

# Niveles de fósforo disponible aparente en pollas Leghorn blanca durante las etapas de iniciación, crecimiento, desarrollo e inicio de postura

## Apparent available phosphorus levels for Leghorn White pullets during starter, growing, and development stages, and the beginning of laying period

Yudisel Valencia Toledo<sup>a</sup>, Manuel Cuca García<sup>a</sup>, Arturo Pró Martínez<sup>a</sup>, Carlos M. Becerril Pérez<sup>a</sup>, José L. Figueroa Velasco<sup>a</sup>, Ma. Del Rosario Tovar Gómez<sup>b</sup>

### RESUMEN

El fósforo es importante en el metabolismo y desarrollo de las pollitas de reemplazo, aunque las necesidades de este mineral pueden estar sobrevaloradas. Se realizó un experimento con 750 pollas de la línea Hy-line W-36, para evaluar los efectos de niveles de fósforo disponible aparente (Pda) durante las etapas de iniciación (1 día a 6 semanas), crecimiento (7 a 12 semanas), desarrollo (13 a 18 semanas) y de inicio a pico de postura. Las características estudiadas fueron: peso vivo (PV), consumo de alimento (CA), porcentaje de fósforo total en excretas y tibias (PTE y PT), resistencia a ruptura de tibias (RR), masa de huevo (MH) y gravedad específica (GE). El nivel de Pda no afectó ( $P > 0.05$ ) el CA, PTE, PT, RR y MH en las etapas estudiadas. Hubo diferencias ( $P \leq 0.05$ ) para la GE del inicio a pico de postura. El PV en iniciación no se afectó ( $P > 0.05$ ), mientras que los niveles óptimos biológicos para PV en crecimiento fueron con 0.28 % y desarrollo 0.26 %. Se concluye que las necesidades de fósforo disponible aparente pueden ser menores a lo sugerido por el NRC (1994), durante las etapas y características medidas, sin afectar la condición corporal y mineralización ósea de las aves.

**PALABRAS CLAVE:** Fósforo disponible aparente, Consumo de alimento, Fósforo en excreta, Gravedad específica, Producción de huevo.

### ABSTRACT

Phosphorus (P) is important for the growth and metabolism of pullets and young laying hens; although the requirements of this mineral could be overvalued. An experiment was conducted with 750 Hy-line W-36 pullets to evaluate the effects of apparent available phosphorus (aaP) levels during starter (1 d to 6 wk), growing (7 to 12 wk), development (13 to 18 wk), and initial laying period. The analyzed variables were: body weight (BW), feed intake (FI), percentage of P in excreta (PPE) and tibia bone (TBP), tibia breaking strength (TBS), egg mass (EM), and specific gravity (SG). The evaluated aaP levels had no effect ( $P > 0.05$ ) on FI, FP, TBP, RB, or EM in the stages under study. There was a difference ( $P \leq 0.05$ ) between treatments for SG in the initial to peak of laying period. The BW was not affected ( $P > 0.05$ ) in the starter period; the optimum biological levels for growing and finishing stages were 0.28 and 0.26 % of aaP, respectively. It was concluded that the requirements of apparent available phosphorus could be lower than the value suggested by NRC (1994) for the growth stages and the variables measured, without affecting the body condition and bone mineralization of pullets.

**KEY WORDS:** Apparent available phosphorus, Feed intake, Phosphorus in excreta, Specific gravity, Egg production.

### INTRODUCCIÓN

En la actualidad se tienen aves para postura más ligeras de peso, con menor consumo de alimento

### INTRODUCTION

Genetic improvement has produced laying hens that currently have lighter body weight, lower feed

Recibido el 9 de noviembre de 2006 y aceptado para su publicación el 16 de enero de 2007.

<sup>a</sup> Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Programa en Ganadería, Km. 36.5 Carretera Federal México - 56230. Texcoco Montecillo, Edo de México. jmcuca@colpos.mx. Correspondencia al segundo autor.

<sup>b</sup> Campo Experimental Valle de México, INIFAP.

y más productivas, como consecuencia de la mejora genética. En la nutrición de las aves, el fósforo (P) es indispensable, ya que es componente del ATP, de los ácidos nucleicos y forma parte de los fosfolípidos que integran y dan flexibilidad a las membranas celulares; es esencial en el metabolismo, e interviene en el desarrollo y mantenimiento de las estructuras óseas<sup>(1,2)</sup>; además, el P es determinante en la eficiencia de las aves para postura en el momento que inician su producción e influye durante todo el ciclo<sup>(3)</sup>. Esto implica tener conocimiento del aprovechamiento del P contenido en los ingredientes de las dietas y del que se agrega<sup>(4)</sup>.

La información acerca de la cantidad de fósforo disponible aparente (Pda) que deben contener las dietas de las pollitas de reemplazo para postura, durante las etapas de iniciación, crecimiento y desarrollo es poca y diferente entre autores; lo cual probablemente se debe a que los requerimientos de fósforo disponible (Pd) recomendados por el NRC<sup>(5)</sup> en las diferentes etapas de crianza de pollitas de reemplazo, aún siguen vigentes. Se recomienda un requerimiento de Pd de 0.40, 0.35 y 0.30 % para cada etapa<sup>(5)</sup>; estudios recientes sugieren 0.42, 0.41 y 0.27 % de Pd para iniciación, crecimiento y desarrollo respectivamente en aves ligeras<sup>(6,7,8)</sup>.

Últimamente, los minerales y especialmente el P han cobrado especial importancia debido a problemas de contaminación ambiental en áreas de intensa actividad ganadera. La excesiva excreción de P puede provocar contaminación de los mantos freáticos, por lo que, para reducir la excreción de este mineral, los niveles de P en las dietas deben estar ajustados con las necesidades del animal para cada etapa de producción<sup>(4)</sup>, así como a la disponibilidad del fósforo fítico. El objetivo de este estudio fue estimar las necesidades de Pda en pollitas durante las tres etapas mencionadas y el inicio de postura, en donde se analizó la masa de huevo y gravedad específica, concluyendo la evaluación en el pico de postura.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 750 pollas Leghorn de la línea Hy-line® W-36<sup>(9)</sup>, divididas en tres etapas (250 aves

intake, and more egg production. In poultry nutrition, phosphorus (P) is an essential nutrient; it is a component of the ATP, nucleic acids, and the phospholipids integrating the cell membrane and giving its flexibility. So, it is essential for metabolism as well as growth and maintenance of bone structures<sup>(1,2)</sup>; in addition, P is determinant in the laying efficiency of hens at the beginning of the laying period and influences all laying cycle<sup>(3)</sup>. These imply to know about the P utilization from the dietary ingredients content and also the P that is added<sup>(4)</sup>.

There is few information and different between authors about the amount of apparent available P (aaP) for pullets diet during starter, growing and development stages of growth; this maybe because the NRC<sup>(5)</sup> requirements for each growth phase are still effective. The suggestion is 0.40, 0.35, and 0.30 % of aaP for each stage of growth<sup>(5)</sup>; however, in recent research were found values of 0.42, 0.41 and 0.27 % of aaP for lighter pullets during the starter, growing, and development phases, respectively<sup>(6,7,8)</sup>. Recently, minerals and especially P have special importance due to the environmental pollution problems in regions with intensive livestock production. Excessive P excretion can contaminate the underground water, so, to reduce P excretion, the dietary P (and available phytic phosphorus) levels must be adjusted to the animal requirements for each stage of production<sup>(4)</sup>. The objective of this research was to estimate the aaP requirements for replacing pullets during the starter, growing, and development phases of growth, and during the first laying period where the egg mass and the specific gravity of egg were analyzed, finishing the evaluation during the peak of laying period.

## MATERIALS AND METHODS

Seven hundred and fifty Leghorn pullets (Hy-line® W-36<sup>(9)</sup>) were used, in three phases (250 pullets each phase): 1-6 (starter), 7-12 (growing), and 13-18 (development) weeks of age; the last group was evaluated during the laying period until the peak was reached, to evaluate the effects of aaP levels during the first laying period.

por etapa); pollas de 1 día a 6 semanas de edad (iniciación), 7 a 12 semanas (crecimiento) y de 13 a 18 semanas (desarrollo), continuando con las mismas aves de esta última etapa al pico de postura para evaluar efectos de los niveles de Pda durante el inicio de producción.

