

## Comportamiento productivo y características morfométricas y mineralización de tibias de pollos de engorde suplementados con fosfatos inorgánicos de cinco fuentes comerciales

### Productive performance and morphometric characteristics and mineralization of tibia of broiler chickens supplemented with inorganic phosphates from five commercial sources

Murga Clara T.<sup>1</sup>, Jenny Virhuez R.<sup>1</sup>, Carlos Vilchez P.<sup>2</sup>, Luis Nakandakari A.<sup>1,3</sup>

#### Resumen

El objetivo del presente estudio fue evaluar el comportamiento productivo de pollos de engorde y las características morfométricas e indicadores de mineralización de las tibias como efecto de la inclusión de cinco fuentes de fosfato inorgánico comerciales en la dieta. Se utilizaron 300 pollos BB macho de la Línea Cobb 500, distribuidos al azar en seis tratamientos con 10 repeticiones por tratamiento y cinco aves por repetición. Las aves fueron alimentadas por 21 días con las siguientes dietas: T1, dieta basal + fosfato monosódico grado alimenticio (MNaP); T2, dieta basal + fosfato dicálcico (DCP); T3, dieta basal + fosfato monodivalente 1 (MDCP 1); T4, dieta basal + fosfato monodivalente 2 (MDCP 2); T5: dieta basal + fosfato monovalente 1 (MCP 1); T6, dieta basal + fosfato monovalente 2 (MCP 2). Se registraron variables productivas: peso vivo, ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia. Las aves fueron sacrificadas a los 21 días y se retiraron las tibias para determinar su morfometría (peso, largo, diámetro de diáfisis y volumen) e indicadores de mineralización ósea (densidad, índice de Seedor, índice de robusticidad y resistencia de tibia). Adicionalmente, se determinaron los porcentajes de cenizas, calcio y fósforo en la tibia. Los tratamientos no tuvieron influencia

<sup>1</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima, Perú

<sup>2</sup> Departamento Académico de Nutrición, Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú

<sup>3</sup> E mail: [luis.nakandakari.a@upch.pe](mailto:luis.nakandakari.a@upch.pe)

Recibido: 2 de julio de 2019

Aceptado para publicación: 21 de abril de 2020

Publicado: 22 de junio de 2020

significativa sobre la respuesta productiva de las aves, así como en la morfometría ósea e indicadores de mineralización de la tibia. Sin embargo, el porcentaje de P a nivel de la tibia fue afectado ( $p < 0.05$ ) por la fuente de fosfato utilizado, siendo T2 (DCP) el que presentó mayor porcentaje. Se concluye que la fuente de fosfato no afectó el comportamiento productivo, pero que el DCP presentó una mayor retención de fósforo en la tibia.

**Palabras clave:** rendimiento productivo, densidad de tibia, fósforo, pollo de carne

## ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the productive performance of broilers and the morphometric characteristics and indicators of tibial mineralization as an effect of the inclusion of five sources of commercial inorganic phosphate in the diet. Three hundred male BB chickens from the Cobb 500 Line were used, randomly distributed in six treatments with 10 repetitions per treatment and five birds per repetition. The birds were fed for 21 days with the following diets: T1, basal diet + food grade monosodium phosphate (MNaP); T2, basal diet + dicalcium phosphate (DCP); T3, basal diet + monodicalcium phosphate 1 (MDCP 1); T4, basal diet + monodicalcium phosphate 2 (MDCP 2); T5: basal diet + monocalcium phosphate 1 (MCP 1); T6, basal diet + monocalcium phosphate 2 (MCP 2). Productive variables were recorded: body weight, weight gain, feed consumption and feed conversion. The birds were slaughtered at 21 days and the tibiae were removed to determine their morphometry (weight, length, diaphysis diameter and volume) and indicators of bone mineralization (density, Seedor index, robustness index and tibia resistance). Additionally, the percentages of ash, calcium and phosphorus in the tibia were determined. The treatments did not have a significant influence on the productive response of the birds, as well as on the bone morphometry and indicators of tibial mineralization. However, the percentage of P at the level of the tibia was affected ( $p < 0.05$ ) by the phosphate source used, with T2 (DCP) presenting the highest percentage. It is concluded that the phosphate source did not affect the productive performance, but that the DCP had a higher phosphorus retention in the tibia.

