

Biological evaluation of the substitution of dicalcium phosphate for "Trinidad de Guedes" phosphorite in broilers

Evaluación biológica de la sustitución del fosfato dicálcico por fosforita "Trinidad de Guedes" en pollos de ceba

M. Valera, Odilia Gutiérrez, and Bárbara Rodríguez

Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

Email: mvalera@ica.co.cu

In order to use phosphorite, from new ores of "Trinidad de Guedes" deposit, as a supplement of Ca and P for broilers, the dicalcium phosphate of the diet was replaced by 50 and 100 % of phosphorite. A biological evaluation was carried out and the effect of this substitution on liveweight, relative weight of carcasses and of some organs and blood indicators, was analyzed. An amount of 57 animals was used, which were taken from an experiment of productive performance with 300 broilers of HE21 hybrid from 1 d old, distributed according to a completely randomized design. Liveweight was determined at 35 and 42 d, and after slaughter, relative weight of carcasses, liver, spleen, kidney and pancreas was also determined, as well as hemoglobin and hematocrit. For liveweight, there were no differences between control and treatments with the substitution of dicalcium phosphate in both studied periods (1.53 vs. 1.53 and 1.49 kg; 1.71 vs. 1.66 and 1.71 kg). Regarding relative weight of carcasses and organs, and to hematological indicators, there were no differences between control and treatments, for either period. Results suggest the use of Trinidad de Guedes phosphorite to replace dicalcium phosphate as a Ca and P supplement for broilers, without affecting liveweight, relative weight of carcasses and organs, as well as hemoglobin and hematocrit.

Key words: supplement, liveweight, carcass, organs

Phosphorite from "Trinidad de Guedes" Cuban deposit is emerging as a potential resource for animal feed. In Cuba, the Empresa Geominera Occidente develops a source of Ca and P from phosphorite of the previously mentioned deposit, which is geo-referenced in Unión de Reyes municipality, Matanzas province. Geological prospection for current extractions of this mineral (10 000 t/year) suggests sufficient volumes for 50 years of exploitation. Production cost is approximately 13.25 Cuban pesos/t (EGO 2008).

Acosta *et al.* (2009a, b) evaluated the relative bioavailability of P of "Trinidad de Guedes" phosphorite (TGP) by means of growth and bone mineralization tests in broilers and laying hens. These authors reported that this product has a high relative bioavailability of P, similar to imported dicalcium phosphate (DP), which has an excellent quality. They also concluded that it was feasible to use it as a total substitute for the imported source, since the productive indicators and analyzed mineral metabolism were not altered.

Para utilizar la fosforita, proveniente de las nuevas menas del yacimiento "Trinidad de Guedes", como suplemento de Ca y P para pollos de ceba, se sustituyó el fosfato dicálcico de la dieta por la fosforita al 50 y 100 %. Se realizó una evaluación biológica y se analizó el efecto de dicha sustitución en el peso vivo, peso relativo de las canales y de algunos órganos e indicadores hematológicos. Se utilizaron 57 animales, que procedían de un experimento de comportamiento productivo con 300 pollos de ceba del híbrido HE21 desde 1 d de edad, distribuidos según diseño completamente aleatorizado. Se determinó el peso vivo a los 35 y 42 d, y luego del sacrificio, el peso relativo de las canales, hígado, bazo, riñón y páncreas, así como la hemoglobina y hematocrito. Para el peso vivo, no se observaron diferencias entre el control y los tratamientos en los que se sustituyó el fosfato dicálcico en ambos períodos estudiados (1.53 vs. 1.53 y 1.49 kg; 1.71 vs. 1.66 y 1.71 kg). Con respecto al peso relativo de las canales y órganos y a los indicadores hematológicos, tampoco se encontraron diferencias entre el control y los tratamientos, para uno y otro período. Los resultados sugieren poder utilizar la fosforita Trinidad de Guedes en sustitución del fosfato dicálcico como suplemento de Ca y P para pollos de ceba, sin afectación del peso vivo, peso relativo de canales y órganos, así como hemoglobina y hematocrito.

Palabras clave: suplemento, peso vivo, canal, órganos.

La fosforita del yacimiento cubano "Trinidad de Guedes" se perfila como un recurso potencial para la alimentación animal. En Cuba, la Empresa Geominera Occidente desarrolla una fuente de Ca y P a partir de la fosforita del citado yacimiento, que se encuentra geo referenciado en el municipio Unión de Reyes, de la provincia Matanzas. La prospección geológica para las extracciones actuales de este producto (10 000 t/año) sugiere volúmenes suficientes para 50 años de explotación. El costo de producción es de 13.25 pesos cubanos/t aproximadamente (EGO 2008).