Para iniciación, las pollas se colocaron en criadoras eléctricas en batería reguladas por termostato. Las pollas fueron pesadas al inicio del experimento y se les suministraron cinco dietas que contenían diferentes cantidades de Pda, con incrementos de 0.05 porcentual (Cuadro 1), con cinco repeticiones cada una, con diez pollas por repetición.

En crecimiento, se utilizaron pollas de siete semanas de edad que no se sometieron a los tratamientos anteriores, y se mantuvieron con dieta elaborada de acuerdo a los requerimientos nutricionales NRC<sup>(5)</sup>; se pesaron y distribuyeron al azar y se colocaron en 25 jaulas para crecimiento.

Para desarrollo, se realizó el mismo procedimiento que en la etapa de crecimiento; con la diferencia que estas aves continuaron en experimentación hasta el pico de producción, para observar si en el inicio de postura existían efectos de los niveles de Pda suministrados en la etapa de desarrollo. Se aplicó el calendario de vacunación, elaborado con base a las enfermedades frecuentes de la zona. El suministro de agua y alimento fue *ad libitum* en todas las etapas.

Se formularon cinco dietas para cada experimento, todas ellas elaboradas con base a los requerimientos nutricionales<sup>(5)</sup> sugeridos para pollas en las diferentes etapas, excepto el fósforo, que fue cambiando de acuerdo con la etapa señalada en el Cuadro 2; las dietas fueron isoenergéticas e isoproteicas a base de sorgo y pasta de soya. El fósforo lo aportó el fosfato dicálcico (CaHPO<sub>4</sub>), que contenía 20.4 % de P y 17 % de calcio de acuerdo a los análisis realizados; se empleó arena como materia inerte en las dietas para sustituir fósforo dicálcico y carbonato de calcio. Para obtener los niveles de Pda se consideró como disponible 100 % el fósforo del fosfato dicálcico y 33 % el fósforo total del sorgo y de la pasta de soya<sup>(5,10)</sup>.

Cuadro 1. Concentraciones de fósforo en las dietas (%)

Table 1. Dietary apparent available phosphorus (aap) concentrations (%)

Starter (1 day-6 weeks)	Growing (7-12 weeks)	Development (13-18 weeks)
0.20	0.15	0.15
0.25	0.20	0.20
0.30	0.25	0.25
0.35	0.30	0.30*
0.40*	0.35*	0.35

\* Suggested requirements of aaP of NRC, 1994.

In the starter stage, pullets were put into electric brooders arranged in batteries, regulated by a thermostat. The pullets were weighed at the beginning of the experiment and given five diets with different concentrations of aaP, increasing 0.05 % (Table 1), with five replicates each level, ten pullets per replicate.

During growing phase, pullets of 7 wk of age were used; these pullets were not used in the previous stage, and were fed a diet with all nutritional requirements<sup>(5)</sup>; they were weighed, randomly distributed, and allotted into 25 cages for growing pullets.

The same procedure was done for the development phase, but this time the pullets were in experimentation until the peak of egg production, to determine if during the initial laying period there were effects of the aaP levels given during the development period. The vaccination calendar was applied, to prevent the most frequent diseases in the region. Water and feed were allowed *ad libitum* during all stages of growth.

Five diets were formulated for each experiment, all elaborated with all the nutritional requirements<sup>(5)</sup> suggested for pullets for all stages of growth, except for P, that was changed for each phase as is shown in Table 2; diets were based on sorghum-soybean meal, isoenergetic and isonitrogenous. Phosphorus was supplied by dicalcium phosphate (CaHPO<sub>4</sub>), containing

Durante las tres etapas las características evaluadas fueron: peso vivo (g ave<sup>-1</sup> periodo<sup>-1</sup>, PV), consumo de alimento (g ave<sup>-1</sup> periodo<sup>-1</sup>, CA) cada catorce días; y al finalizar cada etapa se midió fósforo en tibias (% , PT), fósforo total en excretas (% , PTE) y resistencia a ruptura de tibias (kg cm<sup>-2</sup>, RR). Del inicio a pico de postura además de medir consumo de alimento, se midió la masa de huevo (g ave<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, MH) y gravedad específica (GE)<sup>(11)</sup>.

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar. Para cada característica estudiada se realizó un análisis de varianza mediante el procedimiento GLM, y las medias se compararon con la prueba de Tukey<sup>(12)</sup>. Las características PV, CA, MH y GE fueron evaluadas con mediciones repetidas en el tiempo, es decir, se midieron más de una vez

20.4 % of P and 17 % of Ca (determined in laboratory); sand was used as inert material to substitute dicalcium phosphate and calcium carbonate. To obtain the aaP levels, the P from dicalcium phosphate was considered 100 % available, and the total P from sorghum and soybean meal, 33 % available<sup>(5,10)</sup>.

The variables analyzed in this experiment were the following: body weight (g pullet<sup>-1</sup> period<sup>-1</sup>, BW), feed intake (g pullet<sup>-1</sup> period<sup>-1</sup>, FI) during fourteen days; and at the final of each stage, P in tibia (% TP), P in excreta (% , PE), and tibia breaking strength (kg cm<sup>-2</sup>, TBS), were measured. From the beginning to the peak of laying period, measurement were taken of feed intake, egg mass (g hen<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, EM) and specific gravity (SG)<sup>(11)</sup>.

Cuadro 2. Composición de las dietas calculadas y analizadas durante las etapas de iniciación, crecimiento y desarrollo  
Table 2. Calculated and analyzed composition of diets for starter, growing and development phases of growth

Ingredient (%)	Starter					Growing					Development				
	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
Sorghum (9% CP)			67.83					74.48					75.95		
Soybean meal (46% CP)			27.11					20.81					19.40		
Crude Soybean oil			1.50					1.50					1.50		
Calcium carbonate	1.85	1.74	1.62	1.51	1.53	1.84	1.73	1.62	1.51	1.40	1.85	1.74	1.62	1.51	1.41
Dicalcium phosphate	0.17	0.41	0.65	0.89	1.27	0.16	0.40	0.64	0.89	1.13	0.17	0.41	0.65	0.89	1.14
Sand	0.78	0.65	0.53	0.40	0.00	0.54	0.40	0.27	0.13	0.00	0.53	0.40	0.28	0.15	0.00
Vitamin-minerals premix <sup>1</sup>			0.25					0.25					0.25		
SALT			0.25					0.30					0.30		
L-lysine·HCl			0.11					0.08					0.00		
DL-methionine			0.15					0.05					0.05		
Calculated analysis	∅				∅										
Metabolizable energy, (kcal/kg)			2850					3000					3000		
Crude protein (N*6.25)			18.50					16.11					15.57		
Lisien, (%)			1.00					0.90					0.73		
Methionine, (%)			0.44					0.32					0.31		
Threonine, (%)			0.69					0.59					0.38		
Methionine+Cystine, (%)			0.75					0.62					0.55		
Total calcium, (%)			0.90					0.90					0.80		
Total phosphorus analyzed* (%)	0.46	0.50	0.53	0.58	0.63	0.39	0.43	0.50	0.55	0.59	0.42	0.46	0.49	0.54	0.60
Apparent available phosphorus, (%)	0.21	0.26	0.29	0.34	0.39	0.15	0.20	0.26	0.31	0.36	0.16	0.21	0.26	0.31	0.36

CP= Crude protein.

