

## Efecto del nivel dietético de fósforo en el comportamiento productivo y metabolismo mineral de gallinas ponedoras comerciales

A. Acosta, Esmeralda Lon-Wo, Mayra Cárdenas y Mabel Almeida

*Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, La Habana*  
*Correo electrónico: aacosta@ica.co.cu*

Para evaluar el metabolismo del fósforo (P) y el comportamiento productivo de gallinas ponedoras, en función del nivel dietético de fósforo disponible (Pd), se utilizaron 288 gallinas ponedoras de la raza White Leghorn L<sub>33</sub>, distribuidas según diseño completamente aleatorizado en cuatro tratamientos (0.14, 0.19, 0.25 y 0.42 % de Pd). Los más bajos niveles de Pd (0.14 y 0.19 %) influyeron negativamente en casi todos los indicadores productivos (consumo, ganancia de peso, peso vivo, intensidad de puesta, huevos/ave, peso del huevo y conversión). Sin embargo, con 0.25 % se evidenció un comportamiento productivo similar al obtenido con el máximo valor (0.42 % Pd). También, con los mayores aportes de Pd en la dieta (0.25 y 0.42 %) se redujo la fosfatasa alcalina en sangre (605 y 583 vs. 785 y 690 UI/L) y se incrementaron los porcentajes de cenizas en la tibia (51.6 y 52.1 vs. 45.1 y 47.8 %). Sin embargo, el contenido de P en hueso fue mayor, con 0.25 % de Pd (10.2 vs. 9.5; 4.0 y 3.6 mg/dL). Este resultado, aunque no del todo claro, permite sugerir la mayor retención de P óseo y la correcta homeostasis con este nivel de P. Se concluye que el comportamiento productivo y los indicadores del metabolismo mineral de la gallina ponedora se deterioran gravemente cuando se reduce el Pd. Por el contrario, la homeostasis mineral se observa con 0.25 %. Estos resultados indican que se puede disminuir el Pd recomendado para esta fase de puesta (0.40 %) hasta 0.25 %, sin que se alteren los indicadores productivos.

Palabras clave: *fósforo disponible, metabolismo mineral, comportamiento, gallinas ponedoras*

El fósforo (P) es de gran importancia para la integridad esquelética y el crecimiento, razón por la que siempre se garantiza un margen de seguridad más elevado en las raciones (Waldroup 1999). Sin embargo, al tener en cuenta que el P excretado es parte del P total ingerido, las dietas actuales de las aves deben contener una mínima cantidad de P que sustente el óptimo comportamiento productivo en reconocimiento con los aspectos ambientales. No obstante, esto no siempre se cumple. En algunos estudios se ha demostrado que las necesidades de Pd se pueden reducir (Angel *et al.* 2005, Acosta y Cárdenas 2006). Sin embargo, existen diferencias entre pollos y gallinas ponedoras, aunque con respecto a estas últimas son pocas las investigaciones. Según Liebert *et al.* (2005), los beneficios de la reducción de los niveles de Pd en las dietas de las gallinas ponedoras sigue siendo un tema en estudio, pues es probable que estas se hallen mejor dotadas que los pollos de ceba para soportar los efectos negativos de una dieta deficiente en P.

Por todo lo anterior, es necesario profundizar en el estudio del metabolismo mineral y la respuesta productiva de gallinas ponedoras con diferentes niveles de fósforo dietético, principalmente con bajos tenores.

### Materiales y Métodos

Se utilizaron 288 gallinas ponedoras White Leghorn L<sub>33</sub>, durante 20 semanas (29 a 49 semanas de edad). Se alojaron en jaulas metálicas, a razón de tres aves por batería y se sometieron a similares condiciones de manejo y alimentación, con suministro de agua a voluntad, consumo de pienso controlado (110 g ave/d) y 16 h de iluminación.

Se utilizó una dieta basal con maíz, harina de soya y fosfato dicálcico dihidratado. El alimento se ofreció en forma de harina.

