

Estimación del nivel de fósforo con y sin adición de fitasa en pollos de engorda en iniciación

J. Beltrán-López, M. Cuca-García*, M. J. González-Alcorta y A. Pró-Martínez

Universidad Autónoma Chapingo y Colegio de Postgraduados, Especialidad de Postrado en Ganadería, IREGEP.
Colegio de Posgraduados Montecillo, Estado de México CP 56230 México.

Estimated phosphorous requirement with and without added phytase of starting broiler chicks

ABSTRACT: For poultry the availability of phosphorus from ingredients of plant origin is limited, because this element is bound to phytates, and birds do not produce the enzyme phytase. Thus, it is necessary to complement their diets with inorganic P. Recently, microbial phytase has been utilized to improve the availability of P from phytates. Two experiments were conducted to calculate the optimal biological level of available P (Pa) with and without phytase, and to evaluate the effect of phytase on body weight gain (WG) and ash content of the tibia (% ASH) of broilers from 1-21 days of age. In Expt. 1 seven levels of Pa were evaluate: 0.30, 0.35, 0.40, 0.45, 0.50, 0.55, and 0.60%; in Expt. 2, four levels of Pa 0.15, 0.27, 0.39, and 0.51%, and four levels of phytase 0, 200, 400, and 600 FTU (units of phytase/kg of diet) were evaluated in a factorial arrangement. In Expt. 1 there were differences ($P < 0.05$) in WG and % ASH with the levels of 0.45 and 0.50% Pa being the best. The optimal biological level was 0.46% for WG, similar to the 0.45% proposed by NRC (1994); and 0.49% for % ASH. In Exp. 2 the effect of phytase level on WG and % ASH, followed a linear tendency, the 600 FTU level surpassing the 0 FTU level by 13.5% for WG and 8.5 for % ASH ($P < 0.05$). The optimal biological level ($P < 0.05$) of Pa for WG was estimated as 0.47 with 0 FTU and 0.394% with 600 FTU, and for % ASH as 0.47% with 0 FTU and 0.43% with 600 FTU. For maximum WG it is possible to reduce the inorganic P level by 0.75 g/kg diet (0.075%) when supplementing with 600 FTU).

Key words: Available phosphorus, biological optimal level, broilers, phytase

©2000 ALPA. Todos los derechos reservados

Arch. Latinoam. Prod. Anim. 2000. 8(1): 1-7

RESUMEN: En las aves, la disponibilidad del fósforo de ingredientes de origen vegetal es limitada, debido a que este elemento está unido a fitatos, y las aves no producen la enzima fitasa, por lo que es necesario complementar con P inorgánico sus dietas. Recientemente se ha utilizado la fitasa microbiana para mejorar la disponibilidad del P fítico. En dos experimentos se calculó el nivel óptimo biológico de P disponible (Pd) con y sin fitasa, y se evaluó el efecto de la fitasa en la ganancia de peso (GP) y contenido de cenizas en tibia (% CEN) en pollos de engorda de 1-21 días. En el experimento 1 se evaluaron siete niveles de Pd: 0.30, 0.35, 0.40, 0.45, 0.50, 0.55 y 0.60%; en el experimento 2 cuatro niveles de Pd: 0.15, 0.27, 0.39 y 0.51% y cuatro de fitasa: 0, 200, 400 y 600 FTU (unidades de fitasa/kg de dieta), en un arreglo factorial. En el experimento 1 se encontraron diferencias ($P < 0.05$) en GP y % CEN, siendo los niveles de 0.45 y 0.50% Pd los mejores. El nivel óptimo biológico fue de 0.46% para GP, muy similar al 0.45% propuesto por NRC (1994); y 0.49% para % CEN. En el experimento 2, el efecto de la fitasa en la GP y % CEN, siguió una tendencia lineal, superando el nivel 600 al 0 FTU en un 13.5% para GP y 8.5% para % CEN ($P < 0.05$). Se calcularon los niveles óptimos biológicos ($P < 0.05$) de Pd para GP en 0.47% con 0 FTU y 0.396% con 600 FTU, y para % CEN en 0.476% con 0 FTU y 0.43% con 600 FTU. Para obtener la máxima GP es posible reducir en 0.75 g/kg dieta (0.075%) el P inorgánico al adicionar 600 FTU.

Palabras clave: Fósforo disponible, fitasa, nivel óptimo biológico, pollos de engorda

*E-mail: jmcuca@colpos.colpos.mx

Recibido Marzo 28, 1999.