<sup>1</sup>Supplied, per kg of feed: vit. A, 9,000 IU; vit. D<sub>3</sub>, 2,500 IU; vit. E, 20 IU; vit. K, 3 mg; vit. B<sub>2</sub>, 8.0 mg; vit. B<sub>12</sub>, 0.015 mg; pantothenic acid, 10 mg; niacin, 40 mg; folic acid, 0.5 mg; choline, 300 mg; biotin, 0.055 mg; thiamine, 2 mg; Fe, 65 mg; Zn, 100 mg; Mn, 100 mg; Cu, 9 mg; Se, 0.3 mg; I, 0.9 mg.

durante las diferentes etapas, por lo que se analizaron mediante el procedimiento MIXED<sup>(12)</sup> con el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + R_{j(i)} + P_k + (TP)_{ik} + \epsilon_{ijk};$$

donde:  $Y_{ijk}$ =observación  $j$ -ésima del  $i$ -ésimo tratamiento en el  $k$ -ésimo periodo;  $\mu$ =constante común a todas las observaciones;  $T_i$ =efecto fijo del  $i$ -ésimo nivel de fósforo en la dieta ( $i = 1, 2, 3, 4, 5$ );  $R_{j(i)}$ =efecto aleatorio de la repetición anidada en el tratamiento ( $j=1,2,3,4,5$ ),  $R_{j(i)} \sim \text{IIDN}(0, \sigma^2)$ ;  $P_k$ =efecto fijo del  $k$ -ésimo periodo ( $k = 1,2$ , en PV y CA;  $k=1,2,3,4,5$  en MH y GE);  $(TP)_{ik}$ =efecto fijo de la interacción del  $i$ -ésimo tratamiento y el  $k$ -ésimo periodo;  $\epsilon_{ijk}$ =error experimental,  $\epsilon_{ij} \sim \text{IIDN}(0, \sigma^2)$ .

El modelo estadístico para PT, PTE y RR fue:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij};$$

donde:  $Y_{ij}$ =observación  $j$ -ésima del  $i$ -ésimo tratamiento;  $\mu$ =constante común a todas las observaciones;  $T_i$ =efecto del  $i$ -ésimo nivel de fósforo en la dieta ( $i=1, 2, 3, 4, 5$ );  $\epsilon_{ij}$ =error experimental,  $\epsilon_{ij} \sim \text{IIDN}(0, \sigma^2)$ .

El análisis de regresión se realizó para obtener la mejor predicción del efecto de los niveles de Pda. El nivel óptimo biológico (NOB) se calculó para las características que presentaron efecto ( $P \leq 0.05$ ) cuadrático, no así para efectos lineales, donde los niveles óptimos pueden encontrarse fuera de la recta de regresión en función de si se busca maximizar o minimizar alguna característica. Se utilizaron los siguientes modelos de regresión para las características PV, CA, PT, PTE y RR:

Lineal  $Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 X_{ij} + \epsilon_{ij}$ ,

cuadrático  $Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 X_{ij} + \beta_2 X_{ij}^2 + \epsilon_{ij}$  y

cúbico  $Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 X_{ij} + \beta_2 X_{ij}^2 + \beta_3 X_{ij}^3 + \epsilon_{ij}$ ;

donde:  $Y_{ij}$ =variable dependiente;  $\beta_0$  a  $\beta_3$ =coeficientes de regresión;  $X_{ij}$ =niveles de fósforo en la dieta;  $\epsilon_{ij}$ =error experimental.

El NOB, se calculó mediante el modelo econométrico de la forma:  $Y_i = Q$  (Fi), sujeto a

The experimental design used was the completely randomized design. For each variable, an analysis of variance was performed using the GLM procedure, and the treatments means were compared using the Tukey method<sup>(12)</sup>. The BW, FI, EM, and SG were analyzed with repeated measures in time that means that they were measured more than one time during the different phases of growth. For these variables the MIXED<sup>(12)</sup> procedure was used with the following model:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + R_{j(i)} + P_k + (TP)_{ik} + \epsilon_{ijk};$$

where:  $Y_{ijk}$ = $i$ -th record of the  $j$ -th treatment of the  $k$ -th period.  $\mu$ =common constant to all data;  $T_i$ =effect of the  $i$ -th level of dietary P ( $i=1,2,3,4,5$ );  $R_{j(i)}$ =random effect of the replicate nested in the treatment ( $j=1,2,3,4,5$ ),  $R_{j(i)} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$ ;  $P_k$ =fixed effect of the  $k$ -th period ( $k=1,2$ , for BW and FI;  $k=1,2,3,4,5$  for EM and SG);  $(TP)_{ik}$ =fixed effect of the interaction between the  $i$ -th treatment and the  $k$ -th period;  $\epsilon_{ijk}$ =experimental error,  $\epsilon_{ij} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$ .

The statistical model for TP, PE and TBS was the following:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij};$$

where:  $Y_{ij}$ = $j$ -th observation of the  $i$ -th treatment;  $\mu$ =common constant to all observations;  $T_i$ =effect of the  $i$ -th dietary P level ( $i=1,2,3,4,5$ );  $\epsilon_{ij}$ =experimental error,  $\epsilon_{ij} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$ .

A regression analysis was performed to obtain the predicted value of the aaP levels. The optimum biological level (OBL) was calculated for the variables that showed a quadratic effect ( $P \leq 0.05$ ), but not for the variables showing lineal effects, where the optimum levels can be found outside the regression line as a function of the maximization or minimization of a variable. The following regression models were used for BW, FI, TP, PE, and TBS:

Lineal  $Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 X_{ij} + \epsilon_{ij}$ ,

quadratic  $Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 X_{ij} + \beta_2 X_{ij}^2 + \epsilon_{ij}$  and

cubic  $Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 X_{ij} + \beta_2 X_{ij}^2 + \beta_3 X_{ij}^3 + \epsilon_{ij}$ ;

$Ax > b$ ; donde:  $Y_i$  es la variable de respuesta en función ( $Q$ ) al nivel ( $F_i$ ) de fósforo, sujeto al aporte de nutrientes ( $A$ ) de los ingredientes ( $x$ ), para cubrir los requerimientos nutrimentales ( $b$ ) de la dieta, incluyendo al fósforo; la función  $Q$  representó la ecuación de regresión seleccionada. Los cálculos se hicieron con el programa Solver de Excel de Microsoft Office<sup>®</sup>(13).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### *Peso vivo (PV)*

En la etapa de iniciación la interacción tratamiento por periodo fue significativa ( $P \leq 0.05$ ); encontrando que en el primer periodo 0.21, 0.26 y 0.29 % produjeron el PV más bajo sin diferencias entre ellos, pero difirieron de los efectos producidos por 0.34 y 0.39 %. Para el segundo periodo 0.21 % de Pda fue diferente ( $P \leq 0.05$ ) a todos los niveles con el PV más bajo (Cuadro 3). El nivel de 0.26 % produjo la misma respuesta que 0.29 % en los dos periodos, por lo que se considera a 0.26 % como una cantidad adecuada para esta etapa, y reduciendo el fósforo excretado sin afectar el peso vivo; el cual es menor a lo recomendado por el NRC<sup>(5)</sup> y por el manual de manejo<sup>(9)</sup> que es de 0.40 y 0.50 % de Pd respectivamente; además de ser la media de todos los niveles evaluados. A pesar de lo mencionado, no hubo diferencias en las medias de toda la etapa; ni se superó el PV sugerido por el manual de manejo Hy-line W-36<sup>(9)</sup>; además de diferir con otros autores<sup>(6)</sup>, quienes mencionan haber obtenido la mejor ganancia de peso con 0.42 % de Pd.

Durante el crecimiento y desarrollo se observó efecto del periodo ( $P \leq 0.01$ ). En las dos etapas no se observaron diferencias ( $P > 0.05$ ) en las medias de tratamientos. Los valores de PV fueron menores a lo sugerido por el manual de manejo de la línea Leghorn W-36<sup>(9)</sup> y al NRC<sup>(5)</sup>, quien indica niveles de 0.35 % para la etapa de crecimiento y 0.30 % de Pd en desarrollo, valor cercano a otra investigación que menciona 0.35 % de Pd en crecimiento<sup>(7)</sup>.