Las aves se distribuyeron aleatoriamente en cuatro tratamientos, con diferentes niveles de fósforo disponible (Pd) en la dieta (0.14; 0.19; 0.25 y 0.42 %). Se utilizaron 12 repeticiones, de 6 gallinas cada una, dos de estas repeticiones (12 aves/ tratamiento) se utilizaron para los estudios fisiológicos. La tabla 1 muestra la composición en base húmeda (BH) y el aporte calculado de nutrientes de las dietas.

Los indicadores productivos controlados fueron: peso del huevo, intensidad de puesta, conversión masal, conversión alimentaria por decena de huevos, mortalidad y producción de huevos por ave alojada.

En las semanas 30, 31 y 34 se analizó la calidad externa del huevo, a partir del grosor de la cáscara (mm). Para esto se emplearon 30 huevos de cada tratamiento. Se utilizó un cutímetro de FHK, con precisión de 0.01 mm. La metodología que se utilizó fue según lo descrito por Camps (1983). Las mediciones se realizaron en tres puntos diferentes del huevo (centro y ambos polos). Para reducir la variabilidad de la medida se trabajó con la media de los tres.

A las 49 semanas de edad, ocho aves de cada tratamiento se sacrificaron por un corte en la arteria carótida y la vena yugular. Se tomaron muestras de sangre para determinar fósforo, calcio sérico y fosfatasa alcalina (FA). Las técnicas que se emplearon fueron: AOAC (2000) para el P y el Ca sérico, y un kit comercial para la FA (CENTIS DIAGNÓSTICO, código: 1001131; 2001). Estos indicadores se determinaron en un espectrofotómetro marca WPA Light Wave, modelo S2000 UV/Vis.

Para las determinaciones del contenido de cenizas, Ca y P en huesos, se extrajo la tibia izquierda a las aves,

Tabla 1. Composición y aporte de las dietas empleadas

Materia prima (%)	0.14 % Pd	0.19 % Pd	0.25% Pd	0.42% Pd
Harina de maíz	58.63	58.95	58.95	58.00
Harina de soya	29.14	28.97	29.2	29.2
Aceite de girasol	0.5	0.5	0.5	0.5
Fosfato dicálcico	0	0.42	0.51	1.47
Carbonato de calcio	9.04	8.45	8.15	8.19
Sal común	0.33	0.35	0.33	0.33
Premezcla de vitaminas <sup>(1)</sup> y minerales <sup>(2)</sup>	1.00	1.00	1.00	1.00
DL-Metionina	0.05	0.05	0.05	0.05
BHT	0.01	0.01	0.01	0.01
Zeolita (Yacimiento Tasajeras)	1	1	1	1
Cloruro de colina	0.3	0.3	0.3	0.3
<b>Análisis calculado (%)</b>				
EM, MJ/kg	11.5	11.5	11.5	1 1.5
PB	16.5	16.5	16.5	16.5
Ca	3.52	3.52	3.52	3.52
Pd	0.14	0.19	0.25	0.42
Lisina	0.96	0.95	0.96	0.96
Metionina + Cistina	0.64	0.64	0.65	0.64
Triptófano	0.23	0.23	0.23	0.23
Treonina	0.70	0.70	0.70	0.70
Na	0.15	0.15	0.15	0.15

<sup>1</sup>Suplemento vitamínico (kg de dieta): vitamina A, 12000 UI; vitamina D<sub>3</sub>, 2500 UI; vitamina E, 5 mg; vitamina K<sub>3</sub>, 4.6 mg; tiamina, 1.5 mg; riboflavina, 5 mg; piridoxina, 4 mg; vitamina B<sub>12</sub>, 12.4 µg; ácido nicotínico, 20 mg; pantotenato de Ca, 10 mg; ácido fólico, 0.500 mg; biotina, 200 mg

<sup>2</sup>Suplemento mineral (kg de dieta): manganeso, 100 mg; hierro, 100 mg; cobre, 20 mg; zinc, 100 mg; iodo, 2.5 mg; selenio, 0.12 mg

según el procedimiento descrito por Woyengo *et al.* (2008). La grasa adherida a la tibia se eliminó al sumergirla durante 8 h en éter de petróleo. El hueso seco y libre de grasa se incineró en una mufla a 550° C durante 24 h. Posteriormente, se pesaron y molieron para la determinación de las cenizas. Para el Ca y el P se tomó 1 g de la muestra seca e incinerada. Estos minerales se extrajeron con una solución de HCl 1.8 N y HNO<sub>3</sub> 0.3 N y se digirieron a temperatura de 100 a 120 °C. La disolución se filtró a través de papel Whatman 4 en un matraz volumétrico, usando una solución de HNO<sub>3</sub> 1.5 N y HCl 0.5 N.