**Key words:** growing performance, tibia density, phosphorus, broiler

## INTRODUCCIÓN

El fósforo (P) es un nutriente esencial en la nutrición de pollos de carne, siendo el segundo mineral en orden de abundancia en el organismo. Este mineral es un componente de las estructuras óseas y membranas celulares; además, participa directamente en el metabolismo energético, equilibrio ácido-base y en los procesos de división celular, así como de transmisión genética (Proszkowiec-Weglarz y Angel, 2013; Hamdi *et al.*, 2017).

El P presente en las dietas para pollos de carne proviene principalmente de las materias primas de origen vegetal, en donde se encuentra en un 60-80% formando complejos con el ácido fítico, también conocido como fitato, no estando disponible en las aves (Carvalho de Oliveira *et al.*, 2006; Patiño *et al.*, 2012); de allí que se requiera adicionar una fuente de P de origen inorgánico en la dieta para cubrir los requerimiento de este mineral (Lima *et al.*, 1997; Lambert *et al.*, 2014).

Los fosfatos inorgánicos son fuentes no renovables de P y son empleados en la nutrición animal. Proviene de minas de roca fosfórica y son tratados con un ácido fuerte como el ácido sulfúrico y neutralizados con carbonato de calcio. Dependiendo del proceso químico, se obtienen diversas formas de fosfato inorgánico: dicálcico (DCP), monodicálcico (MDCP), monocálcico (MCP) y tricálcico (TCP), donde varían los niveles de P y calcio, así como el nivel de hidratación de la molécula (con o sin agua) (Hamdi *et al.*, 2017). Debido a esta variabilidad, es importante conocer la biodisponibilidad de la fuente de fosfato inorgánico que se añade a la dieta, el cual se puede comprobar de forma directa por medio de estudios de digestibilidad o de forma indirecta por medio de los parámetros productivos, valores relacionados al desarrollo óseo a nivel de la tibia, así como con los niveles de mineralización de dicho hueso (Mutucumarana, 2014).

Los estudios de disponibilidad indirecta relacionados a las características óseas se basan en que entre el 80 y 85% del P en el organismo del ave se encuentra retenido en los huesos, por lo que pueden ser utilizados como indicadores de la disponibilidad de dicho mineral en la dieta (Mebelebele *et al.*, 2017). Los huesos de los miembros posteriores, sobre todo la tibia, se le utiliza para analizar el contenido de cenizas, calcio o P en su composición, o por métodos indirectos como características morfométricas, densidad, resistencia a la rotura, etc. (Rodehutsord, 2011). En el mercado se encuentran varias fuentes de fosfatos; sin embargo, no existe suficiente información sobre su grado de utilización por los pollos de engorde, tanto productivas como de características óseas de la tibia. Por esta razón, el objetivo del presente estudio fue comparar el comportamiento productivo, características morfométricas e indicadores de mineralización ósea a nivel de tibia en pollos de engorde alimentados con dietas con cinco fuentes comerciales de fosfatos inorgánicos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la estación experimental de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FAVEZ) de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (UPCH), ubicada en Lurín, Lima, Perú. Se emplearon 300 pollos BB machos de 1 día de edad de la Línea Cobb 500, provenientes de un mismo lote de reproductoras y vacunados en planta de incubación contra Marek, Gumboro, Newcastle, bronquitis y laringotraqueitis.

Las aves fueron distribuidas en seis tratamientos con 10 repeticiones por tratamiento y cinco aves por repetición. Las aves fueron alojadas en jaulas metálicas de malla galvanizada (baterías) de cinco pisos y dos divisiones por piso, con comederos lineales ubicados en la parte externa de cada jaula y bebederos tipo tongo ubicados en el interior de la jaula. La temperatura de crianza se manejó por medio de campanas calefactoras y la ventilación por medio de cortinas, teniendo como base las recomendaciones de crianza de la línea genética.