En la etapa de desarrollo, investigadores de la Universidad de Washington<sup>(14)</sup> encontraron que pollas alimentadas con niveles de 0.30 a 0.60 % de

where:  $Y_{ij}$ =dependent variable;  $\beta_0$  to  $\beta_3$ = regression coefficients;  $X_{ij}$ =dietary P levels;  $\varepsilon_{ij}$ =experimental error.

The OBL was calculated using an econometric model such as:  $Y_i = Q(F_i)$ , subjected to  $Ax > b$ ; donde:  $Y_i$  is the response variable as function of ( $Q$ ) at the P level ( $F_i$ ), subjected to the nutrients contribution ( $A$ ) of ingredients ( $x$ ), to meet the nutrient requirements ( $b$ ), including P; the function  $Q$  represented the regression equation selected. The calculations were performed with the Solver command of Excel of Microsoft Office<sup>®</sup>(13).

## RESULTS AND DISCUSSION

### *Body weight (BW)*

In the starter phase, there was a significant ( $P \leq 0.05$ ) interaction between treatment and period; in the first period, the 0.21, 0.26, and 0.29 % levels of P have the lower BW without differences between them ( $P > 0.05$ ), but they were different compared to 0.34 and 0.39 %. For the second period, 0.21 % of aaP was different ( $P \leq 0.05$ ) to all other levels, having the lowest BW (Table 3). The 0.26 % of aaP produced the same response as 0.29 % in both periods, so 0.26 % of aaP is considered the right level for this stage of growth, diminishing the P excreted without affecting body weight; this value is lower compared to the level recommended by NRC<sup>(5)</sup> and the management manual<sup>(9)</sup>: 0.40 and 0.50 % of aaP, respectively; besides, it is the average of all analyzed levels. Despite this, there were no differences ( $P > 0.05$ ) between means in this stage of growth; neither the BW suggested in the management manual for hens Hy-line W-36<sup>(9)</sup> was surpassed; these results disagree with other research<sup>(6)</sup>, where the best body weight gain was observed with 0.42 % of aaP.

During the growing and development phases, an effect of period was observed ( $P \leq 0.01$ ). In both stages of growth there were no differences between treatments means. The values of BW were lower than suggested in the management manual for Leghorn hens W-36<sup>(9)</sup> and the NRC<sup>(5)</sup>, where 0.35 and 0.30 % of aaP is suggested for growing and development stages, respectively; the value for

FÓSFORO DISPONIBLE EN POLLAS LEGHORN

Cuadro 3. Respuesta a los niveles de fósforo en el peso vivo de pollas Leghorn en tres etapas productivas (g)

Table 3. Effect of the aaP (%) levels on body weight (g hen<sup>-1</sup> period<sup>-1</sup>) of Leghorn Hy-line W-36® pullets in starter, growing, and development stages of growth

Starter						
Period	0.21	0.26	0.29	0.34	0.39	X±SE
1	246 <sup>b</sup>	252 <sup>b</sup>	258 <sup>ab</sup>	270 <sup>a</sup>	266 <sup>a</sup>	258 <sup>e</sup> ±2.3
2	329 <sup>c</sup>	360 <sup>b</sup>	368 <sup>ab</sup>	386 <sup>a</sup>	383 <sup>a</sup>	365 <sup>d</sup> ±5.4
X±SE	287±5	306±5	313±5	328±5	324.5±5	
Growing						
Period	0.15	0.20	0.26	0.31	0.36	X±SE
1	579	603	606	603	611	600 <sup>d</sup> ±2.9
2	851	870	894	875	865	871 <sup>e</sup> ±5.5
X±SE	715±6	736.5±6	750±6	739±6	738±6	
Development						
Period	0.16	0.21	0.26	0.31	0.36	X±SE
1	993	1016	1004	1011	994	1004 <sup>e</sup> ±4.4
2	1227	1247	1245	1249	1235	1241 <sup>d</sup> ±3.9
X±SE	1110±8	1131±8	1124±8	1130±8	1114±8	

Period 1= 3 wk on treatment; 2= 6 wk on treatment; X= Mean of treatment and period; SE= Standard error.

\*= The initial body weight for pullets for all treatments was 37±0.10, 349±0.23 and 817±0.31 g. for starter, growing and development, respectively.

abcde Treatments means with different superscripts in the same row or column are different ( $P<0.05$ ).

P total de las 8 a 21 semanas de edad no se afectó la madurez sexual de las aves<sup>(14)</sup>, sin embargo, actualmente los requerimientos de P se expresan en base a fósforo disponible para mejorar las respuestas de PV y mineralización ósea<sup>(15)</sup>.

Las diferencias encontradas y los bajos pesos en las tres etapas, se pueden deber a que los valores reportados en el NRC<sup>(5)</sup> son en base a promedios de varios experimentos y con diferentes líneas genéticas de pollas; además de que hoy en día se tienen aves más pequeñas y con menores requerimientos nutricionales; pudiendo influir también el nivel de estrés por el manejo de las aves en los distintos experimentos, así como los ingredientes utilizados y características físicas del alimento entre otros.

#### Consumo de alimento

En consumo de las cuatro etapas evaluadas, no se observó interacción de los niveles de Pda por el

growing (0.35 %) is the same observed in other report<sup>(7)</sup>.

During the development phase, researchers of the University of Washington<sup>(14)</sup> found that pullets fed from 0.30 to 0.60 % of total P from 8 to 21 wk of age were not affected in their sexual maturity<sup>(14)</sup>; however, these results are not useful for comparison since requirements of P are currently expressed as apparent available, to improve the response in body weight and bone mineralization<sup>(15)</sup>.

The differences found and the low BW in the three phases of growth can be due to the fact that the values reported in the NRC<sup>(5)</sup> are based on averages of several experiments and with different genetic lines; in addition, the hens are now lighter and have less nutritional requirements. Other factors influencing the results could be the management stress because of the experimentation, and the ingredients used as well as the physical characteristics of feed, between other reasons.

periodo, por lo que se discuten los efectos principales (Cuadro 4). Las medias de todas las etapas fueron similares ( $P>0.05$ ). En la etapa de iniciación hubo diferencias entre tratamientos en el segundo periodo; los menores consumos se observaron con 0.21, 0.26 y 0.29 % siendo diferentes ( $P\leq 0.05$ ) de los consumos obtenidos con 0.34 y 0.39 %. Estos resultados son menores a lo reportado por el manual de manejo Hy-line W-36<sup>(9)</sup>, y por otros autores<sup>(6)</sup> que no encontraron diferencias entre tratamientos con niveles de 0.30 a 0.50 % de Pd. Durante la etapa de crecimiento los resultados son menores al manual de manejo de la línea<sup>(9)</sup>; y con respecto a otros autores<sup>(7)</sup>. En

#### Feed intake

The feed intake of the four phases analyzed did not show an interaction between the aaP and period; so, the main effects are discussed (Table 4). The treatments means were not different in all phases ( $P>0.05$ ). In starter phase, there were differences between treatments in the second period; the lower feed intake was observed in pullets fed 0.21, 0.26 and 0.29 % of aaP; these were different ( $P\leq 0.05$ ) than the one obtained with 0.34 and 0.39 %. These results are lower than the reports in the management manual for hens Hy-line W-36<sup>(9)</sup>, as well as other authors<sup>(6)</sup> that did not find differences between levels from 0.30 to 0.50 % of aaP. During the

Cuadro 4. Respuesta a los niveles de fósforo en el consumo de alimento de pollas Leghorn en cuatro etapas de producción (g)

Table 4. Effect of aaP (%) levels on feed intake(g hen<sup>-1</sup> period<sup>-1</sup>) of Leghorn Hy-line W-36<sup>®</sup> pullets in starter, growing, and development stages of growth

