favor del DCP 18.0% de P, pero la conversión de alimento fue estadísticamente mejor para el tratamiento a base de DCP 18.5% de P. Sin embargo, las variables producción de huevo así como huevos rotos y mortalidad no fueron afectadas por la fuente de fosfato evaluadas. En otro estudio realizado en pollos de carne, Murga et al. (2020), evaluaron el efecto de diferentes fuentes de fosfato inorgánico (DCP, MDCP, MCP) en el alimento sobre los parámetros productivos en pollos de carne. Los autores no encontraron diferencia significativa entre las fuentes evaluadas. Similar resultados se encontró en un estudio realizado en cerdos donde se evaluó los efectos de sustitución de fosfato dicálcico por fosfato monodivalente sobre el desempeño productivo, parámetros

sanguíneos y óseos en fases de crecimiento y engorde, con dietas suplementadas con fosfato dicálcico con sustitución a diferentes porcentajes por fosfato monodivalente (33.33 %, 66.67 % y 100 %), con valores de 0.56% y 0.42% de fósforo no fítico en el alimento para ambas fases productivas (crecimiento y terminación). Como resultado se obtuvo que la sustitución (parcial o total) no tuvo influencia alguna sobre el desempeño productivo; sin embargo sí se obtuvo un aumento en grosor de capa compacta y periosteos así como disminución en los niveles de ceniza, fósforo y calcio de los huesos (Teixeira et al., 2005).

Por lo expresado en párrafos anteriores, el P a pesar de estar presente en los insumos vegetales como maíz y soya, este no es aprovechado en su totalidad por parte del ave y por esta razón, el nutricionista se ve en la necesidad de adicionar una fuente inorgánica de fosfato en el alimento y así poder cubrir el requerimiento mínimo de este mineral. Es por ello, que en el mercado de insumos o aditivos nutricionales para aves se pueden encontrar diferentes tipos de fosfatos inorgánicos provenientes de diversos países de origen, los cuales pueden variar en precio y calidad. Por lo antes mencionado, se llevo a cabo el presente estudio con el objetivo de evaluar el comportamiento productivo de aves de postura en segunda fase de producción alimentadas con 4 fuentes diferentes de fosfatos inorgánicos en la ración.

MATERIALES 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 Chíncha. El cual tuvo una duración de 4 semanas (21 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 56 semanas de edad, encontrándose en segunda fase de postura, etapa a la que corresponde desde un 85% de producción comprendido hasta el final de vida productivo de la gallina. Las gallinas fueron distribuidas en cuatro tratamientos

(n=240) y 40 gallinas por repetición. Cada repetición se consideró como una unidad experimental.

La distribución mencionada se realizó con el fin de determinar los siguientes parámetros productivos: Producción de huevo (%), masa de huevo (g), consumo de alimento (g), conversión de alimento (g / g) y eficiencia económica del alimento (S/ x Kg). Así mismo, se tomó una muestra representativa bajo 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 poder determinar los parámetros de peso vivo (n = 30 aves) y peso de huevo (n = 7 huevos).

5. Productos a evaluar

- Fosfato Dicálcico: 2 fuentes distintas de Fosfato Dicálcico Dihidratado fino.
 - DCP de Perú con 18.5 % de Fósforo, 26% de Calcio.
 - DCP de China con 18 % de Fósforo y 23% de Calcio.
- Fosfato Monodicálcico grueso: MDCP de Perú con 21.5% de Fósforo y 26% de Calcio.
- Fosfato Monocálcico grueso: MCP de China con 22.3% de Fósforo y 15% de Calcio.

6. 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% P
T3 : Fosfato monodicálcico Perú	(MDCP – Perú)	21.5% P
T4 : Fosfato monocálcico 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 durante la preparación del alimento, 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.