Para procesar los datos se realizó análisis de varianza. En los casos necesarios, se determinaron las diferencias entre medias según Duncan (1955). Se aplicaron transformaciones a las variables intensidad de puesta, mortalidad (arcoseno  $\sqrt{\%}$ ) y número de huevos por ave ( $\sqrt{\chi}$ ) por no seguir una distribución normal, después de analizados lo supuestos teóricos de ANOVA. En todos los casos se empleó el software estadístico INFOSTAT (2001).

### Resultados y Discusión

En la tabla 2 se muestra el efecto del fósforo disponible en el comportamiento productivo de la gallina ponedora. Los niveles bajos de Pd (0.14 y 0.19 %) influyeron negativamente en casi todos los indicadores productivos (consumo, ganancia, peso vivo,

intensidad de puesta, huevos/ave, peso del huevo y conversión). Esto indica que es necesario incluir más fósforo inorgánico para mejorar el consumo de alimento y, consecuentemente, la ganancia de peso. Por el contrario, con los restantes niveles de fósforo disponible, las gallinas ponedoras ganaron peso. Esto es muy favorable, pues aunque la ganancia de peso es un indicador secundario en gallinas ponedoras, y que no posee tanta significación como la intensidad de puesta, expresa cómo la gallina ponedora puede soportar altas o adecuadas intensidades de puesta y además, ganar peso.

Cuando el Pd se redujo a 0.14 %, la mortalidad se incrementó en 17 %. Es probable que esto se relacione con el raquitismo e hipoxia, lo que afecta el proceso normal de intercambio de gases por la debilidad y deformación de las costillas (Julian *et al.* 1985). Sin embargo, en este estudio no se realizaron necropsias para corroborar este supuesto, aunque la inspección postmortem hizo suponer la deficiencia del mineral, principalmente en los grupos con bajos valores de Pd (0.14 y 0.19 %)

Con 0.25 % de Pd se evidenció un comportamiento productivo similar al obtenido con el máximo valor (0.42 % Pd). Esto sugiere que el actual nivel de fósforo aprovechable (0.40 %), recomendado por el Instituto de Investigaciones Avícolas (IIA) para gallinas ponedoras L<sub>33</sub> fase I (UECAN 2008), pudiera reducirse a valores

Tabla 2. Efecto del fósforo disponible en el comportamiento productivo de la gallina ponedora de 29 a 49 semanas de edad

Medidas	Fósforo disponible (%)				EE ±
	0.14	0.19	0.25	0.42	
Peso inicial, g	1488.0	1473.0	1470.0	1495.0	8.0
Peso final, g	1653.0 <sup>a</sup>	1718.0 <sup>b</sup>	1771.0 <sup>c</sup>	1736.0 <sup>c</sup>	20.0***
Ganancia peso, g/ave	165.0 <sup>a</sup>	241.0 <sup>b</sup>	301.0 <sup>c</sup>	245.0 <sup>bc</sup>	22.0***
Consumo de alimento/ huevo, g	143.0 <sup>a</sup>	145.0 <sup>a</sup>	162.0 <sup>b</sup>	159.0 <sup>b</sup>	4.0***
Intensidad de puesta, %	0.89 <sup>a</sup> (66.97)	0.94 <sup>b</sup> (71.68)	1.13 <sup>c</sup> (84.71)	1.12 <sup>c</sup> (84.00)	0.01***
Huevos/ave alojada, u <sup>2</sup>	6.21 <sup>a</sup> (93.8)	6.64 <sup>b</sup> (100.3)	7.79 <sup>c</sup> (117.6)	7.85 <sup>c</sup> (118.5)	0.21***
Peso huevo, g	56.27 <sup>a</sup>	60.5 <sup>ab</sup>	60.33 <sup>b</sup>	61.32 <sup>b</sup>	0.42***
Conversión alimentaria	1.52 <sup>b</sup>	1.44 <sup>b</sup>	1.37 <sup>a</sup>	1.34 <sup>a</sup>	0.03***
Conversión masal	2.93 <sup>c</sup>	2.56 <sup>b</sup>	2.16 <sup>a</sup>	2.14 <sup>a</sup>	0.05***
Masa huevo, g/ave/d	37.65 <sup>a</sup>	43.4 <sup>b</sup>	51.08 <sup>c</sup>	51.50 <sup>c</sup>	6.94***
Viabilidad, % <sup>1</sup>	65.0 <sup>a</sup> (78)	75.0 <sup>b</sup> (89)	80.0 <sup>c</sup> (96)	80.0 <sup>c</sup> (95)	2.4**