Aceptado Agosto 18, 1999

Introducción

El NRC (1994) sugiere que la dieta para pollos de engorda en la etapa de iniciación (0-3 semanas) tenga 0.45% de fósforo disponible (Pd); sin embargo, Sainsbury (1992) indica que el nivel requerido de Pd es superior. Una investigación en el Valle de México (Ardon y Barillas, 1995) también señala niveles superiores (0.5%). En México las dietas para pollos de engorda se elaboran principalmente a base de sorgo y pasta de soya, ingredientes que no cubren las necesidades de Pd. Una causa de ello es que el P en las plantas está unido a fitatos y no es totalmente disponible para las aves, las cuales no producen la enzima fitasa para liberar el P unido a fitatos. Sólo entre el 30 y 40% del P total que consumen las aves a través de ingredientes de origen vegetal es Pd y el resto no se aprovecha. La resultante excreción de P origina problemas de contaminación (Eeckhout y DePaepe, 1994; Ravindran *et al.*, 1994). Además, surge la necesidad de complementar las dietas con ingredientes de origen inorgánico (Broz *et al.*, 1994; Cuca *et al.*, 1996).

Para incrementar la disponibilidad del P de los ingredientes de origen vegetal, se puede adicionar a la dieta la enzima fitasa. Así, al tener más Pd se reduce la cantidad de P inorgánico necesario para alcanzar el nivel óptimo biológico (Broz *et al.*, 1994; Denbow *et al.*, 1995; Quian *et al.*, 1996).

Los objetivos del presente estudio fueron evaluar los efectos de diferentes niveles dietéticos de Pd y de la enzima fitasa en la ganancia de peso (GP), consumo de alimento, eficiencia alimenticia y contenido de cenizas en tibia (% CEN), y calcular el nivel óptimo biológico de Pd con y sin adición de fitasa.

Materiales y Métodos

Los experimentos se realizaron en la granja experimental del Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicada a una altura de 2 250 msnm. Se utilizaron pollos Arbor Acres de un día de edad sin sexar, los que se alojaron en criadoras eléctricas de batería. Los pollos se pesaron al inicio del experimento y posteriormente cada semana hasta el día 21 de edad. El consumo de alimento se midió semanalmente, la eficiencia alimenticia se calculó cada semana y al final del experimento. El agua y alimento se ofrecieron *ad libitum*. Los pollos se vacunaron contra Gumboro en el agua de bebida a los 7 días y contra Newcastle ocular y subcutánea a los 7 y 21 días, respectivamente.

En el primer experimento se evaluaron niveles crecientes de Pd desde 0.30 (0.10% proveniente del sorgo y pasta de soya y se varió la inclusión de ortofosfato de calcio para obtener el nivel deseado), hasta 0.60% con intervalos de 0.05% los que hicieron siete tratamientos, cada uno con cuatro repeticiones de 10 pollos cada una. En total se utilizaron 280 pollos. La dieta basal se presenta en el Cuadro 1. Las variables evaluadas fueron ganancia de peso, consumo

de alimento, eficiencia alimenticia y contenido de cenizas en tibia (%). Se realizó un análisis de varianza con un diseño estadístico completamente al azar, y una comparación de medias mediante la prueba de Tukey, empleando el paquete estadístico SAS (1988). Para calcular el nivel óptimo biológico de Pd para máxima ganancia de peso y máximo porcentaje de cenizas, se realizó un análisis de regresión con el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = o + {}_1x_i + {}_2x_i^2 + E_{ij} \quad [1]$$

donde:

Y = Ganancia de peso o contenido de cenizas en tibia.

o = Intercepto.

${}_1$ = Parámetro de regresión para X_i .

${}_2$ = Parámetro de regresión para X_i^2 .

X_i = Nivel del nutrimento (Pd).

E_{ij} = Error experimental.

El nivel óptimo biológico se calculó por el método de la derivada.

En el segundo experimento se evaluaron cuatro niveles dietéticos de Pd: 0.15, 0.27, 0.39 y 0.51% con cuatro niveles de fitasa (Natuphos[®] de BASF) cada uno: 0, 200, 400 y 600 FTU (unidades de fitasa/kg). Cada tratamiento constó de tres repeticiones y cada repetición de 10 pollos. Se formuló una dieta a base de sorgo-pasta de soya, y de acuerdo a los tratamientos, se varió la inclusión de carbonato de calcio, ortofosfato de calcio, fitasa y arena, para obtener el nivel deseado de Pd y fitasa (Cuadro 1).

Las variables de respuesta evaluadas fueron la ganancia de peso, consumo de alimento, eficiencia alimenticia y el contenido de cenizas en tibia (%) a los 21 días de edad. El porcentaje de cenizas se obtuvo según la técnica de la AOAC (1980), mediante la relación peso de las cenizas entre el peso del hueso libre de grasa.

Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza de acuerdo con un arreglo factorial de los tratamientos en un diseño completamente al azar, según los mismos procedimientos como en el experimento 1.

El modelo estadístico empleado fue:

$$Y_{ijk} = \mu + Pd_i + FTU_j + Pd_i * FTU_j + E_{ijk}$$

donde:

Y_{ijk} = Peso vivo o contenido de cenizas.

μ = Media general (Efecto promedio).

Pd_i = Nivel i-ésimo de Pd.

FTU_j = Nivel j-ésimo de FTU.

$Pd_i * FTU_j$ = Interacción Pd_i y FTU_j .

E_{ijk} = Error experimental del nivel i-ésimo de Pd, nivel j-ésimo de FTU corresponde a la repetición k-ésima.

Para calcular el nivel óptimo biológico de Pd para máxima ganancia y para máximo contenido de cenizas a los 21 días de edad, se construyeron modelos de regresión con el procedimiento GLM de SAS (1988). Los modelos utilizados fueron:

$$GP = o + {}_1Pd_i + {}_2Pd_i^2 + {}_3FTU_j + {}_4Pd_i*FTU_j + E_{ijk} \quad [2]$$

Cuadro 1. Dietas basales para pollos de engorda de 1 a 21 días de edad, utilizadas en los experimentos 1 y 2.

Concepto	Experimento 1	Experimento 2
Ingrediente		
Sorgo	51.53	55.36
Pasta de soya	37.65	35.79
Aceite vegetal	4.98	3.97
DL-Metionina	0.24	0.24
L-lisina HCl	0.00	0.16
Sal común	0.35	0.35
Premezcla vitamínica*	0.25	0.25
Premezcla mineral**	0.10	0.10
Carbonato de calcio	0.90	2.49
Ortofosfato de calcio	1.16	0.06
Fitasa***	0.00	0.00
Arena	2.84	1.23
Análisis calculado		
EM (Kcal kg ⁻¹)	3050	3000
PC (%)	21.5	21.5
P disponible (%)	0.30	0.15
Ca (%)	0.66	1.00
Lisina (%)	1.12	1.19
Metionina (%)	0.56	0.55
Metionina+cistina (%)	0.90	0.89
Treonina (%)	0.83	0.80

*Aporte por kg de premezcla: vit A, 4 800 MUI (Miles de unidades internacionales); vit. D₃, 1 000 MUI; vit. E, 12 000 UI; vit. K, 0.8 g; tiamina, 0.9 g; ácido fólico, 0.6 g; riboflavina, 3 g; piridoxina, 1.4 g; vit. B₁₂, 8 mg; niacina, 18 g; ácido pantoténico, 5 g; biotina, 50 mg; Antioxidante, 10 g.

**Aporte por kg de premezcla : hierro, 110 g; zinc, 50 g; manganeso, 110 g; cobre, 2 g; yodo, 0.3 g; selenio, 0.1 g; cobalto, 0.2 g.

*** 600 FTU/kg corresponden a 0.1 % de la dieta.

$$\% \text{ CEN} = o + {}_1\text{Pd}_i + {}_2\text{Pd}_j^2 + {}_3\text{FTU}_j + \text{E}_4\text{Pd}_i*\text{FTU}_j + \text{E}_{ijk} \quad [3]$$

donde:

= Intercepto (respuesta con el nivel más bajo de nutri-mento posible).

₁ = Pendiente (incremento marginal en las respuestas, por cada unidad de incremento en el nivel de Pd en la dieta).

₂ = Parámetro de regresión cuadrática para el nivel de Pd.

₃ = Pendiente (incremento marginal en las respuestas, por cada unidad de incremento en el nivel de FTU en la dieta).

₄ = Interacción para el nivel de los nutrientes Pd* FTU.

Pd = Nivel i-ésimo de Pd.

FTU_j = Nivel j-ésimo de FTU.

E_{ijk} = Error de estimación de la repetición k.

Con los parámetros obtenidos de las regresiones, se calculó por medio de la derivada el nivel óptimo biológico para máxima ganancia de peso y máximo contenido de cenizas.

Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos en el primer experimento para ganancia de peso, consumo de alimento, eficiencia alimenticia y contenido de cenizas en tibia se muestran en el Cuadro 2.

Por lo que respecta a GP, con 0.45% y 0.50% de Pd se obtuvieron ganancias iguales (P > 0.05), pero diferentes (P < 0.05) a los niveles de 0.30 y 0.60% y similares al resto. Jensen y Edwards (1980) encuentran que con un nivel de fosfato tricálcico de 0.516% se obtiene la máxima ganancia, similar a los resultados aquí informados con 0.50%, pero no con 0.45% de Pd.