La preparación del alimento se realizó en el molino personal de la granja; para ello se empleó una balanza gramera para pesaje de aditivos (metionina, premix, sal, secuestrante de micotoxina, bicarbonato de sodio, promotor de crecimiento) y de balanza digital de kg para el resto de insumos mencionados en el cuadro 1, para cada mezcla se hizo uso de un mezclador horizontal. La adición de las fuentes fosfatadas fue añadida de forma individual por tratamiento, en el orden mencionado en el Cuadro 1, siendo así aplicados antes de los aditivos.

El nivel de fósforo disponible o no fítico en el alimento base (0.36%), aseguró un consumo mayor a 400 mg ave/día, bajo un consumo de 120 g de alimento ave/día. Siendo brindado para el experimento 4.800 kg de alimento por repetición.

Las aves fueron alimentadas dos veces al día (5 am y 3 pm) con previo pesaje y embolsado del alimento por tratamiento. 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 Amarillo	65.88	65.924	65.78	65.934
Torta de soya (46%)	19.80	20.00	19.80	20.00
Carbonato de calcio grueso	7.06	7.15	7.16	7.36
Carbonato de calcio fino	2.35	2.38	2.39	2.45
Subproducto de trigo	1.65	1.42	1.80	1.24
Diversos fosfatos inorgánicos	1.37	1.25	1.20	1.14
Aceite acidulado de soya	1.00	1.00	1.00	1.00
Sal industrial	0.28	0.28	0.28	0.28
DL- Metionina 99%	0.20	0.20	0.20	0.20
Premezcla vitamínico-mineral	0.10	0.10	0.10	0.10
Secuestrante de micotoxinas	0.10	0.10	0.10	0.10
Bicarbonato de sodio	0.09	0.09	0.09	0.09
Promotor de crecimiento	0.10	0.10	0.10	0.10

*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).

Se tomó una muestra de un kg por cada dieta experimental 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 estimado 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 total (Nx6.25), %	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

7. Mediciones realizadas

Parámetros Productivos

- **Producción de huevos (%):** Se evaluó diariamente y se registró el promedio semanal por cada repetición, para ello se recolectaron todos los huevos del día, incluyendo los huevos deformes, blancos, sucios, rajados; se dividieron entre el número de aves de ese día y se multiplicó por 100. Luego se realizó el mismo procedimiento, pero separando los huevos comerciales de huevos de segunda (quebrados, sucios y blancos).

$$\text{Producción de huevos diaria (\%)} = \frac{\text{Total de huevos producidos por repetición} \times 100}{\text{N}^\circ \text{ de aves}}$$

- **Masa de huevo (g):** Al cierre de cada semana productiva, se seleccionaron y pesaron una muestra de 7 huevos y luego se dividió entre 7, dando como resultado el peso promedio de huevo de cada repetición.

$$\text{Peso promedio de huevo (g)} = \text{Peso de 7 huevos (g)} / 7$$

$$\text{Masa de Huevo (g)} = \frac{(\text{Peso promedio de huevo (g)} \times \% \text{ de producción})}{100}$$

- **Consumo de alimento (g):** Se registró diariamente la cantidad de alimento ofrecido (previamente pesado) y se recolectó el alimento sobrante del día anterior. Al final de la semana, se cuantificó la cantidad total de alimento ofrecido y la cantidad total de alimento sobrante en toda la semana.

$$\text{Consumo de alimento total} = \text{Alimento suministrado} - \text{alimento sobrante}$$

- **Índice de conversión de alimento:** Se obtuvo dividiendo el consumo de alimento(kg) sobre la masa de huevo (kg), este parámetro también se determinó de forma semanal.

$$\text{Índice de conversión de alimento} = \text{consumo de alimento total} / \text{masa de huevo.}$$

- **Ganancia de peso (g):** Se pesó una muestra de 30 gallinas que conformaban una repetición; por ello se pesaron aves de 6 jaulas previamente identificadas. Para ello se empleó una báscula colgante Salter con capacidad de 5 kg de peso. El pesaje de las aves fue realizado a primera hora del día (4 am), y antes de repartir el alimento. El pesaje se realizó cada 2 semanas y la ganancia de peso se obtuvo por diferencia entre el peso de la semana actual menos el peso anterior.

$$\text{Ganancia de peso total} = \text{peso final} - \text{peso inicial}$$

- **Mortalidad acumulada (%):** Se registraron las aves muertas del día y se dividió entre la cantidad total de aves que representaron la repetición, para luego ser llevado a porcentaje.
- **Evaluación económica (S/):** Es el resultado del consumo de alimento total multiplicado por el costo por kg de alimento y dividido entre la masa de huevo. Este parámetro se determinó como promedio al final del experimento.

