

Producción de huevo, calidad del cascarón y rentabilidad en gallinas de primer ciclo con niveles de calcio y fósforo disponible

Egg production, eggshell quality and profitability of laying hens during first cycle with levels of calcium and available phosphorus

Víctor Manuel Valdés Narváez^a, Manuel Cuca García^a, Arturo Pro Martínez^a,
Mariano González Alcorta^b, Ma. Elena Suárez Oporta^c

RESUMEN

Para evaluar el efecto del calcio y fósforo en la calidad del cascarón del huevo se realizó un experimento con 480 gallinas Hy-Line W-36. Se usaron tres niveles de calcio (Ca) (3.2, 4.2 y 5.2 %) y cuatro de fósforo disponible (Pd) (0.15, 0.20, 0.25 y 0.30 %). Se encontró interacción ($P<0.05$) del Ca y Pd en consumo de alimento (CAL) y masa de huevo (MH). Con el nivel de Ca de 5.2 % y de Pd (0.15 %) disminuyó el CAL (96.7 g) y MH (48.7 g). El porcentaje de postura y MH fueron menores ($P<0.05$) con 0.15 % que con 0.3 % de Pd. La conversión alimenticia se afectó ($P<0.05$) por el nivel de Pd, obteniendo la mejor con 0.3 % (1.94), seguida por 0.20 % (1.96), 0.15 % (1.98), y 0.25 % (1.99). El peso del huevo fue mayor ($P<0.05$) en 0.7 y 0.8 g con 3.2 % que con 4.2 y 5.2 % de Ca, respectivamente. La gravedad específica se mejoró ($P<0.05$) al incrementar el calcio (1.080 vs 1.081 y 1.082) en la dieta. Se concluye que para buena calidad del cascarón es necesario 4.2 % de Ca, pero se debe incrementar de manera proporcional el fósforo disponible. El nivel de 0.15 % de fósforo disponible no es suficiente para obtener buena producción de huevo y conversión alimenticia.

PALABRAS CLAVE: Producción de huevo, Calidad del cascarón, Interacción calcio-fósforo.

ABSTRACT

In order to evaluate the importance of calcium and phosphorus for egg shell quality, a trial was conducted using 480 Hy-Line 36 hens in a 3*4*3 factorial arrangement to evaluate three calcium (Ca) (3.2, 4.2 and 5.2 %) and four available phosphorus (Ap) levels (0.15, 0.20, 0.25 and 0.30 %) during 20 to 72 wk of age. Results showed an interaction ($P<0.05$) between Ca and Ap levels for feed intake (FI) and egg mass (EM). The FI (96.7 g) and EM (48.7 g) decreased with the highest Ca (5.2 %) and the lowest Ap (0.15 %) levels. Egg production and EM were lower ($P<0.05$) with the 0.15 % compared to the 0.3 % Ap level. Feed conversion was also affected by the Ap level having the best performance with 0.3 % (1.94), 0.20 % (1.96), 0.15 % (1.98) and 0.25 % (1.99). Egg weight was 0.7 and 0.8 g higher ($P<0.05$) with 3.2 % level compared to 4.2 and 5.2 % levels, respectively. Egg specific gravity was improved ($P<0.05$) when calcium level increased (1.080 vs 1.081 and 1.082) in the diet. It was concluded that, in order to get a good shell quality, 4.2 % calcium must be used, and a proportional increase of the Ap must be considered. The level of 0.15 % of available phosphorus is not enough for good egg production and optimal feed conversion.

KEYWORDS: Egg production, Eggshell quality, Calcium-phosphorous interaction.

INTRODUCCIÓN

Calcio y fósforo son importantes para la gallina en postura, ya que en el cascarón se deposita mucho

INTRODUCTION

Calcium and phosphorous are important for laying hens, as Ca deposits in large amounts in the

Recibido el 7 de enero de 2010. Aceptado el 10 de agosto de 2010.

^a Programa en Ganadería, Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Texcoco Edo. Mex. Tel/Fax. (55) 58045978. jmcuca@colpos.mx. Correspondencia al segundo autor.