Acosta *et al.* (2009a,b) evaluaron la biodisponibilidad relativa del P de la fosforita "Trinidad de Guedes" (FTG) mediante pruebas de crecimiento y mineralización ósea en pollos de ceba y gallinas ponedoras. Estos autores informaron que el producto posee alta biodisponibilidad relativa de P, similar al fosfato dicálcico (FD) importado, que es de excelente calidad. Además concluyeron que era factible utilizarlo como sustituto total de la fuente importada, ya que no se alteraron los indicadores productivos ni de metabolismo mineral analizados.

En otras investigaciones realizadas, se estudiaron

Other studies analyzed new ores of the deposit and contents of Ca, P and heavy metals were determined (Valera *et al.* 2013, 2017). These authors concluded that TGP from these new ores shows high percentages of bioavailable Ca and P and low contents of Pb, Cd, Mn, Cu, Zn, As and Hg. Considering this antecedents, in order to verify the possibility of replacing DP of the diet by TGP from these new ores as a supplement of Ca and P, a biological evaluation was carried out on broilers. The objective of this study was to determine the effect of this substitution on some productive and physiological indicators in animals.

Materials and Methods

Animals, diets and experimental treatments. The study was carried out in the Unidad Integral Avícola of the Institute of Animal Science of the Republic of Cuba, located in San José de las Lajas, Mayabeque province. An amount of 57 HE21 hybrid broilers was used, from 1 d old, taken from an experiment of productive performance with 300 broilers. Diets, according to the different stages, are shown in table 1. Their composition varied according to the stages of initiation, growth and finishing. Their formulation was carried out according to the requirements established for broilers (MINAG 2003).

nuevas menas del yacimiento y se determinaron los contenidos de Ca, P y metales pesados (Valera *et al.* 2013, 2017). En estos estudios, se concluyó que la FTG proveniente de estas nuevas menas presenta altos porcentajes de Ca y P biodisponible y bajos contenidos de Pb, Cd, Mn, Cu, Zn, As y Hg. Al considerar estos antecedentes, para comprobar la posibilidad de sustituir el FD de la dieta por FTG de estas nuevas menas como suplemento de Ca y P, se realizó una evaluación biológica en pollos de ceba. El objetivo fue determinar el efecto de esta sustitución en algunos indicadores productivos y fisiológicos en los animales.

Materiales y Métodos

Animales, dietas y tratamientos experimentales. El estudio se realizó en la Unidad Integral Avícola del Instituto de Ciencia Animal de la República de Cuba, ubicado en San José de las Lajas, en la provincia Mayabeque. Se utilizaron 57 pollos de ceba del híbrido HE21, desde 1 d de edad, provenientes de un experimento de comportamiento productivo con 300 animales. Las dietas, según las diferentes etapas, se muestran en la tabla 1. La composición de estas dietas varió según las etapas de inicio, crecimiento y acabado. Su formulación se realizó según los requerimientos establecidos para pollos de ceba (MINAG 2003).

Table 1. Composition of diets used in the experiment according to the different growth stages

Raw Materials	Initiation			Growth			Finish		
	% TGP			% TGP			% TGP		
	0	50	100	0	50	100	0	50	100
Maize meal	47.82	47.82	47.82	52.65	52.65	52.65	55.02	55.02	55.02
Soy bean meal	41.85	41.85	41.85	36.50	36.50	36.50	33.50	33.50	33.50
Plant oil	5.20	5.20	5.20	5.65	5.65	5.65	6.70	6.70	6.70
DP	1.8	0.90	-	1.85	0.925	-	1.63	0.815	-
TGP	-	0.90	1.80	-	0.925	1.85	-	0.815	1.63
Calcium carbonate	1.60	1.60	1.60	1.55	1.55	1.55	1.40	1.40	1.40
Salt	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Methionine	0.20	0.20	0.20	0.25	0.25	0.25	0.22	0.22	0.22
Lysine	0.04	0.04	0.04	0.06	0.06	0.06	0.04	0.04	0.04
Choline	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
BHT	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Premix with minerals and vitamins	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Calculated contribution (% except those mentioned)									
CP	22.00	22.00	22.00	20.00	20.00	20.00	19.00	19.00	19.00
ME (MJ/kg)	30.16	30.16	30.16	31.00	31.00	31.00	32.05	32.05	32.05
Ca	1.10	1.13	1.22	1.01	1.11	1.20	0.91	0.99	1.08
P	0.50	0.47	0.45	0.50	0.48	0.45	0.45	0.43	0.41
Methionine+Cysteine	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.79	0.79	0.79
Lysine	1.26	1.26	1.26	1.15	1.15	1.15	1.05	1.05	1.05

Vitamin supplement: Vit. A 1000 IU; Vit D3 2000 IU; Vit E 10 mg; Vit K₃ 2 mg; thiamine 1mg; riboflavin 5 mg; pyridoxine 2 mg; Vit B₁₂ 15.4 mg; nicotinic acid 125 mg/kg

Mineral supplement: selenium 0.1 mg; iron 40 mg, copper 12 mg; zinc 120 mg; magnesium 100 mg; iodine 2.5 mg; cobalt 0.75 mg/kg.