Por su parte Damron y Flunker (1988) encuentran los mejores resultados con el nivel de Pd más alto que ofrecieron (0.42%), ya sea con fosfato dicálcico o hueso precipita-

Cuadro 2. Ganancia de peso (GP), consumo de alimento (CA), eficiencia alimenticia (EA) y contenido de cenizas en tibia (% CEN) de pollos alimentados con diferentes niveles de fósforo disponible (Pd) de 1 a 21 días de edad.

Pd (%)	GP(g) ± EE	CA (g) ± EE	EA ± EE	% CEN ± EE
0.30	551 ± 12 ^b	835 ± 13 ^a	0.66 ± 0.06 ^{ab}	49.72 ± 0.98 ^c
0.35	582 ± 9 ^{ab}	854 ± 9 ^a	0.68 ± 0.05 ^{ab}	51.66 ± 0.90 ^{bc}
0.40	606 ± 8 ^{ab}	868 ± 12 ^a	0.70 ± 0.04 ^a	53.17 ± 1.01 ^{ab}
0.45	631 ± 8 ^a	920 ± 14 ^a	0.69 ± 0.04 ^{ab}	55.91 ± 0.99 ^a
0.50	631 ± 12 ^a	901 ± 9 ^a	0.70 ± 0.03 ^a	54.37 ± 0.95 ^{ab}
0.55	589 ± 11 ^{ab}	867 ± 10 ^a	0.68 ± 0.04 ^{ab}	53.55 ± 0.80 ^{ab}
0.60	559 ± 6 ^b	867 ± 9 ^a	0.64 ± 0.03 ^b	53.73 ± 1.00 ^{ab}

Medias con letra distinta dentro de la misma columna son diferentes (P < 0.05).

EE = error estándar.

Cuadro 3. Análisis de regresión para ganancia de peso (GP) y porcentaje de cenizas en tibia (% Cenizas) de pollos alimentados con diferentes niveles de fósforo disponible de 1 a 21 días de edad.

Parámetro	GP	% CEN
	Estimador ± EE	Estimador ± EE
Intercepto	-50.180238 ± 111.332875	21.152008** ± 5.733621
Fósforo	2 955.448214** ± 512.026637	136.238809** ± 26.369270
Fósforo ²	-3 233.583333** ± 566.302775	-137.884127** ± 29.164479
R ²	0.572	0.538

**Significante a $P < 0.01$.

EE = error estándar.

do. Lo mismo indican Perney *et al.* (1993), con un nivel de 0.44% Pd. Yi *et al.* (1996) señalan los mejores resultados alrededor de 0.45% de fósforo no fítico y al aumentar el nivel por arriba de 0.50% disminuye la GP, lo que se puede deber, como lo menciona Guyton (1986), a que el exceso de P en la dieta puede reducir la absorción de Ca por la formación de fosfatos de calcio insolubles en el tracto digestivo.

Con los datos experimentales obtenidos se estimaron los parámetros de la regresión [1] en donde se muestra que existe una respuesta cuadrática ($P < 0.01$) en GP y porcentaje de CEN a los niveles dietéticos de Pd (Cuadro 3). El nivel óptimo biológico de Pd en la dieta para máxima GP en el período de 1 a 21 días de edad fue de 0.46%. Este resultado es similar al 0.45% sugerido por el NRC (1994), pero diferente a otros autores como Sainsbury (1992) y Ardón y Barillas (1995) quienes encuentran 0.5%, como el óptimo. Hay que tener presente que esta discrepancia se puede deber a que los últimos autores usaron roca fosfórica que quizá tuvo una menor disponibilidad de P. Esto confirma que es necesario analizar aquellos factores que intervienen cuando se obtienen diferencias en los resultados y que quizás se deban, como lo mencionan Sauver y Pérez (1985), a las diferentes condiciones en que se llevan a cabo los experimentos, al tipo de pollos y a las fuentes de P utilizadas.

Para consumo de alimento (CA) no se encontraron diferencias al aumentar el nivel de Pd en la dieta. También Damron y Flunker (1988) no observaron diferencia en CA entre los niveles 0.29 y 0.42 de Pd. Por el contrario, Perney *et al.*, (1993) mencionan diferencias en CA ($P < 0.05$) al aumentar el nivel de Pd de 0.32 a 0.38 y 0.44% en la dieta.

Para eficiencia alimenticia (EA) no se encontraron diferencias al aumentar el nivel de Pd en la dieta sino hasta llegar al nivel de 0.60% el cual fue diferente ($P < 0.05$) a los niveles 0.40 y 0.50% de Pd, aunque estos últimos, fueron iguales al resto de los tratamientos. También Yi *et al.* (1996) no observaron diferencias en EA con los niveles 0.36, 0.45 y 0.54% de Pd. En cambio, Jensen y Edwards (1980) encontraron que la eficiencia se mejora cada vez que se incrementa el nivel de P en la dieta.