Los tratamientos fueron: T1, dieta basal + fosfato monosódico grado alimenticio (MNaP) (25% de P, 0% de Ca); T2, dieta basal + fosfato dicálcico (DCP) (18.5% P, 26% Ca); T3, dieta basal + fosfato monodicálcico 1 (MDCP 1) (21.5% P, 26% Ca); T4, dieta basal + fosfato monodicálcico 2 (MDCP 2) (21.0% P, 15% Ca); T5: dieta basal + fosfato monocálcico 1 (MCP 1) (22.3% P, 14% Ca); T6, dieta basal + fosfato monocálcico 2 (MCP 2) (22.7% P, 15% Ca). Se empleó una dieta basal para pollos de carne de 1 a 21 días de edad, cuyo valor nutricional calculado y composición se presenta en el Cuadro 1. La presentación de la dieta basal fue en base a harina. No se adicionaron enzimas como fitasas, carbohidrasa o proteasa. La inclusión de las diferentes fuentes de fósforo inorgánico se realizó con base a la recomendación de cada proveedor

Cuadro 1. Composición, valores nutricionales calculados y nutrientes de las seis dietas experimentales

Insumo	Tratamientos					
	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T 6
Maíz molido 7%	47.50	47.50	47.50	47.50	47.50	47.50
Torta de soya 46%	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00
Soya integral 35%	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00
Aceite vegetal	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Fosfato inorgánico	1.47	1.77	1.53	1.57	1.47	1.45
Carbonato de calcio 38%	2.02	0.81	0.98	1.41	1.48	1.45
Sal industrial	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
DL- Metionina 99%	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
Bicarbonato de sodio	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
Secuestrante de micotoxinas	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Cloruro colina 60%	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Premix vitamina – mineral	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Promotor natural	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Fungicida	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
HCl-Lisina 78%	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Antioxidante	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Cascarilla de arroz	0.62	1.52	1.59	1.12	1.15	1.20
Total	100	100	100	100	100	100
Valor nutricional calculado						
E.M., kcal/kg	2900	2900	2900	2900	2900	2900
Proteína total, %	20	20	20	20	20	20
Lisina total, %	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
Met + Cist total, %	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Calcio, %	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Fósforo disponible, %	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45

T1, dieta basal + fosfato monosódico grado alimenticio (MNaP) (25% de P, 0% de Ca); T2, dieta basal + fosfato dicálcico (DCP) (18.5% P, 26% Ca); T3, dieta basal + fosfato monodiválcico 1 (MDCP 1) (21.5% P, 26% Ca); T4, dieta basal + fosfato monodiválcico 2 (MDCP 2) (21.0% P, 15% Ca); T5: dieta basal + fosfato monodiválcico 1 (MCP 1) (22.3% P, 14% Ca); T6, dieta basal + fosfato monodiválcico 2 (MCP 2) (22.7% P, 15% Ca)

Cuadro 2. Comportamiento productivo de pollos de carne con inclusión en la dieta de fuentes de fosfatos comerciales entre 1 y 21 días de edad

	Tratamientos					
	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T 6
Peso vivo inicial, g/ave <sup>1</sup>	46	47	46	47	47	46
Peso vivo final, g/ave	887	932	923	884	887	893
Ganancia de peso total, g/ave	841	885	878	837	840	847
Consumo total de alimento, g/ave	1299	1327	1307	1334	1323	1328
Conversión de alimento g/g	1.55	1.50	1.49	1.59	1.58	1.57

T1, dieta basal + fosfato monosódico grado alimenticio (MNaP) (25% de P, 0% de Ca); T2, dieta basal + fosfato dicálcico (DCP) (18.5% P, 26% Ca); T3, dieta basal + fosfato monodivalente 1 (MDCP 1) (21.5% P, 26% Ca); T4, dieta basal + fosfato monodivalente 2 (MDCP 2) (21.0% P, 15% Ca); T5: dieta basal + fosfato monovalente 1 (MCP 1) (22.3% P, 14% Ca); T6, dieta basal + fosfato monovalente 2 (MCP 2) (22.7% P, 15% Ca)

<sup>1</sup> Los valores son promedios de 10 repeticiones de 5 aves cada una (50 aves por tratamiento)

Cuadro 3. Características morfométricas de tibia derecha en pollos de carne de 21 días de edad con inclusión en la dieta de fuentes de fosfatos comerciales

	Tratamientos					
	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T 6
Peso, mg <sup>1</sup>	4216.80	4190.90	4323.00	4388.87	4380.80	4449.70
Largo, mm	66.50 <sup>a</sup>	63.99 <sup>b</sup>	65.31 <sup>ab</sup>	64.33 <sup>b</sup>	65.12 <sup>ab</sup>	65.01 <sup>ab</sup>
Volumen, cm <sup>3</sup>	3.59	3.51	3.71	3.46	3.56	3.72
Diámetro de diáfisis, mm	5.79 <sup>b</sup>	5.96 <sup>b</sup>	6.28 <sup>a</sup>	5.96 <sup>b</sup>	5.99 <sup>ab</sup>	6.03 <sup>ab</sup>