Three groups of animals were established. The first consumed control diet with 100% of DP, the second ingested a basal diet, with 50% of DP, substituted by TGP with 28% of Ca and 18% of P (Valera *et al.* 2013). The third group consumed the basal diet with 100% DP replaced by the same TGP.

Experimentation conditions and animal management. The experiment was developed according to the ethical principles of breeding birds under experimentation. Before the beginning, a health control was applied in the unit, in accordance with the technical instructions for handling broilers (MINAG 2003). Access to fresh water and food was guaranteed. The vaccination system of animals consisted of a dose of Marek against the fowl pox and infectious bronchitis, on the day chicks were born, and one of Gumboro, at 1, 7 and 21 d. In addition, Newcastle vaccine was administered at 14 d.

Experimental procedure. At 35 d old, 12 broilers were selected, four animals per treatment. At 42 days, 45 broilers were chosen, 15 animals per treatment. Animals were sacrificed by the method of jugular vein bleeding (Sánchez 1990). In both periods, indicators of liveweight (LW), relative weight of the carcass and liver, spleen, kidney and pancreas were determined, as well as hemoglobin (Hb) and hematocrit (Hto). The organs examined (liver, spleen, kidney and pancreas), as well as carcasses, were weighed in a SARTORIUS technical scale.

Statistical analysis. A completely randomized design was used, with four and fifteen repetitions for 35 and 42 d, respectively, for the physiological indicators. Each animal constituted an experimental unit. In the case of productive indicators, four repetitions were used, in which a cage with 25 chickens constituted an experimental unit. For the analysis of results, the computerized statistical package INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2012) was used. Mean values were compared using Duncan (1955) test in the necessary cases.

Results and Discussion

Table 2 shows the results of LW and relative weight of the carcasses, according to the different studied treatments. No differences were found for these variables among treatments, for any of the two periods in which the weighing and sampling was carried out. According to these indicators, TGP covered the necessary requirements of Ca and P for broilers to reach these weights.

In research developed by Leyva *et al.* (2010) with this same hybrid, liveweights reached in the control treatment at the end of the productive cycle were around 1.8 kg, similar to those recorded in this study. Other studies were also consulted, in which HE21 hybrid was used (Martínez *et al.*, 2012, 2016). In those cases, relative weights of carcasses and LW of animals for

Se establecieron tres grupos de animales. El primero consumió la dieta control con 100 % de FD, el segundo ingirió la basal, con 50 % del FD, sustituido por FTG con 28 % de Ca y 18 % de P (Valera *et al.* 2013). El tercer grupo consumió la dieta basal con 100% de FD sustituido por la misma FTG.

Condiciones de experimentación y manejo de los animales. El experimento se desarrolló según los principios éticos de crianza para aves en experimentación. Antes del inicio, se aplicó un control de salud en la unidad, de acuerdo con las instrucciones técnicas para el manejo de pollos de engorde (MINAG 2003). Se garantizó el acceso a agua fresca y alimentación. El sistema de vacunación de los animales consistió en una dosis de Marek contra la viruela aviar y bronquitis infecciosa, al día de nacidos los pollos, y una de Gumboro, a los 1, 7 y 21 d. Además, se les administró la vacuna Newcastle a los 14 d.

Procedimiento experimental. A los 35 d de edad, se seleccionaron cuatro animales por tratamiento para 12 pollos de ceba en total. A los 42 días, se seleccionaron 15 animales por tratamiento para 45 pollos de ceba en total. Los animales se sacrificaron por el método de desangrado de la vena yugular (Sánchez 1990). En ambos períodos, se determinaron los indicadores peso vivo (PV), peso relativo de la canal y de los órganos hígado, bazo, riñón y páncreas; hemoglobina (Hb) y hematocrito (Hto). Los órganos examinados (hígado, bazo, riñón y páncreas), así como las canales, se pesaron en una balanza técnica marca SARTORIUS.

Análisis estadístico. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado, con cuatro y quince repeticiones para los 35 y 42 d, respectivamente, para los indicadores fisiológicos. Cada animal constituyó una unidad experimental. En el caso de los indicadores productivos, se utilizaron cuatro repeticiones, en las que una jaula de 25 pollos constituyó la unidad experimental. Para el análisis de los resultados, se utilizó el paquete estadístico computarizado INFOSTAT (Di Rienzo *et al.* 2012). Los valores medios se compararon mediante la dócima de Duncan (1955) en los casos necesarios.