^b Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo.

^c Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco.

Ca y aunque la cantidad de fósforo en él es mínima, está ligado al metabolismo del calcio^(1,2). Además, existen interacciones de Ca y P para algunas variables productivas y de calidad del cascarón^(2,3).

El NRC (1994)⁽⁴⁾ sugiere 3.25 g de calcio gallina⁻¹ día⁻¹. Sin embargo, estudios recientes indican que este nivel debe ser mayor: 5.17, 4.20 y 4.00 g^(2,5,6), siendo mayor el nivel óptimo para calidad del cascarón que para producción de huevo (4.62 vs 4.34)⁽⁷⁾.

Los resultados con fósforo disponible (Pd) coinciden con el NRC⁽⁴⁾ que disminuyó el requerimiento de 400 a 250 mg, ya que al realizar dicho cambio no se afectó la producción de huevo y la calidad del cascarón^(8,9) incluso se reportan mejoras en calidad del cascarón con niveles marginales de fósforo en la dieta⁽¹⁰⁾. Sin embargo, comercialmente se siguen usando niveles más altos⁽¹¹⁾.

La selección genética ha cambiado las características de las gallinas; ahora son más productivas, con menores necesidades de mantenimiento, pero también con menor capacidad de consumo de alimento. Las características del huevo también han cambiado, ya que el mejoramiento genético de gallinas por selección de 1950 a 1993, permitió incrementar el peso del huevo de 58.6 a 63.9 g, no así la gravedad específica (GE), y porcentaje de cascarón⁽¹²⁾. Por lo que se deben reevaluar las necesidades de Ca y P, en condiciones similares a las de producción comercial.

Por ello, se realizó esta investigación con la finalidad de evaluar el comportamiento productivo y la calidad del cascarón del huevo de gallinas en postura Hy-line W36 con diferentes niveles de calcio y fósforo durante el primer ciclo de postura.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó durante 52 semanas en las instalaciones avícolas del Colegio de Postgraduados, ubicado en Montecillo, Texcoco, México. Se utilizaron 480 gallinas Leghorn de la línea Hy-Line W-36, de 20 semanas de edad, alojadas en jaulas individuales de 50*20*40 cm, en

eggshell, and even though the phosphorous amount in eggshells is minimal, it is linked to Ca metabolism^(1,2). Besides, Ca – P interactions are found for some productive variables and also for eggshell quality^(2,3).

The NRC (1994)⁽⁴⁾ suggests a 3.25 g Ca hen⁻¹ d⁻¹ intake. However, recent studies indicate that this level should increase: 5.17, 4.20 and 4.00 g^(2,5,6), being the higher better for optimum eggshell quality than for egg production (4.62 vs 4.34)⁽⁷⁾.

Results obtained with Pd concur with the NRC⁽⁴⁾ that reduced requirements from 400 to 250 mg without affecting either egg production or eggshell quality^(8,9) and even report increases in eggshell quality at marginal Pd levels⁽¹⁰⁾. However, in commercial production, higher levels are used⁽¹¹⁾.

Genetic selection has changed characteristics of laying hens; now, they are more productive, with lower maintenance requirements, but also with lower feed intake aptitude. Egg characteristics have changed, too, *since* genetic improvement due to selection between 1950 and 1993 increased egg weight from 58.6 to 63.9 g, without changes in either egg specific gravity (SG) or eggshell percentage⁽¹²⁾. Due to this, Ca and P requirements need to be reevaluated in similar conditions to commercial production.

The study was carried out with the purpose of evaluating performance and eggshell quality in Hy-line W36 first-cycle laying hens with different Ca and P levels.

MATERIALS AND METHODS

The present study was performed for 52 wk in the aviculture complex of the Colegio de Postgraduados in Montecillo, Texcoco, Mexico. A total of 480, 20 wk old, Hy-line W36 laying hens were placed in 50*20*40 cm individual layer cages. Artificial light was provided to complete 16 h of light d⁻¹.