Starter						
Period	0.21	0.26	0.29	0.34	0.39	X±SE
1	289	304	305	322	311	306 <sup>e</sup> ±4.1
2	635 <sup>b</sup>	639 <sup>b</sup>	651 <sup>b</sup>	677 <sup>a</sup>	673 <sup>a</sup>	655 <sup>d</sup> ±5.2
X±SE	924±21	943±7	956±20	999±13	984±25	
Growing						
Period	0.15	0.20	0.26	0.31	0.36	X±SE
1	889	918	933	935	935	924 <sup>e</sup> ±8.8
2	1120	1143	1142	1125	1141	1134 <sup>e</sup> ±12.5
X±SE	2009±19.8	2061±11.7	2075±12.3	2060±11.9	2076±28.7	
Development						
Period	0.16	0.21	0.26	0.31	0.36	X±SE
1	1389	1402	1409	1392	1383	1395 <sup>e</sup> ±9.5
2	1527	1510	1518	1508	1499	1512.4 <sup>d</sup> ±6.2
X±SE	2916±28.1	2912±10.4	2927±19.2	2900±23.9	2882±22.7	
Beginning of laying						
†Period	0.16	0.21	0.26	0.31	0.36	X±SE
1	1102	1041	1044	1034	1036	1051 <sup>f</sup> ± 11.46
2	1156 <sup>a</sup>	1093 <sup>b</sup>	1106 <sup>a</sup>	1074 <sup>b</sup>	1062 <sup>b</sup>	1098 <sup>e</sup> ± 20.9
3	1180	1149	1169	1125	1144	1153 <sup>d</sup> ± 25.9
X±SE	3438±40.8	3283±40.8	3319±40.8	3233±40.8	3242±40.8	

Period 1= 3 wk on treatment; 2= 6 wk on treatment; †= At the beginning of laying, 14 d were a period; X= Feed intake accumulated for 6 wk and period; SE= Standard error.

<sup>ab</sup> Means with different superscripts in the same row or column are different ( $P<0.05$ ).



desarrollo no hubo diferencias entre tratamientos. Durante el inicio de postura hubo diferencia en el segundo periodo ( $P \leq 0.05$ ), encontrando que 0.16 y 0.26 % produjeron los consumos más altos, difiriendo de 0.21, 0.31 y 0.36 %; la media de todos los tratamientos de la semana 19 a 24 consideradas como inicio de postura en este estudio fue de  $78 \text{ g ave}^{-1} \text{ día}^{-1}$ , semejante al consumo de  $80 \text{ g ave}^{-1} \text{ día}^{-1}$  pero con 0.20 % de Pd a las 20 semanas de edad<sup>(8)</sup>, y difieren del consumo medio de  $100 \text{ g ave}^{-1} \text{ día}^{-1}$  de aves alimentadas con 0.22 % de Pd, de 19 a 25 semanas de edad<sup>(16)</sup>. Los resultados de esta investigación y las fuentes citadas son distintas del NRC<sup>(5)</sup>, donde se reporta consumos mayores para cada etapa, lo cual se debe posiblemente por las distintas condiciones ambientales en que se desarrollaron las investigaciones, y donde la energía y proteína pueden producir efectos distintos de acuerdo a las condiciones anteriores<sup>(17)</sup>. Esto indica que las aves consumieron más alimento a medida que fueron creciendo, sin que los niveles de Pda afectaran el consumo, y que los consumos de alimento sugeridos por el NRC<sup>(5)</sup> son mayores a los obtenidos en este estudio.

#### *Fósforo total en excretas (PTE)*

En la prueba de medias para el PTE en iniciación y crecimiento, no se encontraron diferencias por efecto de los tratamientos, lo que indica que los niveles de Pda no influyeron en el fósforo total excretado, (Cuadro 5); en la etapa de desarrollo sí se observaron diferencias ( $P \leq 0.05$ ). Las dietas con 0.16 y 0.36 % de Pda contenían 0.42 y 0.60 % de fósforo total respectivamente, lo que determinó que con 0.16 % se excretó 7 % menos de fósforo total que con 0.36 %, lo cual no fue diferente de 0.31 y 0.26 % de Pda.

No hubo diferencias entre tratamientos en la etapa iniciación y crecimiento, y considerando importante la reducción de la excreción de fósforo para tener menor contaminación del ambiente; se sugiere reducir los niveles de Pda para pollitas de reemplazo de 0.40 a 0.26 % en iniciación, 0.35 a 0.28 % en crecimiento y de 0.30 a 0.26 % en desarrollo para menor excreción de fósforo. Con lo anterior se mantendrían los niveles de Pda encontrados

growing phase, the results are lower than the ones in the management manual for this genetic line<sup>(9)</sup>; as well as other authors<sup>(7)</sup>. In development stage of growth there were no differences between treatments. During initial laying, there was a difference in the second period ( $P \leq 0.05$ ), where 0.16 and 0.26 % of aaP produced the highest feed intake, differing from 0.21, 0.31 and 0.36 % levels; the average feed intake of all treatments in the period of 19-24 wk of age, considered the beginning of laying in this study, was  $78 \text{ g hen}^{-1} \text{ d}^{-1}$ , similar to the feed intake of  $80 \text{ g hen}^{-1} \text{ d}^{-1}$  obtained with 0.20 % of aaP at 20 wk of age<sup>(8)</sup>, and different from the average feed intake of  $100 \text{ g hen}^{-1} \text{ d}^{-1}$  in hens fed 0.22 % of aaP at 19-25 wk of age<sup>(16)</sup>. The results in this research and the authors above mentioned are different than the ones of NRC<sup>(5)</sup>, where higher feed intake for each stage of growth is reported, maybe due to the different environmental conditions for each research, where the energy and protein can produce different effects accordingly to the experimental and environmental conditions<sup>(17)</sup>. This indicates that hens ingested more feed as they were growing, without the effect of the aaP levels, and also indicates that the feed intake suggested by NRC<sup>(5)</sup> are higher than the ones obtained in this study.

#### *Total phosphorus in excreta (PE)*

The means comparison for PE in starter and growing stages of growth, there were no differences between treatments, indicating that the levels of aaP had no effect on total phosphorus excreted (Table 5); in development phase, there were differences ( $P \leq 0.05$ ) between treatments; 0.16 and 0.36 % of dietary aaP excreted 0.42 and 0.60 % of PE, respectively (Table 5); that means that 0.16 % of dietary aaP reduced in 7 % the total PE than 0.36 %; this diet was no different ( $P > 0.05$ ) than 0.31 and 0.26 % of dietary aaP.

There were no differences between treatments in starter and growing stages of growth, and, considering the importance of reducing the excretion of P to lessen the environmental pollution, it is suggested to diminish the aaP level for pullets from 0.40 to 0.26 % in starter; and from 0.35 to 0.28 %

Cuadro 5. Respuesta a niveles de fósforo total excretado en heces (PE), fósforo en tibias (PT), y resistencia a ruptura de tibias, de pollas Leghorn en tres etapas productivas (Media  $\pm$  EE)

Table 5. Effect of the aaP (%) levels on total P in excreta (PE), P in tibias (PT), and tibia breaking strength (TBS) of Leghorn Hy-line W-36® pullets in starter, growing, and development stages of growth