8. Análisis Estadístico

Se empleó un diseño completamente al azar (DCA) con 4 tratamientos, 6 repeticiones y 40 gallinas por repetición. Los datos obtenidos se analizaron con el programa estadístico Minitab ® 17. Para el caso de las mediciones 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 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

No se encontró diferencia estadística por efecto de las fuentes de fosfato sobre el desempeño productivo en gallinas de postura en segunda fase de producción, como se puede observar en los cuadros 3 y 4. Sin embargo, desde el punto de vista financiero, los tratamientos 3 y 4 obtuvieron mejores resultados económicamente (2.34 y 2.35 soles) como se puede observar en el cuadro 5.

Cuadro 3. Parámetros productivos en gallinas de postura en segunda fase productiva alimentadas con diferentes fuentes de fósforo inorgánico

VARIABLE	TRATAMIENTO*			
	T 1	T 2	T 3	T 4
Producción de huevos ¹ , %	88	86.07	89.60	89.29
Peso de huevo, g	62.75	64.32	63.55	63.83
Masa de huevo, g	55.67	55.19	56.63	57.10
Consumo de alimento, g	116.71	115.30	115.91	117.15
Índice de conversión de alimento, kg/kg	2.102	2.093	2.054	2.050
Ganancia de peso, g/ave	38.42	18.81	18.30	25.11
Mortalidad, %	0.00	0.00	0.00	0.00

*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).

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

Los datos obtenidos en el estudio con respecto al porcentaje de huevos vendibles, huevos de segunda y huevos rotos (Cuadro 4), no presentan inferencia estadística entre las fuentes de fosfato evaluadas.

Cuadro 4. Porcentaje de huevos vendibles, de segunda y rotos en gallinas de postura en segunda fase de producción alimentadas con diferentes fuentes de fosfatos inorgánicos

VARIABLE ¹	TRATAMIENTO*			
	T1	T2	T3	T4
Producción de huevos vendibles, %	96.76	96.54	96.78	96.51
Producción de huevos de segunda, %	3.24	3.46	3.22	3.49
Producción de huevos rotos, %	0.35	0.48	0.20	0.29

*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).

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

En el cuadro 5, se muestran los resultados a la evaluación económica del alimento considerando un precio de 1.1 soles por Kg de alimento. Los datos obtenidos no fueron analizados estadísticamente.

Cuadro 5. Evaluación económica del alimento en gallinas de postura en segunda fase de producción alimentadas con diferentes fuentes de fósforo inorgánico

Eficiencia económica, S/ (Kg alimento = S/ 1.1)	
T1 ¹	2.31
T2	2.30
T3	2.25
T4	2.26

* 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).

¹ Valor promedio obtenido por la multiplicación del consumo de alimento por el precio del alimento (S/1.1 x kg), dividido entre la masa de huevo.

DISCUSIÓN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el comportamiento productivo de aves de postura en segunda fase productiva, suplementadas con cuatro fuentes de fosfatos inorgánicos disponibles en el mercado nacional. Cabe resaltar que existe un número aceptable de reportes científicos donde se compara el efecto de diferentes fuentes de fosfato inorgánico sobre el comportamiento productivo en pollos de carne con resultados variables (Nelson et al., 1990; de Queiroz et al., 2008; Shastak et al., 2014; Murga et al., 2020). Sin embargo, lo contrario ocurre en gallinas de postura donde existe un número reducido de estudios científicos que fueron realizados 30 a 50 años atrás, como el realizado por Said et al. (1984). En las últimas dos décadas, los estudios que incluyen fosfatos inorgánicos en gallinas de postura se han realizado con la finalidad de estudiar el nivel o porcentaje mínimo o máximo de fósforo en el alimento y su efecto sobre los parámetros productivos y calidad de huevo (Acosta et al., 2009; Skrivan et al., 2010; Nie et al., 2018).