Resultados y Discusión

En la tabla 2 se muestran los resultados del PV y peso relativo de las canales, según los diferentes tratamientos estudiados. No se encontraron diferencias para estas variables entre tratamientos, para ninguno de los dos períodos en los que se realizó el pesaje y muestreo. De acuerdo con estos indicadores, la FTG cubrió los requerimientos necesarios de Ca y P que necesitan los pollos de ceba para alcanzar dichos pesos.

En investigaciones desarrolladas por Leyva *et al.* (2010) con este mismo híbrido, los pesos vivos alcanzados en el tratamiento control al final del ciclo productivo estuvieron cercanos a 1.8 kg, similares a los registrados en este estudio. Se consultaron además otros estudios, en los que se usó el híbrido HE21 (Martínez *et al.* 2012, 2016). En estos casos, los pesos relativos de las canales y

Table 2. Performance of LW and relative weight of carcasses of broilers under experimentation, with different phosphorite treatments

Indicators	Treatments					
	Age (Days)	Control	TGP (50%)	TGP (100%)	SE (\pm)	P
LW (kg)	35	1.53	1.53	1.49	0.079	0.9136
Left carcass (g/kgLW)		244.22	247.79	238.46	15.51	0.9127
Right carcass (g/kgLW)		266.36	262.16	267.35	12.67	0.9540
LW (kg)	42	1.71	1.66	1.71	0.05	0.3763
Left carcass (g/kgLW)		254.50	261.71	253.23	8.92	0.7701
Right carcass (g/kgLW)		256.18	253.41	261.84	10.5	0.8477

their control treatments were similar to those obtained in this experiment. These coincide with the normal weights for this commercial hybrid, according to the technical instructions for managing broilers (MINAG 2003).

Table 3 shows relative weights of liver, spleen, kidney and pancreas at 35 and 42 d. No differences were found in the substitution of DP for TGP in different proportions, for any of the studied organs.

Liver is a vital organ for the animal, since it has

los PV de los animales para sus tratamientos controles, se mostraron similares a los obtenidos en este experimento. Estos coinciden con los pesos normales para este híbrido comercial, según las instrucciones técnicas para el manejo de pollos de engorde (MINAG 2003).

En la tabla 3 se expresan los pesos relativos de los órganos hígado, bazo, riñón y páncreas a los 35 y 42 d. No se encontraron diferencias en las sustituciones de DP por TGP en diferentes proporciones, para ninguno de los órganos estudiados.

Table 3. Performance of LW of organs sampled in broilers, with different phosphorite treatments

Indicators (g/kgLW)	Treatments					
	Age (Days)	Control	TGP (50%)	TGP (100%)	SE (\pm)	P
Liver	35	2.20	2.34	2.08	0.21	0.7065
Spleen		0.14	0.18	0.11	0.11	0.3184
Kidney		0.67	0.64	0.65	0.06	0.9225
Pancreas		0.26	0.25	0.25	0.02	0.9905
Liver	42	2.33	2.29	2.26	0.10	0.8888
Spleen		0.16	0.15	0.19	0.02	0.1575
Kidney		0.70	0.75	0.66	0.05	0.5076
Pancreas		0.25	0.24	0.24	0.01	0.8286

a fundamental function in digestion, metabolism and utilization of food ingredients. In addition, this organ participates in the detoxification of the organism, taking part in protein metabolism of fats and, mainly, in that of vitamins, in which it helps the absorption of the fat-soluble vitamin D. In turn, this vitamin is involved in the maintenance of Ca for bones and body homeostasis of this element (NattoTECH 2017).

In a study developed by Tahir *et al.* (2011), the effect of replacing DP by a phosphoric rock (Hazara) on animal growth was evaluated. These authors reported that relative weight of the liver ranged between 2.2 and 2.4 g/kg of LW. In diets prepared for the 400 broilers of Hubbard line used for the experiment, DP was replaced by phosphoric rock in different quantities (25, 50, 75 and 100 %). Relative weights of the liver were maintained between the ranges recorded in this study with TGP, for each treatments.

El hígado es un órgano vital en el animal, ya que desempeña un papel fundamental en la digestión, metabolismo y utilización de los ingredientes alimenticios. Además, este órgano participa en la detoxificación del organismo, tomando parte en el metabolismo proteico, de las grasas y, principalmente, en el de las vitaminas, donde ayuda a la absorción de la vitamina liposoluble D. A su vez, esta vitamina interviene en el mantenimiento del Ca para los huesos y de la homeostasis corporal de este elemento (NattoTECH 2017).