		Starter		
Total P	aaP (%)	PE (%) $\pm$ SE	PT (%) $\pm$ SE	RB (kg cm <sup>-2</sup> ) $\pm$ SE
0.46	0.21	0.22 $\pm$ 0.005	4.32 $\pm$ 0.096	2.30 $\pm$ 0.144
0.50	0.26	0.24 $\pm$ 0.016	4.26 $\pm$ 0.050	2.65 $\pm$ 0.145
0.53	0.29	0.25 $\pm$ 0.012	4.42 $\pm$ 0.115	2.80 $\pm$ 0.230
0.58	0.34	0.26 $\pm$ 0.010	4.46 $\pm$ 0.102	2.85 $\pm$ 0.174
0.63	0.39	0.27 $\pm$ 0.016	4.60 $\pm$ 0.104	2.86 $\pm$ 0.101
		Growing		
0.39	0.15	0.17 $\pm$ 0.008	4.76 $\pm$ 0.067	3.23 $\pm$ 0.300
0.43	0.20	0.22 $\pm$ 0.007	4.78 $\pm$ 0.086	3.27 $\pm$ 0.085
0.50	0.26	0.24 $\pm$ 0.010	4.78 $\pm$ 0.066	3.36 $\pm$ 0.223
0.55	0.31	0.24 $\pm$ 0.004	4.86 $\pm$ 0.087	3.46 $\pm$ 0.147
0.59	0.36	0.25 $\pm$ 0.011	4.98 $\pm$ 0.080	3.87 $\pm$ 0.390
		Development		
0.42	0.16	0.163 <sup>c</sup> $\pm$ 0.003	5.48 $\pm$ 0.631	5.56 $\pm$ 0.165
0.46	0.21	0.20 <sup>bc</sup> $\pm$ 0.006	4.88 $\pm$ 0.058	5.59 $\pm$ 0.122
0.49	0.26	0.23 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.019	4.92 $\pm$ 0.058	5.77 $\pm$ 0.398
0.54	0.31	0.26 <sup>a</sup> $\pm$ 0.014	4.96 $\pm$ 0.040	5.80 $\pm$ 0.238
0.60	0.36	0.27 <sup>a</sup> $\pm$ 0.014	5.02 $\pm$ 0.086	6.06 $\pm$ 0.150

SE= Standard Error.

abc Values with different superscript in the same column are different ( $P < 0.05$ ).

mediante el cálculo de los NOB (Figuras 1, 2) para PV en crecimiento y desarrollo, y se reduciría la excreción de PTH sin afectar el PV de las aves en las etapas estudiadas.

#### Fósforo en tibias

El contenido de fósforo de las pollas en iniciación, crecimiento y desarrollo, fue similar en los tratamientos, (Cuadro 5). El resultado de PT en iniciación es semejante a lo mencionado por De Vargas *et al.*<sup>(6)</sup> quienes no encontraron diferencias con concentraciones de fósforo en la dieta de 0.30 a 0.50 % de Pd con incrementos porcentuales de 0.05, y la media observada en ese estudio fue superior al encontrado en el presente estudio. Los resultados de PT durante la etapa de crecimiento coinciden con los informados por otros autores<sup>(7)</sup>. Para la etapa de desarrollo se ha señalado el máximo

in growing stage. With that, the aaP values found with the OBL method will be maintained (Figures 1, 2) for BW in growing and development stages, and the PE will be reduced without affecting BW of pullets in the phases analyzed.

#### Phosphorus in tibia (TP)

The phosphorus content in tibia in starter, growing, and development stages of growth of pullets were similar between treatments (Table 5). The TP results in the starter stage were similar to those reported by De Vargas *et al.*<sup>(6)</sup> who did not find differences between levels of aaP from 0.30 to 0.50 %, increasing 0.05 %; the average observed in that research was higher than the one obtained in this study. The results of TP in growing stage of growth agree with other reports<sup>(7)</sup> where 0.35 % of aaP was found as the optimum. For development stage,

PT con 0.40 % de Pd<sup>(8)</sup>. Se puede decir que aún con los niveles más bajos utilizados en cada etapa de este estudio, se cubrieron los requerimientos de las aves para una adecuada mineralización ósea.

Las diferencias en las medias de este estudio durante las tres etapas, pueden atribuirse a que para obtener un buen desarrollo de huesos, son necesarios niveles adecuados de calcio, fósforo, y vitamina D3, ya que cualquier deficiencia de estos en el alimento pueden afectar el cartílago óseo<sup>(18)</sup>, además, de las técnicas, metodologías y materiales utilizados en las mediciones. Los valores para esta característica parecen estar sobrestimados, ya que diversos autores<sup>(6,7,8,19)</sup> no encontraron diferencias con niveles de Pd inferiores a los de NRC<sup>(5)</sup> coincidiendo con lo obtenido en este estudio.

#### *Resistencia a ruptura*

En la prueba de medias para RR en iniciación, crecimiento y desarrollo, no se observaron diferencias por efecto de tratamientos (Cuadro 5); similar a lo informado por otros autores<sup>(6,7,8)</sup> con 0.40, 0.30 y 0.35 % de Pd para RR en las etapas mencionadas. Otros autores<sup>(19)</sup> no reportan diferencias con concentraciones de 0.30 a 0.50 % de Pd en iniciación, de 0.25 a 0.45 % de Pd en crecimiento y de 0.20 a 0.40 % de Pd en desarrollo, con incrementos porcentuales de 0.05 en cada etapa. Los resultados mencionados coinciden con los resultados obtenidos en este estudio para esta característica en lo que se refiere a niveles utilizados; pero difieren en los valores ( $\text{kg cm}^{-2}$ ) de RR, lo cual se pueden deber a las condiciones en que se desarrollaron las pruebas, tales como instrumento con que se realizó, humedad y calidad de las tibias. De acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio, se pueden reducir los niveles sugeridos por el NRC<sup>(5)</sup>, de 0.40 a 0.21 % en iniciación, 0.35 a 0.15 % en crecimiento y 0.30 a 0.16 % de Pda en desarrollo, sin que se afecte la mineralización ósea de las aves.

#### *Masa de huevo*

Del inicio a pico de postura no hubo efecto de tratamientos, y la MH fue cambiando de forma

a maximum response in TP was reported<sup>(8)</sup> with 0.40 % of aaP. It can be noticed that even with the lower levels used in each phase, the requirements for an adequate bone mineralization were met.

The differences in treatments means during the three stages of growth in this study, can be attributed to the fact that, to obtain a good bone growth and development, adequate levels of Ca, P and vitamin D3 are needed, because a dietary deficiency of any of them can affect the bone cartilage<sup>(18)</sup>. Other reasons could be the techniques, methods and materials used to take the measurements. The values for this variable seem to be overestimated, because several authors<sup>(6,7,8,19)</sup> did not find differences with aaP levels lower than the NRC<sup>(5)</sup> requirements, in agreement with this study.

#### *Tibia breaking strength (TBS)*

The means of tibia breaking strength (TBS) of tibias were not different between treatments in starter, growing and development stages of growth (Table 5); the values were similar to the ones reported by other researchers<sup>(6,7,8)</sup>: 0.40, 0.30, and 0.35 % of aaP for each phase, respectively. Other authors<sup>(19)</sup> did not find differences in this variable feeding from 0.30 to 0.50 % of aaP in starter, 0.25 to 0.45 % in growing, and 0.20 to 0.40 % in development phase, with 0.05 increases in all stages of growth. Their results agree with the ones obtained in this study in the levels of aaP utilized, but they are different in the TBS values ( $\text{kg cm}^{-2}$ ), may be due to the experimental conditions such as the instrument used to take the measures, the humidity, and the quality of tibias. Accordingly with the results of this experiment, the NRC<sup>(5)</sup> values can be reduced from 0.40 % to 0.21 % in starter, from 0.35 to 0.15 % in growing, and from 0.30 to 0.15 % of aaP in development phase, without affecting the bone mineralization of the hens.

#### *Egg mass (EM)*

There was no effect of aaP level on EM from the beginning to the peak of laying, and it was progressively changing as time passed (Table 6).

progresiva a medida que el tiempo transcurrió sin que influyeran los niveles de Pda (Cuadro 6). Lo anterior coincide con quienes mencionan no haber encontrado diferencias durante el inicio de postura (semanas 21 y 22), con dietas que contenían 0.22 g de Pd kg<sup>-1</sup> considerada como dieta normal formulada en base al NRC<sup>(5)</sup>, y dietas con 0.11 g de Pd kg<sup>-1</sup>, aunque para el pico de postura (semanas 23 y 24) hubieron diferencias ( $P \leq 0.05$ ) disminuyendo la MH por efecto de los niveles de Pd)<sup>(16)</sup>.