En el presente estudio no se encontró diferencia estadística a la evaluación del efecto de las diferentes fuentes de fosfato sobre la performance productiva, lo cual difiere con el estudio realizado por Cotrina (2011) quien encontró inferencia estadística a favor del DCP 18% en comparación al DCP 18.5% para las variables consumo de alimento, peso y masa de huevo. Aún así, la conversión de alimento fue mejor en las aves que consumieron el DCP 18.5%. Sin embargo, las variables producción de huevo, huevos rotos y mortalidad fueron similares entre ambas fuentes de fosfato evaluadas. De igual forma, en el estudio realizado por Said et al. (1984), los autores evaluaron el nivel de fósforo total (0.4, 0.5, 0.6 y 0.7%) y su relación con la fuente de fosfato (DCP, y dos fuentes de roca fosfatada (RRP-1 y RRP-2)) en el alimento de gallinas de postura comercial entre las 26 a 68 semanas de edad. El estudio concluye que las gallinas alimentadas con el DCP presentaron una mayor producción de huevos en comparación a las dos fuentes de roca fosfatada, lo cual se atribuye a una mayor biodisponibilidad del P presente en el DCP (considerando un valor de 100 para el DCP y 85% para ambas fuentes de roca fosfatada con relación al DCP).

En un artículo de revisión realizada por Li et al. (2016), los autores mencionan que la comunidad científica y académica aún no llega a un consenso sobre el requerimiento mínimo de fósforo en pollos de carne y gallinas de postura, así como a la metodología ideal para medir la biodisponibilidad del P presente en las diferentes fuentes de fosfatos. Lo cual se debe a diferencias entre la genética, parámetros evaluados así como a la variabilidad entre los insumos utilizados

(fuentes de fosfatos) y la interacción entre los tres puntos antes mencionados. Así mismo, Van der Klis y Versteegh (1996) mencionan que las variaciones a la respuesta de diferentes tipos de fosfatos pueden ser causados por la composición química, tecnología así como metodología de elaboración, grado de hidratación de la fuente, origen de materia prima o roca fosfórica, presencia de elementos indeseables en el producto, teniendo un efecto directo sobre la biodisponibilidad del P presente en la fuente de fosfato.

En el estudio, el nivel de P no fítico en todos los tratamientos evaluados fue de 0.36%, lo cual garantizó un consumo de mayor a 400 mg/ave/día bajo un consumo promedio de 115 g (cuadro 3). Según Potter (1988); Applegate y Angel (2008) y Li et al. (2016); el nivel de P en el alimento tiene un efecto directo sobre la respuesta de las aves a las diferentes fuentes de fosfato inorgánico, siendo las respuestas negativas, cuando se presentan los cuadros de deficiencia de este mineral. Pastore (2010), menciona que 289 mg/ave/día de P en el alimento es suficiente para no comprometer la producción de huevos.

Otra característica a tener presente y que tiene efecto sobre la biodisponibilidad de P es la granulometría de las fuentes fosfatadas. Junqueira et al (2000), realizaron un estudio comparativo entre fuentes de fosfato granulado y fino (polvo) en pollos de carne y concluyeron que la inclusión de DCP granulado presentó mejores resultados que la fuente de DCP en polvo (fino). La forma de presentación de la fuente de fosfato tendría relevancia en el presente estudio; de las cuatro fuentes evaluadas dos eran granuladas (T3 y T4) y dos eran finas (T1 y T2). Es por ello, que los tratamientos 3 y 4, presentaron un relativo mejor comportamiento productivo desde el punto de vista numérico (no estadístico) que los tratamientos 1 y 2. A pesar de no encontrar inferencia estadística entre las fuentes de fosfato sobre las variables evaluadas, podemos decir que numéricamente los tratamientos 3 y 4 son superiores desde el punto de vista productivo y económico.