En un estudio desarrollado por Tahir *et al.* (2011) se evaluó el efecto de la sustitución del DP por una roca fosfórica (Hazara) en el crecimiento de los animales. Los autores citados informaron que el peso relativo del hígado se mantuvo entre 2.2 y 2.4 g/kg de PV. En las dietas elaboradas para los 400 pollos de engorde de la línea Hubbard utilizados para el experimento, el DP se sustituyó por roca fosfórica en diferentes cantidades

In studies conducted with Cobb and Ross lines (Daneshyar *et al.* 2007, Payvastegan *et al.* 2013, Diarra *et al.* 2014 and Catalan *et al.* 2016), control treatments showed ranges of relative weight of liver that coincided with those obtained in this research. Martínez *et al.* (2013), in a study with HE21 hybrid broilers, obtained liver weight values around 2.35 g/kg LW for control treatment, similar to those achieved in this research with TGP. However, in the case of spleen, weight ranges were different. Daneshyar *et al.* (2007) reported 1.59 g/kg LW for this organ, superior to those obtained in the present study (0.15-0.19 g/kg LW).

This difference is mainly because these analyzes were carried out with animals of Ross line, which are stronger and with superior weight of body and organs to the commercial hybrid HE21, used in this study. However, no animal showed problems of diseases caused by low weight or malformation in this organ, and there were no differences among control and the different treatments with TGP for the weight of this organ. In the previously mentioned study by Martínez *et al.* (2016) with HE21 hybrid broilers, this organ was also sampled. In this case, the average values of their weight were close to 0.16 g/kg LW for control treatment, without reporting damage to health of animals, which coincides with the values obtained in this study with TGP. Therefore, the replacement of DP by this national source as a supplement of Ca and P, did not affect the state of animals from an immunological point of view.

Regarding kidney weight, results were different. In studies of Obun *et al.* (2008) with Cobb broilers, registered weight ranges of this organ, expressed as LW percentage, were lower than those of this study (0.15 g/kg LW). These values suggest considering Ca: P ranges in the rations, as the substitution of DP for TGP increases. In this sense, Ansar *et al.* (2004) reported on the occurrence of abnormalities that include variation of size and weight of the kidney, as this relation increases, which could vary the relation organ weight/body weight of the animal. This could be explained by the high percentage of Ca and P within this national source, and its high bioavailability values, which are above 85 % for both elements (Valera *et al.*, 2013), in its combination with the imported source (50 % DP - 50 % TGP). In this treatment, LW value of this organ showed a tendency to be higher.

The kidney, as an excretory organ, filters blood from the circulatory system and removes several metabolic wastes from the organism, such as uric acid, K and P. In addition, this organ is closely related to the metabolism of vitamin D. Due to the action of UV rays, the cholecalciferol produced in the skin is transported to the liver, where it is hydroxylated to 25-OH D₃ (calcifediol) and later it is activated again in the kidney to 1-alpha, 25-dihydroxy-cholecalciferol

(25, 50, 75 y 100 %). Los pesos relativos del hígado se mantuvieron entre los rangos registrados en este estudio con FTG, para cada uno de los tratamientos.

En trabajos realizados con las líneas Cobb y Ross (Daneshyar *et al.* 2007, Payvastegan *et al.* 2013, Diarra *et al.* 2014 y Catalan *et al.* 2016), los tratamientos control mostraron rangos de peso relativo del hígado que coincidieron con los obtenidos en esta investigación. Martínez *et al.* (2013) en una pesquisa en pollos de ceba del híbrido HE21 obtuvieron para el tratamiento control valores de peso del hígado de aproximadamente 2.35 g/kg PV, similares a los logrados en este estudio con FTG. Sin embargo, en el caso del bazo, los rangos de peso fueron diferentes. Daneshyar *et al.* (2007) informaron 1.59 g/kg PV para este órgano, valor superior a los obtenidos en el presente estudio (0.15-0.19 g/kg PV).

Esta diferencia radica, principalmente, en que estos análisis se realizaron con animales de la línea Ross, más potente y de mayor peso corporal y de órganos que el híbrido comercial HE21, utilizado en este trabajo. No obstante, ningún animal presentó problemas de enfermedades ocasionadas por bajo peso o malformación en este órgano, así como tampoco se observaron diferencias entre el control y los diferentes tratamientos con FTG para el peso de este órgano. De cualquier manera, en el estudio citado de Martínez *et al.* (2016) con pollos de ceba del híbrido HE21 también se muestreo este órgano. En este caso, los valores promedio de su peso estuvieron cercanos a 0.16 g/kg PV para el tratamiento control, sin informarse daños en la salud de los animales, lo que coincide con los valores obtenidos en este estudio con FTG. Por tanto, la sustitución del FD por esta fuente nacional como suplemento de Ca y P, tampoco afectó el estado de los animales desde el punto de vista inmunológico.