El % CEN es una variable confiable para determinar las necesidades de P en pollos de engorda, ya que se puede te-

ner una buena GP y CA sin tener un buen desarrollo del hueso (Mitchel y Edwards, 1996). Esta variable se afectó ($P < 0.05$) al aumentar el nivel de Pd en la dieta hasta 0.40%. Con el nivel de 0.45% de Pd, el % CEN difiere ($P < 0.05$) de los niveles 0.30 y 0.35%, pero no del resto de los tratamientos. De modo similar Damron y Flunker (1988), obtienen diferencias ($P < 0.01$) con los diferentes niveles de P proveniente de fosfato dicálcico y Perney *et al.* (1993), informaron el mayor % CEN en los pollos que consumieron 0.44% de P. Por su parte Jensen y Edwards (1980) y Edwards (1993) no encuentran diferencias en el % CEN al aumentar el nivel de Pd en la dieta de 0.516 a 0.616% y de 0.39 a 0.49%, respectivamente.

El nivel óptimo biológico de Pd obtenido para máximo porcentaje de CEN fue 0.49%, a diferencia del nivel óptimo biológico para máxima GP de 0.46% (Cuadro 3). Esto concuerda con lo planteado por Mitchel y Edwards (1996), de que las necesidades para un máximo porcentaje de CEN son mayores que para una máxima GP, CA y EA. De igual manera Sauveur y Pérez (1985) señalan que la máxima GP de un pollo se obtiene con un aporte de Pd inferior al necesario para obtener una mineralización del hueso satisfactoria.

No se observaron síntomas de deficiencia de P en los pollos alimentados con los niveles bajos, debido a que el menor nivel utilizado en este experimento (0.30%) fue adecuado para evitar una deficiencia severa de P como lo muestran otros experimentos donde se utilizaron niveles dietéticos menores a 0.30% de Pd (Edwards, 1993; Ardón y Barillas, 1995; Mitchel y Edwards, 1996). Si bien, Antillón (1988) menciona que a fines de la tercera semana obtuvo una mortalidad de 53% con un nivel de 0.34% de P, no indica si se trata de P disponible o total.

Los resultados del segundo experimento se muestran en los Cuadros 4 al 7. Se puede observar en el Cuadro 4 que la máxima GP se obtuvo con 0.39% de Pd, pero no hubo diferencia con el nivel 0.51%. Para el nivel de fitasa la máxima GP se obtuvo con 600 FTU ($P < 0.05$). No hubo diferencias entre los niveles 200 y 400 FTU, pero éstos superaron ($P < 0.05$) al nivel cero.

En CA el nivel de 0.39% Pd difirió ($P < 0.05$) del 0.15 y 0.27%, pero no del 0.51%. No hubo diferencias para los niveles de FTU (Cuadro 5).

Cuadro 4. Ganancia de peso (g) de pollos hasta los 21 días de edad como respuesta a diferentes niveles de fósforo disponible (Pd) y fitasa (FT) en la dieta.

FTU/kg	Pd (%)				Media ± EE*
	0.15	0.27	0.39	0.51	
0	207	486	590	576	465 ± 41 ^c
200	295	516	597	579	497 ± 32 ^b
400	356	517	598	580	513 ± 25 ^b
600	395	552	599	589	534 ± 22 ^a
Media ± EE**	313 ± 19 ^c	518 ± 11 ^b	596 ± 5 ^a	581 ± a	

*Medias con distinta letra en la misma columna son diferentes ($P < 0.05$).

** Medias con distinta letra en la misma hilera son diferentes ($P < 0.05$).

EE = Error estándar.

Cuadro 5. Medias del consumo de alimento (g) de pollos hasta los 21 días de edad, como respuesta a diferentes niveles de fósforo disponible (Pd) y fitasa (FT) en la dieta.

FTU/kg	Pd (%)				Media ± EE*
	0.15	0.27	0.39	0.51	
0	674	808	862	875	805 ± 22 ^a
200	693	825	853	875	811 ± 19 ^a
400	713	851	853	858	810 ± 17 ^a
600	725	862	861	863	825 ± 16 ^a
Media ± EE**	701 ± 8 ^c	824 ± 9 ^b	857 ± 5 ^a	868 ± 5 ^a	

* Medias con distinta letra en la misma columna son diferentes ($P < 0.05$).

** Medias con distinta letra en la misma hilera son diferentes ($P < 0.05$).

EE = Error estándar.