Por lo antes mencionado, en el presente estudio no se evaluó la biodisponibilidad del P presente en las diferentes fuentes de fosfatos utilizados, sólo se basó en la respuesta al desempeño productivo así como al costo del alimento por Kg de huevo producido, dos puntos importantes para la elección de la mejor fuente de fosfato según las características metodológicas del presente estudio como son: gallinas Hy Line Brown, alimentación basada en insumos vegetales (maíz, torta de soya y subproducto de trigo) con un nivel de 4.0% de calcio y 0.36% de fósforo no fítico, sin adición de enzimas como la fitasa.

CONCLUSIONES

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

- Las fuentes de fosfato inorgánico empleadas en el presente estudio, no tuvieron un efecto significativo sobre el comportamiento productivo en gallinas de postura en segunda fase de producción con un consumo promedio de 400 mg/ave/día de P.

LITERATURA CITADA

1. Acosta, A., & Cárdenas, M. 2006a. El fósforo en la alimentación de las aves. *Revista ACPA*. [Internet]. [Acceso 14 de Setiembre 2020]. Disponible en: <http://www.actaf.co.cu/revistas/Revista%20ACPA/2006/REVISTA%2001/20%20EL%20FOSEOR.pdf>
2. Acosta, A., & Cárdenas, M. 2006b. Enzimas en la alimentación de las aves. Fitasas. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 40(4). [Internet]. [Acceso 17 de Setiembre 2020]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193017672001.pdf>
3. Acosta, A., Lon-Wo, E., Cárdenas, M., & Almeida, M. 2009. Efecto del nivel dietético de fósforo en el comportamiento productivo y metabolismo mineral de gallinas ponedoras comerciales. *Revista cubana de ciencia agrícola*, 43(3), 285-289. [Internet]. [Acceso 07 de Octubre 2020]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193015481012>
4. Angel, C. R., Applegate, T. J. 2008. Phosphorus requirements for poultry.
5. Araujo, L.F., Kidd, M.T, Araujo, C., et al. 2010. Impacto da nutrição de matrizes pesadas sobre o desenvolvimento da progênie. In: Congresso Latinoamericano de Nutrição Animal, Águas de São Pedro, SP, Brasil.
6. Barahona, G., & Machado, O. D. 2013. Producción y calidad del huevo en las líneas Hy-Line CV22® y Hy-Line Brown® alimentadas con diferentes concentraciones de calcio, fósforo y relación calcio/fósforo.
7. Burnell, T.; Cromwell, G. y Stahly, T. 1990. Effects of particle size on the biological availability of calcium and phosphorus in defluorinated for chicks. *Poultry Science*, 69: 1110-1117.
8. Cabrera, M. C., Ramos, A., Saadoun, A., & Marchesoni, A. 2002. Evaluación de la biodisponibilidad del fósforo orgánico e inorgánico a través de la solubilidad in vitro y utilización in vivo. *Agrociencia-Sitio en Reparación*, 6(1), 69-78.
9. Cornejo, S., Pokniak, J., González, J., Salazar, J., & Contreras, E. 2005. Evaluación de un fosfato dicálcico importado en dietas de pollos broiler. *Archivos de medicina veterinaria*, 37(2), 125-132.
10. Cotrina Rojas, J. D. 2011. Adición de fósforo orgánico e inorgánico en dietas de gallinas de postura comercial y su efecto comparativo sobre el rendimiento productivo.
11. Ciriaco, P., & Escalante, V. 2014. Evaluación de calcio y fosforo fino y grueso en la dieta de gallinas ponedoras en dos frecuencias de suministro sobre la calidad de la cascara de huevo. In *Anales Científicos*.75(1).