T1, dieta basal + fosfato monosódico grado alimenticio (MNaP) (25% de P, 0% de Ca); T2, dieta basal + fosfato dicálcico (DCP) (18.5% P, 26% Ca); T3, dieta basal + fosfato monodivalente 1 (MDCP 1) (21.5% P, 26% Ca); T4, dieta basal + fosfato monodivalente 2 (MDCP 2) (21.0% P, 15% Ca); T5: dieta basal + fosfato monovalente 1 (MCP 1) (22.3% P, 14% Ca); T6, dieta basal + fosfato monovalente 2 (MCP 2) (22.7% P, 15% Ca)

<sup>1</sup> Los valores son promedios de 10 repeticiones de 5 aves cada una (50 aves por tratamiento)

<sup>a,b</sup> Valores en la misma fila con letras diferentes difieren significativamente (p<0.05)

(Hoja técnica del producto) y se añadió cascarrilla de arroz para llegar al 100% del total de la dieta en cada tratamiento. También se administró agua limpia y fresca *ad libitum* con un nivel de 3 ppm de cloro. El periodo de alimentación con las dietas experimentales fue de 21 días.

La eutanasia de los pollos se realizó a los 21 días de edad por medio de una aplicación intracraneal (unión atlanto-occipital) de pentobarbital sódico (130 mg/kg de peso vivo). Se retiraron las dos tibias de cada ave, que formó una repetición. Se procedió a retirar el tejido muscular, grasa y cartilaginosa de las tibias siguiendo el procedimiento empleado por Peceros *et al.* (2016). Los contenidos de calcio y fósforo en la tibia se realizaron en el Laboratorio de Plantas, Aguas y Fertilizantes de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima.

Se registró la cantidad de alimento ofrecido y el residuo del día anterior. En forma semanal se registró el peso vivo, consumo de alimento y ganancia de peso total, utilizando una balanza digital con 0.01 g de precisión. La conversión de alimento final se calculó dividiendo el consumo de alimento total sobre la ganancia de peso total.

Se realizaron las mediciones de las tibias derecha: peso (mg), largo (mm), diámetro de diáfisis (mm) y volumen (cm<sup>3</sup>) utilizando una balanza digital (precisión de 0.1 mg), probetas graduadas (10 y 25 ml) y un vernier (15 cm y 0.05 mm); además, se determinaron indicadores de mineralización ósea como densidad (mg/cm<sup>3</sup>), índice de Seedor (mg/mm), índice de robusticidad (mm) y porcentaje de cenizas, calcio y fósforo. La tibia izquierda se empleó para la medición de la resistencia de tibia (kgf/cm<sup>2</sup>).

Se empleó un diseño completamente aleatorizado (DCA) con seis tratamientos, 10 repeticiones y 5 aves por repetición. Los datos obtenidos se analizaron con el programa

estadístico Minitab® 17. Se determinó la normalidad y homogeneidad de varianza de los datos. Luego se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) para determinar diferencias estadísticas y la prueba de Tukey para diferencias las medias ( $p < 0.05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 2 muestra los parámetros productivos obtenidos a los 21 días de edad en pollos de carne alimentados con las fuentes de fosfatos inorgánicos en estudio. No se encontró diferencia estadística entre las variables evaluadas. Los resultados concuerdan con los trabajos de Lima *et al.* (1997) y Hamdi *et al.* (2017), quienes no observaron diferencias estadísticas al comparar el efecto de diferentes fuentes de fosfatos sobre el rendimiento productivo en broilers a los 21 días de edad.

Los cuadros 3 y 4 muestran los resultados de las mediciones de características morfométricas e indicadores de mineralización a nivel de la tibia derecha. El peso, volumen, índice de Seedor y resistencia de tibia no fueron afectados por la fuente de fosfato en el alimento, pero hubo diferencias significativas en el largo, diámetro de diáfisis, densidad e índice de robusticidad ( $p < 0.05$ ).