<sup>0</sup> Datos entre paréntesis corresponden a medias originales

<sup>1</sup> Medias transformadas por arco seno  $\sqrt{\%}$

<sup>2</sup> Medias transformadas según  $\sqrt{\chi}$

<sup>abc</sup> Medias en una misma fila con letras no comunes difieren a P < 0.05 (Duncan 1955)

\*\* P < 0.01 \*\*\* P < 0.001

cercanos a 0.25 %, sin que se alteren los indicadores productivos. Esto puede atribuirse a la mayor capacidad de las gallinas ponedoras para utilizar el fósforo fítico, lo que difiere de los resultados obtenidos en experimentos con pollos de engorde, en los que no se pudo reducir el nivel de Pd por debajo de 0.42 %, debido a alteraciones en el comportamiento productivo y en el metabolismo mineral (Acosta 2009, datos no publicados). Maenz y Classen (1998) y Marounek *et al.* (2008) demostraron que las aves de mayor edad hidrolizan el fitato más eficientemente que las aves jóvenes, debido a la presencia y mayor concentración de enzimas fitasas intestinales endógenas.

Según Ankra-Badu *et al.* (2004), las aves pesadas aprovechan con menor eficiencia el fósforo de los vegetales que las ligeras. Estos autores atribuyeron estos resultados a que las aves pesadas realizan mayor consumo de alimento, lo que reduce el tiempo de retención de la digesta y por consiguiente, el tiempo de actividad de las fitasas intestinales.

El grosor de la cáscara del huevo en diferentes semanas de puesta (tabla 3) no mostró diferencias en la

semana 30 de edad. Sin embargo, a partir de la semana 31 sí hubo diferencias. Los peores resultados fueron con 0.14 % y los intermedios, con 0.19 %. No difirieron entre sí cuando se empleó 0.25 y 0.42 % de Pd.

Los indicadores del metabolismo mineral utilizados (tabla 4) mejoraron al incrementar el Pd. Los mayores aportes de Pd en la dieta (0.25 y 0.42 %) redujeron la FA en sangre e incrementaron el porcentaje de cenizas en las tibias. Esto sugiere mayor mineralización y mejor utilización del fósforo, debido a la mayor disponibilidad del Ca o P (Perney *et al.* 1993). Al contrario, con los bajos valores de P se produjo movilización de las reservas óseas para compensar la carencia y mantener el equilibrio mineral.

El contenido de P en huesos fue mayor, con 0.25 % de Pd. Este resultado, aunque no está del todo claro, permite sugerir la mayor retención de P óseo y la correcta homeostasis. Según Carlos y Edwards (1998), estos resultados se pueden atribuir a que los requerimientos para la mineralización de los huesos en los pollos de ceba son mayores que en las aves de más edad. Además, las gallinas tienen la capacidad de movilizar las reservas de minerales del hueso medular para garantizar la integridad de la cáscara del huevo y compensar la carencia de la dieta, pues en el momento de máxima demanda (momento en que el huevo se encuentra en la glándula cascarógena) el consumo de estos minerales no cubre las necesidades.