12. De Cristofaro, A. M. 2017. Importancia del calcio y fósforo en la formación de la cáscara de huevo en gallinas ponedoras (Doctoral dissertation, Facultad de Ciencias Veterinarias).
13. De Queiroz, L. S. B., Bertechini, A. G., Rodrigues, P. B., & Guerreiro, M. C. 2008. Utilização de fosfatos comerciais para frangos de corte na fase inicial. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43(10), 1421-1427.
14. Eddison, J. 2017. Quantitative Investigations in the Biosciences using MINITAB. Routledge.
15. El Sitio Avícola. 2019. El Perú está entre los 10 mayores consumidores de huevo de Latinoamérica.
16. Godoy, S., & Chicco, C. F. 2007. Fuentes de fósforo alternativas en la nutrición de aves.
17. Hy-Line. 2018. Guía de manejo: ponedoras comerciales (Hy-Line Brown). [Internet]. [acceso 12 Octubre 2020]. Disponible en:
<https://www.hyline.com/filesimages/Hy-Line-Products/Hy-Line-Product-PDFs/Brown/BRN%20COM%20SPN.pdf>
18. Junqueira, O.M; Araujo, L-F; Araujo, C.S.S; *et al.* 2000. Efeito de diferentes fontes de fosfato bicálcico no desempenho de frangos de corte. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, v. 4, p. 56 – 63.
19. Keshavarz, K. 1998. Investigation on the possibility of reducing protein, phosphorus, and calcium requirements of laying hens by manipulation of time of access to these nutrients. *Poultry Science* 77, 1320–1332.
20. Keshavarz, K. 2003. The effect of different levels of nonphytate phosphorus with and without phytase on the performance of four strains of laying hens. *Poult. Sci.* 82:71.
21. Leeson S. & Summer J.D. 2001. Nutrition of the chicken 4th ed. University Books. Canadá.
22. Li, X., Bryden, W. L., & Zhang, D. 2016. Available phosphorus requirement of laying hens. *Australian Egg Corporation Ltd: Sydney*.
23. Lima, F. R., Mendonça Jr, C. X., Alvarez, J. C., Ratti, G., Lenharo, S. L. R., Kahn, H., & Garzillo, J. M. F. 1995. Chemical and physical evaluations of commercial dicalcium phosphates as sources of phosphorus in animal nutrition. *Poultry Science*, 74(10), 1659-1670.
24. McDowell, L.R. 1992. Minerals in Animal and Human nutrition. Ed.L.R. McDowell. Academic Press, New York. Pp:27-77.
25. Murga, C. T., 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).

26. Nelson, T.S., Kirby, L.K. & Johnson, Y.B. 1990. The relative biological value of feed phosphates for chick. *Poult. Sci.* 69: 113
27. Nie, W., Wang, B., Gao, J., Guo, Y., & Wang, Z. 2018. Effects of dietary phosphorous supplementation on laying performance, egg quality, bone health and immune responses of laying hens challenged with *Escherichia coli* lipopolysaccharide. *Journal of animal science and biotechnology*, 9(1), 53.
28. NRC. 1994. National Research Council. Nutrient Requirements of Poultry. 9th Rev. Ed. National Academy Press, Washington, D.C
29. Pastore, S. M. 2010. Níveis de cálcio e relação cálcio/fósforo disponível em rações para poedeiras leves no período de 42 a 58 semanas de idade.
30. Potter, L. M. Bioavailability of phosphorus from various phosphates based on body weights and toe ash measurements. *Poultry Science*, v.67, p. 96–102, 1988.
31. Ravindran, V., Kornegay, E.T., Potter, L.M., Ogunabameru, B.O., Welten, M.K., Wilson, J.H. and Potchanakorn, M. 1995. An evaluation of various response criteria in assessing biological availability of phosphorus for broilers.
32. 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(10), 2007-2019.
33. Shastak, Y., Zeller, E., Witzig, M., Schollenberger, M., & Rodehutsord, M. 2014. Effects of the composition of the basal diet on the evaluation of mineral phosphorus sources and interactions with phytate hydrolysis in broilers. *Poultry Science*, 93(10), 2548-2559.
34. SIEA. 2019. Boletín estadístico Mensual de la Producción y Comercialización de Productos avícolas. Lima.
35. Silva, D.J. 1990. Análises de alimentos: métodos químicos e biológicos. 2. ed. Viçosa, MG: UFV. 165p
36. 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 Journal of Animal Science*, 55(10), 420-427.
37. Teixeira, A. D. O., Lopes, D. C., Gomes, P. C., Lopes, J. B., Costa, L. F., Ferreira, V. P. D. A. F., & Büsen, S. 2005. Níveis de substituição do fosfato bicálcico pelo monobicálcico em dietas para suínos nas fases de crescimento e terminação. *Revista Brasileira de Zootecnia*.
38. Van der Klis, J. D., & Versteegh, H. A. J. 1996. Phosphorus nutrition of poultry.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis estadístico con el software Minitab ® 17.