Mabelebele *et al.* (2017), estudiaron los parámetros morfométricos a nivel de fémur y tibia en pollos indígenas (Venda Chicken) y pollos de carne (Ross 308), obteniendo un *R-value* mayor al 90% para la relación entre el largo y peso de tibia con el peso de carcasa; sin embargo, no se pudo determinar esta relación en el presente estudio. Por otro lado, Lima *et al.* (1997), no encontraron diferencia estadística a la variable resistencia de tibia con relación a las fuentes de fosfatos suplementados en la dieta, lo cual concuerdan con los resultados del estudio.

Cuadro 4. Indicadores de mineralización de tibia derecha en pollos de carne de 21 días de edad inclusión en la dieta de fuentes de fosfatos comerciales

	Tratamientos					
	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T 6
Densidad, mg/cm <sup>3</sup> (1)	1176.14 <sup>b</sup>	1195.75 <sup>ab</sup>	1164.18 <sup>b</sup>	1275.24 <sup>a</sup>	1229.50 <sup>ab</sup>	1194.43 <sup>ab</sup>
Índice de Seedor, mg/mm	63.41	65.49	66.14	68.19	67.17	68.44
Índice de Robusticidad, mm	4.11 <sup>a</sup>	3.97 <sup>b</sup>	4.01 <sup>ab</sup>	3.93 <sup>b</sup>	3.98 <sup>b</sup>	3.95 <sup>b</sup>
Resistencia de tibia, Kg/cm <sup>2</sup>	32.38	34.09	35.28	35.00	35.90	37.14

T1, dieta basal + fosfato monosódico grado alimenticio (MNaP) (25% de P, 0% de Ca); T2, dieta basal + fosfato dicálcico (DCP) (18.5% P, 26% Ca); T3, dieta basal + fosfato monodivalente 1 (MDCP 1) (21.5% P, 26% Ca); T4, dieta basal + fosfato monodivalente 2 (MDCP 2) (21.0% P, 15% Ca); T5: dieta basal + fosfato monovalente 1 (MCP 1) (22.3% P, 14% Ca); T6, dieta basal + fosfato monovalente 2 (MCP 2) (22.7% P, 15% Ca)

<sup>1</sup> Los valores son promedios de 10 repeticiones de 5 aves cada una (50 aves por tratamiento)

<sup>a,b</sup> Valores en la misma fila con letras diferentes difieren significativamente (p<0.05)

Cuadro 5. Porcentaje de ceniza, calcio y fósforo en la tibia izquierda en pollos de carne de 21 días de edad inclusión en la dieta de fuentes de fosfatos comerciales

	Tratamientos					
	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T 6
Ceniza (%) <sup>1</sup>	51.79	52.36	51.47	51.43	51.97	51.96
Calcio (%)	18.55 <sup>ab</sup>	22.34 <sup>a</sup>	24.23 <sup>a</sup>	22.73 <sup>a</sup>	15.86 <sup>b</sup>	20.24 <sup>ab</sup>
Fósforo (%)	9.88 <sup>ab</sup>	10.29 <sup>a</sup>	9.44 <sup>ab</sup>	8.11 <sup>c</sup>	9.40 <sup>ab</sup>	9.25 <sup>ab</sup>

T1, dieta basal + fosfato monosódico grado alimenticio (MNaP) (25% de P, 0% de Ca); T2, dieta basal + fosfato dicálcico (DCP) (18.5% P, 26% Ca); T3, dieta basal + fosfato monodivalente 1 (MDCP 1) (21.5% P, 26% Ca); T4, dieta basal + fosfato monodivalente 2 (MDCP 2) (21.0% P, 15% Ca); T5: dieta basal + fosfato monovalente 1 (MCP 1) (22.3% P, 14% Ca); T6, dieta basal + fosfato monovalente 2 (MCP 2) (22.7% P, 15% Ca)

<sup>1</sup> Los valores son promedios de 10 repeticiones de 5 aves cada una (50 aves por tratamiento)

<sup>a,b</sup> Valores en la misma fila con letras diferentes difieren significativamente (p<0.05)

Cabe señalar que el índice de Seedor tiene relación directa con la densidad del hueso; es decir, a mayor sea el índice, mayor será la densidad del hueso; mientras que el índice de robusticidad indica que a menor valor sea, el hueso es más fuerte (Mabelebele *et al.*, 2017). No obstante, Aguilar *et al.* (2018) mencionan que la densidad es el valor más importante a la evaluación indirecta de la mineralización ósea.