Con respecto al peso del riñón, los resultados fueron diferentes. En trabajos de Obun *et al.* (2008) con pollos de engorde de la línea Cobb, se registraron rangos de peso de este órgano, expresados como porcentaje de PV, inferiores a los de este estudio (0.15 g/kg PV). Estos valores sugieren tener en cuenta los rangos Ca:P en las raciones, en la medida que se incrementa la sustitución del FD por FTG. En este sentido, Ansar *et al.* (2004) informaron acerca de la ocurrencia de anomalías que incluyen la variación en cuanto al tamaño y el peso del riñón, en la medida que aumenta esta relación, lo que pudiera variar, a su vez, la relación peso del órgano/peso corporal del animal. Al mismo tiempo, esto se pudiera explicar por el alto porcentaje de Ca y P que posee la fuente nacional, y a sus altos valores de biodisponibilidad, que se hallan por encima de 85 % para ambos elementos (Valera *et al.* 2013), en su combinación con la fuente importada (50 % FD - 50 % FTG). En este tratamiento, el valor del PV de este órgano mostró una tendencia a ser mayor.

El riñón, como órgano excretor, filtra la sangre del aparato circulatorio y elimina varios desechos metabólicos del organismo, como el ácido úrico, el K y el P. Además,

(1,25- (OH) 2-D3 or calcitriol). From that moment, the molecule begins to fulfill its hormonal functions. The activation of this molecule occurs due to the action of 1- α -hydroxylase renal enzyme, controlled mainly by the parathormone and by the circulating levels of Ca and P (González and Barahona-Rosales 2014).

Results reported by Obun *et al.* (2008) were also found below those obtained in this study, for the accessory organs liver and pancreas, in which the conducted observations showed results of 0.60 and 0.15 g/kg LW, respectively. However, other researchers, like Payvastegan *et al.* (2013), reported values of pancreas weight of 0.23-0.25 g/kg LW, approximately, which coincides with what was registered in this study.

In the research of Martínez *et al.* (2013), already mentioned, the values of LW percentage for pancreas were superior (0.31 g/kg LW) for the control treatment, compared to those obtained in this study. However, there were no differences between control treatment and the treatments with TGP regarding this organ. It was chosen as object of examination due to the specific functions it performs in the release of enzymes for the intestine to digest and absorb nutrients. Hence, its study and the possible consequences of the substitution of an imported source for a national one in its activity are very important.

Hematological indicators of animals are shown in table 4. Despite differences between them at 35 d, all were maintained in the normal ranges for broilers. Similarly, for Hb and Hto at 42 d, there were no differences and they remained within the normal ranges (7.0-18.6 g/dL for Hb and 23-55 % for Hto) for category and species, according to reports of Morton *et al.* (1993).

este órgano se encuentra muy relacionado con el metabolismo de la vitamina D. Debido a la acción de los rayos UV, el colecálciferol producido en la piel se transporta al hígado, donde se hidroxila a 25-OH D₃ (calcifediol) para posteriormente activarse en el riñón a 1-alfa, 25-dihidroxi-colecálciferol (1,25-(OH)2-D3 o calcitriol). A partir de ese momento, la molécula empieza a cumplir sus funciones hormonales. La activación de esta molécula se da debido a la acción de la enzima 1- α -hidroxilasa renal, controlada principalmente por la paratohormona y por los niveles circulantes de Ca y P (González y Barahona-Rosales 2014).

Los resultados informados por Obun *et al.* (2008) también se encontraron por debajo de los obtenidos en el presente estudio, para los órganos accesorios hígado y páncreas, en los que las observaciones realizadas mostraron resultados de 0.60 y 0.15 g/kg PV, respectivamente. No obstante, otros investigadores como Payvastegan *et al.* (2013) informaron valores del peso del páncreas de 0.23-0.25 g/kg PV, aproximadamente, lo que coincide con lo registrado en este estudio.

En el trabajo de Martínez *et al.* (2013), ya citado, los valores del porcentaje de PV para el páncreas fueron superiores (0.31 g/kg PV) para el tratamiento control, en comparación con los obtenidos en este estudio. Sin embargo, no se observaron diferencias entre el tratamiento control y los tratamientos con FTG en cuanto a este órgano. Este se escogió como objeto de examen debido a las funciones específicas que realiza este órgano en la liberación de enzimas para que el intestino digiera y absorba nutrientes. De ahí que el estudio de este órgano y de las posibles consecuencias de la sustitución de una fuente importada por una nacional en su actividad sea de gran importancia.