Diets were based on sorghum and soybean meal (Table 1), meeting the requirements suggested by

una caseta convencional. La iluminación se ajustó a 16 h luz día⁻¹, con luz artificial.

Las dietas se formularon con base en sorgo y pasta de soya (Cuadro 1), cubriendo las necesidades de nutrientes sugeridos por el NRC⁽⁴⁾ para gallinas en postura; se varió el carbonato de calcio, fosfato dicálcico y arena para obtener los niveles de Ca (3.20, 4.20 y 5.20 %) y de Pd (0.15, 0.20, 0.25 y 0.30 %) que se probaron, como se muestran en el Cuadro 2. Para obtener los niveles de Pd se consideró como disponible el 100 % del fósforo total del fosfato dicálcico y el 33 % del fósforo del sorgo y de la pasta de soya^(4,9).

Las gallinas se vacunaron durante su crianza y antes de postura contra Newcastle, Viruela y Gumboro. El alimento y el agua se ofrecieron *ad libitum*, el consumo de alimento se midió semanalmente.

Al inicio del experimento se determinó el contenido de Ca en carbonato de calcio (38%), calcio y fósforo en fosfato dicálcico (18% Ca y 21% P), sorgo (0.04% Ca y 0.30% P) y pasta de soya (0.28% Ca y 0.58% P) y cada dos meses se tomaron muestras

Cuadro 1. Dieta basal del experimento

Table 1. Basal diet used in the present study

Ingredient	%
Sorghum (8.8% protein)	55.36
Soybean meal (45 % protein)	25.84
Raw soybean oil	4.57
Salt	0.25
Vitamins and mineral premix [†]	0.25
DL-methionine	0.21
Pigment	0.10
Variable fraction	13.42
Total	100.00
Estimated nutritional content:	
Metabolizable energy, Kcal kg ⁻¹	2800
Protein (N*6.25), %	16.5
Lysine, %	0.80
Methionine+ cystine, %	0.70
Methionine, %	0.45
Threonine, %	0.60

[†] Provides the following vitamins per kg of feed: A 7700 UI, D₃ 3000 UI, E 6.6 UI, K₃ 2 mg, B₂ 4.4 mg, B₁₂ 0.0088 mg, pantothenic acid 5.5 mg, niacin 22 mg, folic acid 0.11 mg, choline 300 mg; and the following minerals: iron 33 mg, zinc 100 mg, manganese 100 mg, copper 9 mg, selenium 0.3 mg, iodine 0.9 mg, y 5 mg antioxidant.

Cuadro 2. Composición de la fracción variable de la dieta, calcio y fósforo analizados (%)

Table 2. Diet variable fraction composition, analyzed calcium and phosphorous (%)

Calcium		Total phosphorous		Available phosphorous	Calcium	Dicalcium phosphate	Sand
Est.	Analyzed [§]	Est.	Analyzed [§]	Est.	carbonate	Variable fraction	
3.2	3.17 ± 0.07 [†]	0.36	0.36 ± 0.01 [†]	0.15	7.60	0.21	5.61
3.2	3.19 ± 0.05	0.41	0.41 ± 0.01	0.20	7.50	0.45	5.47
3.2	3.16 ± 0.04	0.46	0.46 ± 0.01	0.25	7.40	0.69	5.33
3.2	3.15 ± 0.03	0.51	0.51 ± 0.01	0.30	7.30	0.92	5.20
4.2	4.21 ± 0.10	0.36	0.36 ± 0.01	0.15	10.20	0.21	3.01
4.2	4.19 ± 0.10	0.41	0.42 ± 0.01	0.20	10.10	0.45	2.87
4.2	4.17 ± 0.05	0.46	0.47 ± 0.01	0.25	10.00	0.69	2.73
4.2	4.20 ± 0.03	0.51	0.52 ± 0.02	0.30	9.90	0.92	2.60
5.2	5.21 ± 0.09	0.36	0.37 ± 0.02	0.15	12.90	0.21	0.31
5.2	5.19 ± 0.02	0.41	0.43 ± 0.02	0.20	12.80	0.45	0.17
5.2	5.23 ± 0.06	0.46	0.48 ± 0.02	0.25	12.70	0.69	0.03
5.2	5.21 ± 0.08	0.51	0.54 ± 0.01	0.30	12.52	0.90	0.00

[†] Standard deviation; [§] Colegio de Postgraduados Animal Nutrition Laboratory.