Cuadro 6. Medias de la conversión alimenticia de pollos hasta los 21 días de edad, como respuesta a diferentes niveles de fósforo disponible (Pd) y fitasa (FTU/kg) en la dieta.

FTU/kg	Pd%				Media ± EE*
	0.15	0.27	0.39	0.51	
0	3.33	1.68	1.46	1.52	1.99 ± 0.2 ^a
200	2.36	1.59	1.43	1.52	1.73 ± 0.1 ^b
400	2.01	1.58	1.43	1.48	1.62 ± .06 ^{bc}
600	1.84	1.55	1.44	1.47	1.57 ± 0.04 ^c
Media ± EE**	2.39 ± 0.16 ^a	1.6 ± 0.03 ^b	1.44 ± 0.01 ^c	1.5 ± 0.02 ^{bc}	

* Medias con distinta letra en la misma columna son diferentes ($P < 0.05$).

** Medias con distinta letra en la misma hilera son diferentes ($P < 0.05$).

EE = Error estándar.

La mejor conversión alimenticia se observó con el nivel 0.39% de Pd. En relación con los niveles de fitasa, la mejor conversión se obtuvo con 600 FTU ($P < 0.05$), aun cuando no hubo diferencia ($P > 0.05$) con 400 FTU (Cuadro 6).

El mayor porcentaje de CEN se observó con el nivel de 0.51% de Pd ($P < 0.05$). Para el caso de fitasa el mayor ($P < 0.05$) porcentaje de CEN se obtuvo con 600 FTU (Cuadro 7).

Como se mencionó, la máxima GP se obtuvo con 0.39% de Pd, nivel menor al de 0.51% de Pd para máximo porcen-

taje de CEN; esto concuerda con Sauveur y Pérez (1985), quienes señalan que se necesita un nivel mayor de Pd para lograr la máxima mineralización de la tibia a diferencia de la máxima GP.

A partir de las regresiones y sus respectivos parámetros obtenidos (Cuadro 8), se estimó el nivel óptimo biológico de Pd con adición de fitasa para máxima GP y máximo porcentaje de CEN (Cuadro 9).

Los resultados del análisis de regresión mostraron una respuesta cuadrática en GP al nivel de Pd, y una respuesta

Cuadro 7. Medias del porcentaje de cenizas en tibia de pollos a los 21 días de edad, como respuesta a diferentes niveles de fósforo disponible (Pd) y fitasa (FT) en la dieta.

FTU/kg	Pd%				Media ± EE*
0	31.1	44.1	52.0	53.0	45.1 ± 1.8 ^c
200	32.6	47.4	52.6	54.2	46.7 ± 1.8 ^b
400	33.9	48.1	53.0	53.5	47.1 ± 1.7 ^b
600	38.3	49.9	53.3	54.1	48.9 ± 1.3 ^a
Media ± EE**	34.0 ± 0.7 ^d	47.4 ± 0.5 ^c	52.7 ± 0.2 ^b	53.7 ± 0.2 ^a	

* Medias con distinta letra en la misma columna son diferentes ($P < 0.05$)

** Medias con distinta letra en la misma hilera son diferentes ($P < 0.05$).

EE = Error estándar.

Cuadro 8. Parámetros de regresión para consumo de alimento (CA), ganancia de peso (GP) y porcentaje de cenizas en tibia (porcentaje de CEN).

Parámetro	CA	GP	% CEN
	Estimador ± EE	Estimador ± EE	Estimador ± EE
Intercepto	443.644583 ** ± 28.7	-146.018333 ** ± 26.67	4.7570784 ** ± 0.99
Pd	1791.222222 ** ± 176.6	3322.277778 ** ± 164.12	205.2409201 ** ± 6.13
Pd*Pd	-1886.574074 ** ± 258.2	-3518.518519 ** ± 239.94	-215.5020255 ** ± 8.97
FTU	0.147483 ** ± 0.04	0.399158 ** ± 0.04	0.0162198 ** ± 0.001
Pd* FTU	-0.316111 * ± 0.12	-0.863611 ** ± 0.12	-0.0310354 ** ± 0.004
R ²	0.89	0.96	0.97

* Significativo ($P < 0.05$).

** Significativo ($P < 0.01$).

NS = No significativo.

EE = Error estándar.

Cuadro 9. Nivel óptimo biológico de fósforo disponible (Pd) en la dieta con adición de fitasa (FT), para máxima ganancia de peso (GP) y máximo contenido de cenizas en tibia (porcentaje de CEN) en pollos de engorda a los 21 días de edad.