Con los niveles más bajos de Pd (0.14 y 0.19 %), los valores de P en los huesos difirieron de los rangos fisiológicos informados como normales. Esto es lógico, si se tiene en cuenta el aporte dietético deficiente, y sugiere que el ave movilizó sus reservas para satisfacer

Tabla 3. Efecto del fósforo disponible en el grosor de la cáscara del huevo (mm) de gallinas ponedoras a diferentes semanas de edad

Semanas	Fósforo disponible (%)				EE ±
	0.14	0.19	0.25	0.42	
30	0.40	0.41	0.41	0.40	0.005
31	0.37 <sup>a</sup>	0.39 <sup>ab</sup>	0.40 <sup>b</sup>	0.40 <sup>b</sup>	0.006*
34	0.37 <sup>a</sup>	0.38 <sup>ab</sup>	0.39 <sup>b</sup>	0.39 <sup>b</sup>	0.004***

<sup>ab</sup> Medias con letras no comunes en una misma fila difieren a P < 0.005 (Duncan 1955)

\* P < 0.05 \*\*\* P < 0.001

Tabla 4. Indicadores seleccionados del metabolismo mineral de gallinas ponedoras (29-49 semanas) en respuesta al fósforo disponible en la dieta

Indicadores	Fósforo disponible (%)				EE ±	Valores normales <sup>1, 2, 3</sup>	
	0.14	0.19	0.25	0.42		Min	Max
	FA, UI/L	785.0 <sup>c</sup>	690.0 <sup>b</sup>	605.0 <sup>a</sup>		583.0 <sup>a</sup>	18.0 <sup>***</sup>
Cenizas tibia, %	45.10 <sup>a</sup>	47.83 <sup>b</sup>	51.61 <sup>c</sup>	52.15 <sup>c</sup>	1.69 <sup>***</sup>	35.0	55.0
Ca hueso, mg/dL	15.92 <sup>a</sup>	17.12 <sup>b</sup>	18.72 <sup>c</sup>	18.48 <sup>c</sup>	0.86 <sup>***</sup>	18.0	23.0
P hueso, mg/dL	3.63 <sup>a</sup>	4.00 <sup>b</sup>	10.18 <sup>d</sup>	9.5 <sup>c</sup>	0.41 <sup>***</sup>	8.0	18.5

<sup>abcd</sup>Medias con letras no comunes en una misma fila difieren a  $P < 0.05$  (Duncan 1955)

<sup>1,2,3</sup>Rangos fisiológicos reportados por Kolb (1974), Sturkie (1976) y Kempson *et al.* (1979) \*\*\*  $P < 0.001$

sus demandas metabólicas y garantizar, hasta cierto punto, la integridad de la cáscara del huevo.

Autores como Nelson *et al.* (1990), Denbow *et al.* (1995) y Qian *et al.* (1996) informan que existe gran relación entre las cenizas de la tibia y la retención de fósforo. De ahí que, con los valores más bajos de Pd (0.14 y 0.19 %) se observara la movilización del Ca y el fósforo de los huesos para compensar la carencia. Este resultado indica que con esos valores de Pd no se garantiza la disponibilidad de P necesaria para sustentar la adecuada homeostasis mineral (Sahin *et al.* 2006).

Se concluye que el comportamiento productivo, la calidad de la cáscara del huevo y los indicadores del metabolismo mineral de la gallina ponedora se deterioran cuando se reduce el Pd entre 0.14 y 0.19%. Por el contrario, la homeostasis mineral ya se observa con 0.25 %, con mayor retención de P en huesos. Estos resultados indican que se puede disminuir el fósforo disponible hasta 0.25 % para esta fase de la puesta en gallinas ponedoras, y que estas aves se encuentran mejor equipadas que los pollos de ceba para tolerar bajos niveles de fósforo dietético.