Al no encontrar estudios donde se haya medido MH al inicio de postura, se comparan los resultados obtenidos por otros autores con gallinas de mayores semanas a las de esta investigación, para efectos de analizar los niveles de Pd, y se menciona que con 0.10 de Pd la MH empieza a disminuir en aves de 70 a 76 semanas<sup>(20)</sup>; así mismo se señala que no hay diferencias al alimentar aves con concentración de Pd de 0.25 a 0.45 %, utilizando gallinas de 90 semanas<sup>(21)</sup>. Otros autores<sup>(22)</sup> indican

This result agrees with reports where a significant difference was not found at the beginning of laying (21-22 wk) in hens fed 0.22 g of aaP kg<sup>-1</sup>, a level considered normal formulated with the NRC<sup>(5)</sup> suggestion, and 0.11 g aaP kg<sup>-1</sup>, although at the peak of laying (23-24 wk) there were differences ( $P \leq 0.05$ ) reducing the EM as aaP was reduced<sup>(16)</sup>.

Because there are no studies where the EM was measured at the beginning of the laying period, the results are compared to the ones obtained in older hens, to be able to analyze the aaP levels, and it was mentioned that at 0.10 of aaP, the EM begins to diminish in hens of 70-76 wk of age<sup>(20)</sup>; in like manner, it has pointed out that there is no difference feeding hens with 0.25 to 0.45 % of aaP using hens of 90 wk of age<sup>(21)</sup>. Other authors<sup>(22)</sup> reported an average of 49.4 g hen<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> of EM with 0.18 % of aaP in hens of second laying cycle. The EM values from the beginning to the peak of laying in this experiment could be due to the lower level of Ca used in this experiment (0.80 %), lower than

Cuadro 6. Niveles de fósforo utilizados en desarrollo y su efecto en la masa de huevo (g ave<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>) y gravedad específica de pollas Leghorn de inicio a pico de postura

Table 6. Effect of aaP (%) levels of development stage on egg mass (g hen<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>) and specific gravity of Leghorn Hy-line W-36<sup>®</sup> pullets from starting to peak of laying

Period	Phosphorus levels					X±SE
	0.16	0.21	0.26	0.31	0.36	
Egg mass						
1	13.9	13.2	16.7	15.9	13.8	14.7 f ± 0.7
2	16.7	15.5	21.1	18.3	17.2	17.8 f ± 0.9
3	29.0	32.8	30.1	32.1	32.8	31.4 e ± 1.0
4	35.2	33.9	32.1	33.2	34.6	33.8 d ± 0.6
5	35.2	34.3	34.7	35.9	33.5	34.7 d ± 0.5
X±SE	26±1.7	25.9±1.2	26.9±1.5	27.1±2.0	26.4±2.0	
Specific gravity						
1	1.078 c	1.093 a	1.086 ab	1.091 a	1.092 a	1.088 d ± 0.001
2	1.075 c	1.078 cb	1.082 b	1.085 b	1.092 a	1.082 e ± 0.001
3	1.074 c	1.078 c	1.079 bc	1.085 b	1.091 a	1.081 e ± 0.001
4	1.073 c	1.078 b	1.078 b	1.080 ab	1.082 a	1.078 f ± 0.008
5	1.071	1.072	1.072	1.073	1.073	1.072 f ± 0.002
X±SE	1.074 <sup>C</sup> ±0.0010	1.079 <sup>B</sup> ± 0.003	1.079 <sup>B</sup> ±0.003	1.082 <sup>AB</sup> ±0.002	1.086 <sup>A</sup> ±0.002	

Period 1,2,3,4,5= Weeks on treatment; X= Mean and Mean of period; SE= Standard error.

Means with different superscripts in rows or columns are different ( $P < 0.05$ ).

una media de 49.4 g ave<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> de MH con 0.18 % de Pd en gallinas de segundo ciclo. Los valores de MH reportados de inicio a pico de postura en esta investigación, pueden deberse a que son aves que inician postura, y que el nivel de calcio utilizado en este estudio (0.80 %), fue menor a lo sugerido por el NRC<sup>(5)</sup>, que debe ser de 2.0 % para aves de 18 semanas a primer huevo y de 4.06 % de Ca al 90 % de producción.

#### Gravedad específica

Se observó efecto significativo ( $P \leq 0.05$ ) de la interacción tratamiento por período (Cuadro 6), lo que indica que a medida que los periodos transcurren los niveles de Pda se producen efectos diferentes, y por lo tanto se afecta la calidad del cascarón. En los periodos 1, 2, 3, y 4 la GE se incrementó conforme aumentaron los niveles de Pda, mostrándose inconsistencias al cambiar los periodos; en el periodo 5 no se observaron diferencias entre tratamientos. Hubo diferencias en la prueba de medias ( $P \leq 0.05$ ) de los cinco periodos; la mejor GE se obtuvo con 0.31 y 0.36 %, mientras que el peor resultado se dio con 0.16 %. Los resultados obtenidos pueden atribuirse a los niveles bajos de calcio en las dietas (0.8 %) con referencia al NRC<sup>(5)</sup>. Aún con el desequilibrio Ca:P, no se observó la presencia de efectos secundarios, tales como caída de postura, problemas de patas o fatiga de jaula en las aves, pero sí una tendencia a disminuir la calidad del cascarón. Algunos autores<sup>(14)</sup> indican que con 0.30 % de P total al 70 % de postura no se afectó la gravedad específica (1.091), masa y peso de huevo. Lo anterior podría servir como referencia para indicar que se pueden incluir niveles de Pd inferiores a 0.35 % en las dietas, con niveles de calcio desde 0.80 % sin afectar la condición corporal, del inicio a pico de postura.

#### Análisis de regresión y nivel óptimo biológico

En las Figuras 1 y 2 se muestran las ecuaciones de los modelos de regresión que mejor predijeron el PV en las etapas de crecimiento y desarrollo. A partir de 0.28 % de Pda la regresión indica que puede empezar a disminuir el PV en la etapa de crecimiento (Figura 1). El PV en desarrollo

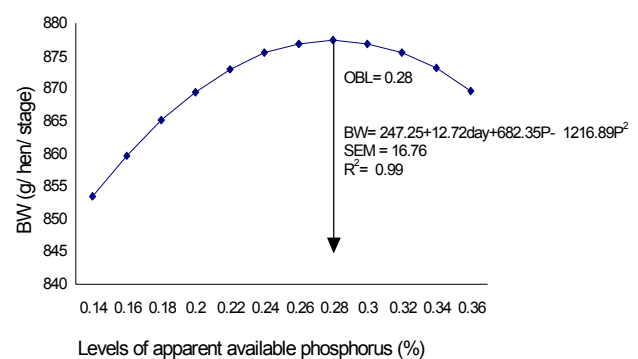
the NRC<sup>(5)</sup> suggestion (2.0 %) for pullets from week 18 to the beginning of posture, and 4.06 % of Ca when they are at 90 % of laying.

#### Specific gravity (SG)

There was a significant ( $P \leq 0.05$ ) interaction between aaP level and period (Table 6), indicating that as time goes the aaP levels produce different effects, and this affects the eggshell quality. In the periods 1-4, the SG increased as the aaP levels increased, showing inconsistencies when periods change; in period 5 there were not differences between treatments. The means comparison showed differences ( $P \leq 0.05$ ) between the aaP levels in all five periods; the best SG was observed in 0.31 and 0.36 % of aaP; while the worst result was in hens fed 0.16 % of aaP. These results can be due to the low levels of Ca in the diets (0.80 %) compared to the NRC<sup>(5)</sup> requirements. Even with the unbalanced levels between Ca:P, there was no secondary effects such as the fall of posture, legs problems or cage fatigue in hens, but there was a tendency to diminish eggshell quality. Some authors<sup>(14)</sup> indicated that 0.30 % of total P at 70 %

Figura 1. Nivel óptimo biológico de Pda (%) para peso vivo durante la etapa de crecimiento de pollas Hy-line W-36

Figure 1. Optimum biological level (OBL) of aaP (%) for body weight (BW) during growing of Leghorn Hy-line W-36<sup>®</sup> pullets



P= lineal effect of the dietary aaP level (%); P<sup>2</sup>= quadratic effect of the dietary aaP level (%); SEM= squared error of the mean; R<sup>2</sup>= coefficient of determination. The OBL is indicated by an arrow.

presenta un NOB de 0.26 % de Pda debido al efecto cuadrático de los datos; a partir de ese valor empieza a disminuir el PV (Figura 2).

## CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

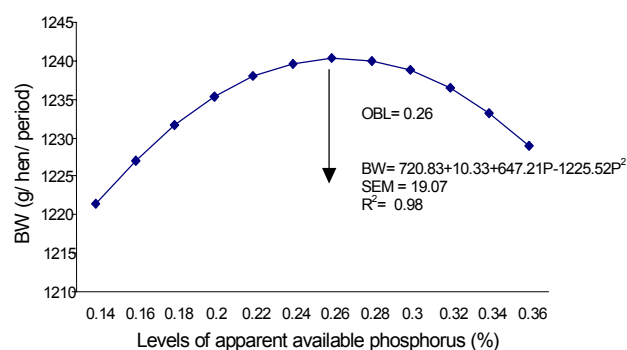
En la etapa de iniciación se puede utilizar el nivel de 0.26 % de Pda para peso vivo. El NOB de Pda en crecimiento y desarrollo para máximo peso vivo es de 0.28 % y 0.26 % respectivamente. Se pueden utilizar niveles inferiores de Pd con referencia al NRC (1994) en las diferentes etapas de pollas de reemplazo, sin afectar el consumo de alimento, fósforo en heces, tibias y resistencia a ruptura. Los niveles de Pda utilizados en la etapa de desarrollo se pueden utilizar del inicio a pico de postura sin variaciones en el consumo de alimento y masa de huevo. Para mejorar la gravedad específica se sugiere la inclusión de 0.31 % de fósforo disponible aparente.

## LITERATURA CITADA

1. McDowell LR. Minerals in animal and human nutrition. Ed. L.R. McDowell. New York Academic Press; 1992.
2. Larbier M, Leclercq B. Nutrition and feeding of poultry. Second edition. Printed by the midlands book typesetting company. Nottingham University; 1994.
3. North MO, Bell DD. Manual de producción avícola. 3ra ed. México, D.F; Manual Moderno: 1993.
4. Rebollar PG, Mateos GG. El fósforo en nutrición animal, necesidades, valoración de materias primas y mejora de la disponibilidad. Departamento de producción animal. XV curso de especialización FEDNA. Madrid. 2005.
5. N.R.C. Nutrient requirements of poultry. Ninth revised edition. Subcommittee on poultry nutrition. National Research Council. Washington, DC. USA: National Academy Press; 1994.
6. De Vargas JJr, Albino LFT, Rostagno HS, Gomes PC, Cupertino ES, Carvalho DCO, Do Nascimento AH. Níveis nutricionais de cálcio e fósforo disponível para aves de reposicao leves e semipesadas de 0 a 6 semanas de idade. *Rev Bras Zootec* 2003;32(Supl 2):1919-1926.
7. De Vargas JJr, Albino LFT, Rostagno HS, Gomes PC, Cupertino ES, Carvalho DCO, Da Silva MA, Pinto R. Níveis nutricionais de cálcio e fósforo disponível para aves de reposicao leves e semipesadas de 7 a 12 semanas de idade. *Rev Bras Zootec* 2004;33(4):936- 946.
8. De Vargas JJr, Albino LFT, Rostagno HS, Gomes PC, Carvalho DCO, Cupertino ES, Toledo RS, Pinto R. Níveis nutricionais de cálcio e fósforo disponível para aves de reposicao leves e semipesadas de 13 a 18 semanas de idade. *Rev Bras Zootec* 2004;33(5):1263-1273.

Figura 2. Nivel óptimo biológico de Pda (%) en el peso vivo durante la etapa de desarrollo de pollas Hy-line W-36

Figure 2. Optimum biological level (OBL) of aaP (%) for body weight (bw) during development stage of Leghorn Hy-line W-36® pullets



P= lineal effect of the dietary aaP level (%); P<sup>2</sup>= quadratic effect of the dietary aaP level (%); SEM= squared error of the mean; R<sup>2</sup>= coefficient of determination. The OBL is indicated by an arrow.

of laying did not affect the SG (1.091), EM and EW. The last could serve as reference to indicate that aaP levels lower than 0.35 % could be added to diets, with 0.80 % of Ca, without affecting body condition, from the beginning to the peak of laying.

### Regression analysis and optimum biological level

The Figures 1 and 2 show the equations of the regression models that best predicted the BW in the growing and development stages of growth. Starting 0.28 % of aaP, the regression curve indicates that it can begin to reduce BW in growing phase (Figure 1). The BW in development shows an OBL of 0.26 % of aaP, due to the quadratic effects; from this value the BW starts to reduce (Figure 2).

## CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS

In starter phase can be used 0.26 % of aaP to increase body weight. The OBL of aaP in growing and development for maximum body weight is 0.20 and 0.26 %, respectively. Lower levels of aaP compared to NRC requirements, can be used in

## FÓSFORO DISPONIBLE EN POLLAS LEGHORN

9. Anónimo. Hy-line W-36, Guía de manejo comercial 2003-2005. Hy-Line internacional, West Des Moines, Iowa 50265. www.hyline.com. USA. 2005.
10. Snow JL, Douglas MW, Koelkebeck KW, Batal AB, Persia ME, Biggs PE, Parsons CM. Minimum phosphorus requirement of one-cycle and two-cycle (molted) hens. *Poult Sci* 2004;83:917-924.
11. Hamilton RMG. Methods and factors that affect the measurement of egg shell quality. *Poult Sci* 1982;45:805-809.
12. SAS Institute. Statistical Analysis System. The SAS system for Windows release 8.0. USA. 1999.
13. Microsoft Excel. Microsoft Corporation, Redmond, W.A. 2000.
14. Berg RL, Bearse GE, Merrill LH. The calcium and phosphorus requirement of white leghorn pullets from 8-21 weeks. *Poult Sci* 1964; 43:885-896.
15. Smith M, Madrazo G, Martín O. Niveles de vitamina D<sub>3</sub>, calcio y fósforo disponible en dietas para aves reproductoras ligeras White Leghorn. *Rev Cub Cienc Avic* 2001;25:113-118.
16. Barkley GR, Miller HM, Forbes JM. The ability of laying hens to regulate phosphorus intake when offered two feeds containing different levels of phosphorus. *J Br Nut* 2004;92:233-240.
17. Leeson S, Summers JD. Response of Leghorn pullets to protein and energy in the diet when reared in regular or hot-cyclic environments. *Poult Sci* 1989;68:546.
18. Leeson S, Summers JD. Some nutritional implications of leg problems in poultry. *J Br Vet* 1988;144:81.
19. Alcántar VW, Cuca M, Pró A, González M, Becerril C, Tovar R. Determinación de niveles óptimos biológico y económico de fósforo en pollas Bovans de 0 a 18 semanas de edad. XIX

pullet diets without affecting feed intake, phosphorus in excreta, phosphorus in tibia, and tibia breaking strength. The levels of aaP in development phase can be used from the beginning to the peak of laying without variations in feed intake and egg mass. To improve the specific gravity, a level of 0.31 % of aaP is suggested.

*End of english version*

---

- Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. BIOTAM, Nueva serie. Edición especial 2005:11-13.
20. Boling SD, Douglas MW, Johnson ML, Wang X, Parsons CM, Koelkebeck KW, Zimmerman RA. The effects of dietary available phosphorus levels and phytase on performance of young and older laying hens. *Poult Sci* 2000;79:224-230.
  21. Sohail SS, Bryant MM, Rao SK, Roland DA. Influence of cage density and prior dietary phosphorus level on phosphorus requirement of commercial Leghorns. *Poult Sci* 2001;80:769-775.
  22. Soni-Guillermo E, Cuca-García M, Pro-Martínez A, González-Alcorta M, Becerril-Pérez C, Morales-Barrera E. Nivel óptimo biológico y económico de fósforo en gallinas Leghorn Blancas en el segundo ciclo de postura. *Agrociencia* 2004;38:593-601.