Las fuentes de fosfato afectaron los contenidos de calcio y P ( $p < 0.05$ ), mas no así el porcentaje de ceniza (Cuadro 5). Los huesos pueden mostrar diferentes respuestas según el tipo de fosfato; por ello, este valor no se puede emplear directamente como medida de la disponibilidad del P. Si bien, se encuentra una correlación significativa entre el contenido de cenizas en huesos y P retenido, esta correlación es baja ( $r = 0.7$ ) y no da suficiente sustento para poder recalcular la disponibilidad de P a partir de los datos obtenidos de los huesos (Rodehutsord, 2011). Sin embargo, el contenido de P en el hueso puede ser representativo del contenido de P corporal. Shastak *et al.* (2012) determinaron que incrementos en el contenido de P a nivel de la tibia en 1 mg corresponde con aumentos del P corporal en 17.7 mg, cuando se emplea dietas con bajo contenido de P (P disponible de 0.35).

## CONCLUSIONES

- La fuente de fosfato inorgánico no tiene un efecto directo sobre los parámetros productivos cuando el nivel de P disponible se encuentra en un nivel de 0.45% del total de la dieta.
- El fosfato dicálcico presentó un mayor porcentaje de fósforo a nivel de la tibia en comparación con las otras fuentes evaluadas.

## LITERATURA CITADA

1. **Aguilar J, Zea O, Vilchez C. 2018.** Rendimiento productivo e integridad ósea de pollos de carne en respuesta a suplementación dietaria con cuatro fuentes de fitasa comercial. *Rev Inv Vet Perú* 29: 169-179. doi: 10.15381/rivep.v29i1.-14078
2. **de Oliveira R, Costa L, Abreu E, Fernandes B, Alvarenga B, Matioli S, Beletti M. 2006.** Bone histomorphometry of broilers submitted to different phosphorus sources in growing and finisher rations. *Pesqui Agropecu Bras* 41: 1517-1523. doi: 10.1590/S0100-204X2006001000009
3. **Hamdi M, Solà-Oriol D, Franco-Rosselló R, Aligué-Aleman R, Pérez JF. 2017.** Comparison of how different feed phosphates affect performance, bone mineralization and phosphorus retention in broilers. *Span J Agric Res* 15: e0605.
4. **Lambert W, van Krimpen M, Star L. 2014.** Phosphorus requirement in laying hens. *Schothorst Feed Reserch. Report* N° 1326-2.
5. **Lima FR1, Mendonça CX, Alvarez JC, Garzillo JM, Ghion E, Leal PM. 1997.** Biological evaluation of commercial dicalcium phosphates as source of available phosphorus for broiler chicks. *Poultry Sci* 76: 1707-1713. doi: 10.1093/ps/76.12.1707
6. **Mabelebele M, Norris D, Siwendu N.A, NG' Ambi J.W, Alabi O.J, Mbajjorgu C.A. 2017.** Bone morphometric parameters of tibia and femur of indigenous and broiler chicken reared intensively. *Appl Ecol Env Res* 15: 1387-1398
7. **Mutucumarana RK, Ravindran V, Ravindran G, Cowieson AJ. 2014.** Measurement of true ileal digestibility of phosphorus in some feed ingredients for broiler chickens. *J Anim Sci* 92: 5520-5529. doi: 10.2527/jas.2014-7884



8. **Patiño PR, Barragan HW, Vergara O, Maza L. 2012.** Mecanismos reguladores de la absorción de fósforo. *Rev Colomb Cienc Anim* 42: 473-497.
9. **Peceros G, Zea O, Vilchez C. 2016.** Efecto de dietas suplementadas con fitasa y 25-hidroxicolecalciferol sobre el comportamiento productivo, mineralización e integridad de las tibias en pollos de carne. *Rev Inv Vet Perú* 27: 495-504. doi: 10.15381/rivep.v27i3.12003
10. **Proszkowiec-Weglarz M, Angel R. 2013.** Calcium and phosphorus metabolism in broilers: effect of homeostatic mechanism on calcium and phosphorus digestibility. *J Appl Poultry Res* 22: 609-627. doi: 10.3382/japr.2012-00743
11. **Rodehutsord M. 2011.** Avances en la valoración de fósforo en aves. En: XXVII Curso de especialización FEDNA. Madrid.
12. **Shastak Y, Witzing M, Rodehutsord M. 2012.** Whole body phosphorus to tibia phosphorus ratio in broilers. *Arch Geflugelkd* 76: 217-222.