### Referencias

- Acosta, A. & Cárdenas, M. 2006. Enzimas en la alimentación de las aves. *Fitasas. Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 40: 377
- Angel, R., Saylor, W.W., Dhandu, A.S., Powers, W. & Applegate, T.J. 2005. Effects of dietary phosphorus, phytase and 25-hydroxycholecalciferol on performance on broiler chickens grown in floor pens. *Poult. Sci.* 84: 1031
- Ankra-Badu, G.A., Aggrey, S.E., Pesti, G.M., Bakalli, R.I & Edwards Jr. H.M. 2004. Modeling of parameters affecting phytate phosphorus bioavailability in growing birds. *Poult. Sci.* 83: 1083
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. 17<sup>th</sup> Ed. Assoc. Off. Anal. Chem. Arlington, Virginia. p. 18-15
- Carlos, A.B. & Edwards, H.M. 1998. The effects of 1,25-dihydroxycholecalciferol and phytase on the natural phytate phosphorus utilization by laying hens. *Poult. Sci.* 77: 850
- Camps, D. 1983. La roca fosfórica como fuente de fósforo para la alimentación de las aves I. Niveles de uso en gallinas ponedoras. *Rev. Cubana Cienc. Avíc* 27: 132
- Denbow, D.M., Ravindran, V., Kornegay, E.T., Yi, Z. & Hulet, R.M. 1995. Improving phosphorus availability in soybean meal for broilers by supplemental phytase. *Poult. Sci.* 74: 1831
- Duncan, D.B. 1955. Multiple ranges and multiple F test. *Biometrics* 11:1
- INFOSTAT. 2001. Balzarini, G.M., Casanoves, F., Di Rienzo, I.A., González, L.A & Robledo, C.W. Software Estadístico. Manual de usuario. Versión 1. Córdoba, Argentina.
- Julian, R.J., Summers, J. & Wilson, J.B. 1985. Right ventricular failure and ascites in broiler chickens caused by phosphorus-deficient diets. *Avian Dis.* 30:453
- Kempson, S., Kim, J., Northrup, T., Know, F. & Dousa, T. 1979. Alkaline phosphatase in adaptation to low dietary phosphate intake. *American J. Physiol.* 231
- Kolb, E. 1974. Fisiología veterinaria. Fisiología de los líquidos corporales. Tomo II. Ed. Acirbia. p. 448
- Liebert, F., Htoo, J.K. & Sunder, A. 2005. Performance and nutrient utilization of laying hens fed low-phosphorus corn-soybean and wheat-soybean diets supplemented with microbial phytase. *Poult. Sci.* 84: 1576
- Maenz, D.D. & Classen, H.L. 1998. Phytase activity in the small intestinal brush border membrane of the chicken. *Poult. Sci.* 77: 557
- Marounek, M., Skrivan, M., Dlouhá, G. & Brenová, N. 2008. Availability of phytate phosphorus and endogenous phytase activity in the digestive tract of laying hens 20 and 47 weeks old. *Anim. Feed Sci. Tech.* 10:1016
- Nelson, T.S., Kirby, L.K. & Johnson, Y.B. 1990. The relative biological value of feed phosphates for chick. *Poult. Sci.* 69: 113
- Perney, H.M., Cantor, A.H., Straw, M.L. & Herkelman, K.L. 1993. The effect of dietary phytase on growth performance and phosphorus utilization of broiler chicks. *Poult. Sci.* 72:106
- Qian, H.; Veit, H.P.; Kornegay, E.T.; Ravindran, V. & Denbow, D.M. 1996. Effects of supplemental phytase and phosphorus on histological and other tibial bone characteristics and performances of broilers fed semi-purified diets. *Poult. Sci.* 75: 618
- Sahin, K., Onderci, M., Sahin, N., Balci, T., Gursu, A., Juturu, M. & Kucuk, O. 2006. Dietary Arginine Silicate Inositol Complex Improves Bone Mineralization in Quail. *Poult. Sci.* 85:486
- Sturkie, P. D. 1976. *Avian Physiology.* Springer-Verlag. New York, U.S.A. p. 323
- UECAN 2008. Unión de Empresas Combinado Avícola Nacional. Informe de Datos Técnicos de Producción. Cuba. 30 pp

Waldroup, P.W. 1999. Nutritional approaches to reducing phosphorus excretion in poultry. *Poult. Sci.* 78: 683  
Woyengo, T.A., Guenter, W., Sands, J.S., Nyachoti, C.M. & Mirza, M.A. 2008. Nutrient utilisation and performance

responses of broilers fed a wheat-based diet supplemented with phytase and xylanase alone or in combination. *Anim. Feed Sci. Tech.* 10:1016

**Recibido: 2 de abril de 2009**