FTU	NOB de Pd (%)	
	GP	% CEN
0	0.471	0.476
200	0.446	0.462
400	0.421	0.447
600	0.396	0.443

lineal al nivel de fitasa (FTU). Se detectó un efecto de interacción entre los niveles de Pd y de FTU (Cuadro 8).

Con el incremento de 200 FTU cada vez (desde 0 hasta 600 FTU), se tiene una reducción en el nivel óptimo biológico de Pd de 0.025% para GP y 0.015% para porcentaje de CEN. Estos valores se obtuvieron por diferencia entre dos niveles de fitasa. Por ejemplo: $0.471 - 0.446 = 0.025\%$ para el caso de GP, de 0 a 200 FTU.

Es de importancia el hecho que en ambos experimentos el análisis de regresión mostró una respuesta cuadrática para GP y porcentaje de CEN al nivel de Pd en la dieta (Cuadros 3 y 8).

Los niveles de fitasa en este experimento, siguen una tendencia lineal, ya que conforme se pasa de 0 a 600 FTU, la GP y el porcentaje de CEN se incrementan. La respuesta lineal coincide con lo informado por Denbow *et al.* (1995), quienes observaron la ganancia de 1 a 21 días de edad, al utilizar varios niveles de FT y encontraron respuesta lineal hasta las 600 FTU (con 0.34% Pd al pasar de 0 a 600 FTU, incrementaron la ganancia de 579 a 658 g).

En el caso de % CEN el tipo de respuesta a niveles de fitasa en la dieta es similar a la de Quian *et al.* (1997), quienes informaron una respuesta lineal entre 600 y 900 FTU.

La mejora en GP y en porcentaje de CEN al adicionar de 0 a 600 FTU, es mayor a niveles inferiores de Pd, ya que para 0.15, 0.27, 0.39 y 0.51% Pd, se tienen diferencias de 188, 67, 9 y 13 g de GP y 7.2, 5.8, 1.3 y 1.1 de porcentaje de CEN, respectivamente (Cuadros 4 y 7). Esta tendencia concuerda con la que informaron Denbow *et al.* (1995), quienes al pasar de 0 a 600 FTU, encontraron para 0.2% y 0.34% Pd una mejora en 232 y 79 g de ganancia, respectivamente.

La recomendación comercial del uso de la fitasa es de 600 FTU/kg de alimento (Heinzl, 1996). El cálculo obtenido del nivel óptimo biológico con 0 FTU es de 0.47% Pd para máxima GP y con 600 FTU es de 0.396% Pd, con lo cual se reduce 0.075% Pd, que es equivalente a reducir 0.75g de P inorgánico/kg de alimento. Cada estimación o cálculo difiere, pero en promedio la reducción es de 0.1% Pd con el uso de 600 FTU. Por ejemplo, Mitchel y Edwards (1996), mencionan una reducción de 0.1% Pd con el criterio de GP al usar 600 FTU. Por su parte, Denbow *et al.* (1995) señalan 821 FTU para lograr la misma reducción. Por lo tanto, el presente valor de 0.075% de Pd con 600 FTU, está dentro del intervalo obtenido.

El nivel óptimo biológico de 0.47% Pd para máxima GP, es levemente mayor al 0.45% que sugiere el NRC (1994) y al 0.46% que se calculó en el primer experimento; sin embargo, es inferior al 0.50% que informó Sainsbury (1992). Esta variación se debe a las diferentes condiciones de explotación, así como a los niveles de producción y a otros factores externos que influyen en la respuesta. Sauveur y Pérez (1985), señalan que una de las dificultades más importantes al tratar de recomendar un aporte de Pd, es el hecho de la variación de la disponibilidad del P en los ingredientes utilizados.

El nivel óptimo biológico para máximo % CEN es superior al de GP; con la adición de fitasa se tiene mayor reducción de Pd para GP que para % CEN, al pasar de 0 a 600 FTU. Mitchel y Edwards (1996) también señalaron menor respuesta con el criterio de % CEN a diferencia de la GP al emplear 600 FTU. Sauveur y Pérez (1985) señalan que para máxima GP, es necesario una cantidad menor de Pd en comparación con la mayor necesidad para lograr una mineralización adecuada del hueso y aún mayor para maximizar el porcentaje de cenizas.

Conclusiones

Los niveles óptimos biológicos de PD obtenidos, de 0.46 y 0.47%, son ligeramente mayores al 0.45% sugerido por el NRC (1994), para pollos de 1 a 21 días de edad.

El nivel óptimo biológico de Pd, sin fitasa, para máximo porcentaje de CEN y GP fueron 0.476% y 0.471%, respectivamente.

Con 600 FTU el nivel óptimo biológico de Pd para máximo porcentaje de CEN fue de 0.443%, y para máxima GP fue de 0.396%.