Los indicadores hematológicos de los animales se muestran en la tabla 4. A pesar de existir diferencias entre ellos a los 35 d, todos se mantuvieron en los

Table 4. Performance of hematological indicators analyzed in broilers, with different phosphorite treatments

Indicators	Treatments					
	Age (Days)	Control	TGP (50%)	TGP (100%)	SE (\pm)	P
Hemoglobin (g/dL)	35	11.28 ^b	10.63 ^{ab}	10.05 ^a	0.26	0.0288
Hematocrits (%)		37.25 ^b	35.0 ^{ab}	33.25 ^a	0.89	0.0383
Hemoglobin (g/dL)	42	10.42	10.79	10.74	0.28	0.6050
Hematocrits (%)		31.80	32.87	32.40	0.89	0.7034

Different letters indicate significant differences for $P < 0.05$

Conclusions

Substitution of imported DP for TGP had no influence on liveweight of animals at the end of productive cycle nor on the weight of carcasses, liver, spleen, kidney and pancreas. It also did not influence on Hb and Hto hematological indicators. The national source can completely substitute the imported one, without affecting the indicators analyzed in the biological evaluation.

rangos normales para pollos de ceba. Igualmente, para la Hb y el Hto a los 42 d, no existieron diferencias y se mantuvieron en los rangos normales (7.0-18.6 g/dL para Hb y 23-55 % para Hto) para la categoría y la especie, según informes de Morton *et al.* (1993).

Conclusiones

La sustitución del FD de importación por FTG no influyó en el peso vivo de los animales al final del ciclo productivo ni en el peso de las canales, el hígado, bazo, riñón y páncreas. No influyó tampoco en los indicadores

Acknowledgements

Thanks to the technicians Alejandro Arbelo and Yoslaidys Arbelo, as well as to Félix Sierra, for their significant contribution for the development of this study.

hematológicos Hb y Hto. La fuente nacional puede sustituir totalmente la importada, sin afectación de los indicadores analizados en la evaluación biológica.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los técnicos Alejandro Arbelo y Yoslaidys Arbelo, así como al obrero Félix Sierra, por su abnegada labor en la desarrollo de este estudio.