Variable	Normalidad		Homogeneidad		ANOVA		Tukey
	P-Value	AD	P- Value	Bartlett	P- Value	F	Diferencias
Paramétrica							
Producción de huevos, (%)	0.803	0.223	0.928	0.460	0.173	1.84	No diferencia estadística
Producción de huevos vendibles, (%)	0.274	0.436	0.084	6.650	0.885	0.22	No diferencia estadística
Producción de huevos segunda ,(%)	0.274	0.436	0.084	6.650	0.885	0.22	No diferencia estadística
Masa de huevo, (g)	0.530	0.310	0.88	0.829	0.525	0.77	No diferencia estadística
Consumo de alimento, (g)	0.536	0.308	0.206	4.57	0.745	0.41	No diferencia estadística
Conversión de alimento, (kg/kg)	0.177	0.511	1.99	0.575	0.813	0.32	No diferencia estadística
Ganancia de peso, (g)	0.628	0.275	0.308	3.6	0.87	0.24	No diferencia estadística
<i>Kruskal- Wallis</i>							
No paramétrica	P-Value	AD			P-value		
Producción de huevos rotos, (%)	0.03	0.809			0.160	No normalidad No diferencia	
Peso de huevo	0.03	0.808			0.619	No normalidad No diferencia	

Normalidad = Anderson-darling

Anexo 2. Pesos al inicio y final del experimento por tratamientos

Tratamientos	Peso inicial	Peso Final
T1	2.05	2.088
T2	2.045	2.064
T3	2.047	2.054
T4	2.028	2.054

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

Anexo 3. Parámetros productivos semanales obtenidos del experimento con relación a la edad de gallinas de postura en los diferentes tratamientos.

Producción de huevos (%)				
Edad	56 sem	57 sem	58 sem	59 sem
Tratamientos				
T1	87.68	87.84	88.63	87.87
T2	85.71	86.79	87.20	84.57
T3	87.83	91.13	90.12	89.31
T4	88.79	89.37	89.64	89.34
Peso de huevo				
T1	63.98	63.74	62.92	62.32
T2	64.41	64.16	64.19	63.68
T3	64.44	62.86	62.14	63.33
T4	64.88	63.62	63.50	63.78
Masa de huevo				
T1	56.13	55.99	55.78	54.78
T2	55.20	55.68	55.97	53.86
T3	56.57	57.28	56.07	56.56
T4	57.59	56.88	56.93	56.99
Huevos Vendibles (%)				
T1	95.93	95.95	97.43	97.75
T2	95.40	96.05	97.09	97.60
T3	96.81	96.20	96.71	97.40
T4	95.41	96.11	96.98	97.52
Consumo de alimento				
T1	110.2	119.5	119.5	120.6
T2	111.0	117.6	116.7	119.9
T3	112.4	118.9	117.6	120.7
T4	113.6	120.0	120.3	121.0
Conversión de alimento				
T1	1.970	2.141	2.151	2.208
T2	2.016	2.117	2.093	2.230
T3	1.987	2.078	2.113	2.136
T4	1.974	2.117	2.117	2.127

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).