Al adicionar 600 FTU, es posible reducir en 0.075% el nivel óptimo biológico de Pd para máxima GP, con lo que se reduce el uso de P inorgánico en la dieta.

Agradecimiento

Un agradecimiento muy especial a la División Agro & Químicos de la empresa BASF Mexicana S.A. de C.V., por haber facilitado la enzima fitasa (Natuphos), así como por

la valiosa información que proporcionó para la realización de estos experimentos.

Literatura Citada

- Antillón, R. A., 1988. Fisiopatología de la deficiencia de fósforo en las aves. Proc. Primer Simposio "El fósforo en la nutrición animal". Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM, México. p. 57-65.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1980. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 13th ed Washington, D.C.
- Ardón G., A. y M. M. Barillas A. 1995. Efecto del nivel de fósforo en la ganancia de peso de pollos de engorda. Tesis profesional. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Broz, J., P. Oldale, R. H. Poerrin-Voltz, G. Rychen, J. Shulze, and C. Simoes Nunes. 1994. Effects of supplemental phytase on performance and phosphorus utilization in broiler chickens fed a low phosphorus diet without addition of inorganic phosphates. *Br. Poultry Sci.* 35:273.
- Cuca G., M., E. Avila y A. Pro. 1996. Alimentación de las Aves 8ª ed. Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Damron, B. L. and L. K. Flunker, 1988. Precipitated bone phosphate in broiler chick diets. *Poultry Sci.* 67:1302.
- Denbow, D. M., V. Ravindran, E. T. Kornegay, Z. Yi, and R. M. Hulet. 1995. Improving phosphorus availability in soybean meal for broilers by supplemental phytase. *Poultry Sci.* 74:1831.
- Edwards, H. M. Jr. 1993. Dietary 1, 25 dihydroxycholecalciferol supplementation increases natural phytate phosphorus utilization in chickens. *J. Nutr.* 123:562.
- Eeckhout, W. and M. DePaep. 1994. Total phosphorus, phytate-phosphorus and phytase activity in plant feedstuffs. *Anim. Feed Sci. Tech.* 47:19.
- Guyton, A. C., 1986. Medical Physiology. 7th ed. W.B. Sanders and Co., Philadelphia, p. 937.
- Heinzl, W. 1996. Technical specifications of natuphos. In: Phosphorus and phytase activity in plant feedstuffs. *Anim. Feed Sci. Tech.* 47:19.
- Jensen, L. S., and H. M. Edwards, Jr. 1980. Availability of phosphorus from ammonium polyphosphate for growing chickens. *Poultry Sci.* 59:1280.
- Mitchel, R. D. and H. M. Edwards. Jr. 1996. Additive effects of 1,25-dihydroxycholecalciferol and phytase on phytase phosphorus utilization and related parameters in broiler chickens. *Poultry Sci.* 75:111.
- National Research Council. 1994. Nutrient requirements of poultry. 9th. rev. ed. National Academy of Science, Washington, D.C.
- Perney, K. M., A. H. Cantor, M. L. Straw, and K. L. Herkelman. 1993. The effect of dietary phytase on growth performance and phosphorus utilization of broiler chicks. *Poultry Sci.* 72:2106.
- Quian, H., H. P. Veit, E. T. Kornegay, V. Ravindran, and D. M. Denbow. 1996. Effects of supplemental phytase and phosphorus on histological and other tibial bone characteristics and performance of broilers fed semi-purified diets. *Poultry Sci.* 75:618.
- Quian, H., E. T. Kornegay, and D. M. Denbow. 1997. Utilization of phytate phosphorus and calcium as influenced by microbial phytase, cholecalciferol, and calcium:total phosphorus ratio in broiler diets. *Poultry Sci.* 76:37.
- Ravindran, V., G. Ravindran, and S. Sivalogan. 1994. Total and phytate phosphorus contents of various foods and feedstuffs of plant origin. *Food Chem.* 50:133.
- Sainsbury, D. 1992. Poultry Health and Management. 3rd ed. Blackwell Scientific Publications. Malden, MA.
- SAS Institute. 1988. SAS/STAT. User's Guide. Release 6.03. SAS Institute Inc., Cary, N.C.
- Sauveur, B. y J. M. Pérez. 1985. Alimentación mineral de los animales monogástricos. En: Alimentación de los animales monogástricos: cerdos, conejo y aves. INRA. Mundi-Prensa. Madrid. p. 43.
- Yi, Z., E. T. Kornegay, V. Ravindran, and D. M. Denbow. 1996. Improving phytate phosphorus availability in corn and soybean meal for broilers using microbial phytase calculation of phosphorus equivalent values for phytase. *Poultry Sci.* 75:240.