References

- Acosta, A., Lon-Wo, E., Cárdenas, M. & Almeida, M. 2009a. "Evaluación de la fosforita del yacimiento Trinidad de Guedes (FTG) como fuente potencial de fósforo para gallinas ponedoras". Cuban Journal of Agricultural Science, 43(2): 167–174, ISSN: 0034-7485, 2079-3472.
- Acosta, A., Lon-Wo, E., Cárdenas, M., Febles, M., Dieppa, O. & Almeida, M. 2009b. "Determinación de la biodisponibilidad relativa de fósforo en la fosforita del yacimiento Trinidad de Guedes, mediante pruebas de crecimiento y mineralización ósea en pollos y gallinas ponedoras". Cuban Journal of Agricultural Science, 43(1): 55–59, ISSN: 0034-7485, 2079-3472.
- Ansar, M., Khan, S. A., Chaudhary, Z. I., Mian, N. A., Tipu, M. Y. & Rai, M. F. 2004. "Effects of high dietary calcium and low phosphorus on urinary system of broiler chicks". Pakistan Veterinary Journal, 24(3): 113–116, ISSN: 0253-8318.
- Catalan, A. A. da S., Krabbe, E. L., Avila, V. S. de, Lopes, L. dos S., Nunes, A. P., Morés, M. A. Z., Roll, V. F. B., Xavier, E. G., Catalan, A. A. da S., Krabbe, E. L., Avila, V. S. de, Lopes, L. dos S., Nunes, A. P., Morés, M. A. Z., Roll, V. F. B. & Xavier, E. G. 2016. "Phytate-phosphorus and phytase contents on the relative weight of organs, intestinal morphometry and performance of broilers". Ciência Rural, 46(10): 1858–1864, ISSN: 0103-8478, DOI: 10.1590/0103-8478cr20150892.
- Daneshyar, M., Kermanshahi, H. & Golian, A. G. 2007. "Changes of blood gases, internal organ weights and performance of broiler chickens with cold induced ascites". Research Journal of Biological Sciences, 2(7): 729–735, ISSN: 1815-8846.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M. & Robledo, C. W. 2012. InfoStat. version 2012, [Windows], Córdoba, Argentina: Grupo InfoStat, Available: <<http://www.infostat.com.ar/>>.
- Diarra, S. S., Sandakabatu, D., Perera, D., Tabuaciri, P. & Mohammed, U. 2014. "Growth performance, carcass measurements and organs weight of broiler chickens fed cassava-copra meal based or commercial finisher diets in Samoa". Asian Journal of Poultry Science, 8(1): 16–22, ISSN: 1819-3609.
- Duncan, D. B. 1955. "Multiple Range and Multiple F Tests". Biometrics, 11(1): 1–42, ISSN: 0006-341X, DOI: 10.2307/3001478.
- EGO (Empresa Geominera Occidente) 2008. Informe de Datos Técnicos. EGO, 7 p.
- González, S. C. A. & Barahona-Rosales, R. 2014. "Mecanismos de acción de la vitamina D3, 1- α -hidroxicolecalciferol(1- α -OH-D3,) y 25-hidroxicolecalciferol (25-OH-D3) en gallinas de posturacomercial". CES Medicina Veterinaria y Zootecnia, 9(1): 114–127, ISSN: 1900-9607.
- Leyva, C., Valdivié, M., Ortiz, A., Febles, M. & Dieppa, O. 2010. "La harina de frutos del árbol del pan (*Artocarpus altilis*) como sustituto alternativo del maíz en dietas para pollos de engorde". Cuban Journal of Agricultural Science, 44(1): 43–47, ISSN: 0034-7485, 2079-3472.
- Martínez, M., Díaz, M. F., Hernández, Y., Sarmiento, M., Sarduy, L. & Sierra, F. 2016. "Mucuna pruriens grain meal, germinated and non-germinated, for broilers: their effect on physiological indicators". Cuban Journal of Agricultural Science, 50(3): 435–443, ISSN: 2079-3480.
- Martínez, M., Díaz, M. F., Hernández, Y., Sarmiento, M. & Sierra, F. 2013. "Sustitución de pasta de soya comercial (*Glycine max*) por harina de frijol de soya germinada y sin germinar en dietas de pollos de engorde". Livestock Research for Rural Development, 25(7), ISSN: 0121-3784, Available: <<http://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd25/7/mart25120.htm>>, [Consulted: October 25, 2017].
- Martínez, M., Sarmiento, L., Dihigo, L. E., Hernández, Y. & Sarduy, L. 2012. "Body composition of broilers consuming forage meal of *Mucuna deeringiana* in the diet. Technical note". Cuban Journal of Agricultural Science, 46(3): 287–289, ISSN: 0034-7485, 2079-3472.
- MINAG (Ministerio de la Agricultura) 2003. Instructivo técnico. Producción avícola. Pollos de engorde. Tecnología de crianza y regulaciones sanitarias generales. La Habana, Cuba: UCAN-IIA.
- Morton, D. B., Abbot, D., Barclay, R., Close, B. S., Ewbank, R., Gask, D., Heath, M., Mattic, S., Poole, T., Seamer, J., Southee, J., Thompson, A., Trussell, B., West, C. & Jennings, M. 1993. "Removal of blood from laboratory mammals and birds. First report of the BVA/FRAME/RSPCA/UFPAW Joint Working Group on Refinement". Laboratory Animals, 27(1): 1–22, ISSN: 0023-6772, DOI: 10.1258/002367793781082412.
- NattoTECH. 2017. Noticias sobre nutrición animal. Hígado sano, aves sanas. Available: <<http://www.grupobenatto.com>>, [Consulted: May 19, 2017].
- Obun, C. O., Olafadehan, O. A., Ayanwale, B. A. & Inuwa, M. 2008. "Growth, carcass and organ weights of finisher broilers fed differently processed *Detarium microcarpum* (Guill and Sperr) seed meal". Livestock Research for Rural Development, 20(8), ISSN: 0121-3784, Available: <<http://lrrd.cipav.org.co/lrrd20/8/obun20126.htm>>, [Consulted: October 25, 2017].
- Payvastegan, S., Farhoomand, P. & Delfani, N. 2013. "Growth Performance, Organ Weights and, Blood Parameters of Broilers Fed Diets Containing Graded Levels of Dietary Canola Meal and Supplemental Copper". The Journal of Poultry Science, 50(4): 354–363, ISSN: 1346-7395, 1349-0486, DOI: 10.2141/jpsa.0130006.
- Sánchez, A. 1990. Enfermedades de las aves. La Habana, Cuba: ENPES, 285 p.
- Tahir, M., Lughmani, A. B. & Pesti, G. M. 2011. "Evaluation of an indigenous source of rock phosphate as a supplement for

- broiler chickens”. *Poultry Science*, 90(9): 1983–1991, ISSN: 0032-5791, DOI: 10.3382/ps.2010-01296.
- Valera, M., Dorta, N., Cairo, J. C. & Gutiérrez, O. 2013. “Replacement of dicalcium phosphate by alternative Cuban sources: study of the dry matter digestibility and intake of Pelibuey lambs”. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 47(4): 385–388, ISSN: 2079-3480.
- Valera, M., Mollineda, A. & Gutierrez, O. 2017. “Bioaccumulation of Heavy Metals in Broilers Fed “Trinidad de Guedes” Phosphorite”. *Poultry Science Journal*, 5(1): 65–70, ISSN: 0032-5791, 1525-3171, DOI: 10.22069/psj.2017.12349.1230.

Received: July 9, 2017