Est= estimated

representativas de cada tratamiento. A estas muestras se les determinó calcio y fósforo en un espectrofotómetro de absorción atómica Spectr AA*10 Plus Varian de acuerdo con la técnica de la AOAC⁽¹³⁾, para comprobar que los valores calculados correspondían a los analizados. Los resultados se presentan en el Cuadro 2.

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial 3*4*3, con cinco repeticiones de ocho gallinas cada una⁽¹⁴⁾, con el modelo:

$$Y_{ijklm} = \mu + C_i + F_j + P_k + CF_{ij} + CP_{ik} + FP_{jk} + CFP_{ijk} + E_{ijklm}$$

Donde Y_{ijklm} =valor de la variable respuesta correspondiente al i-ésimo nivel de calcio y j-ésimo nivel de fósforo disponible en el k-ésimo periodo de la m-ésima repetición; μ =media general; C_i =efecto del i-ésimo nivel de calcio $i=1, 2, 3$; F_j =efecto del j-ésimo nivel de fósforo disponible $j=1, 2, 3, 4$; P_k =efecto del k-ésimo periodo $k=1, 2, 3$; CF_{ij} =efecto de la interacción entre nivel de calcio y fósforo disponible; CP_{ik} =efecto de la interacción entre nivel de calcio y periodo; FP_{jk} =efecto de la interacción entre nivel de fósforo disponible y periodo; CFP_{ijk} =efecto de la interacción calcio por fósforo disponible por periodo; E_{ijklm} =error experimental.

Este modelo se utilizó para las variables que se midieron semanalmente: consumo de alimento (CAL, g gallina⁻¹ día⁻¹), consumo de calcio (Cca) (g gallina⁻¹ día⁻¹), consumo de fósforo disponible (Cpd) (g gallina⁻¹ día⁻¹), conversión alimenticia (CA), porcentaje de postura (PP), masa de huevo (MH, g de huevo gallina⁻¹ día⁻¹), peso del huevo (PH, g), y gravedad específica (GE) según la metodología de Hamilton⁽¹⁵⁾.

Se realizó un análisis de varianza con el procedimiento GLM de SAS y las medias se compararon con la prueba de Tukey⁽¹⁶⁾ y un análisis económico del ciclo de producción para cada tratamiento con los resultados productivos con la estructura de costos para los sistemas de producción de huevo para plato en México⁽¹⁷⁾, mediante la matriz de análisis de política de costos en su parte privada⁽¹⁸⁾.

NRC⁽⁴⁾ for laying hens, calcium carbonate, dicalcium phosphate and sand contents were modified in order to obtain the required Ca (3.20, 4.20 and 5.20 %) and Pd (0.15, 0.20, 0.25 and 0.30 %) levels to be tested (Table 2), and for this, the following percentage of availability of P were used: 100 % for dicalcium phosphate and 33 % for sorghum and soybean meal^(4,9).

Hens were vaccinated before they began laying against Newcastle, chicken pox and Gumboro. Water and feed were provided *ad libitum*, and feed consumption was measured weekly.

At the beginning of the experiment Ca content in calcium carbonate (38 %), calcium and phosphorous (0.28 and 0.58 %, respectively) content in dicalcium phosphate, calcium and phosphorous content (0.04 and 0.30 %, respectively) in sorghum and calcium and phosphorous content (0.28 and 0.58 %, respectively) in soybean meal, were determined, and representative samples of each treatment were taken every 2 mo. Both calcium and phosphorous were determined in a Spectr AA*10 Plus Varian spectrophotometer in accordance with AOAC official methods of analysis⁽¹³⁾ in order to check that calculated values matched analyzed values. Results are shown in Table 2.

A completely randomized factorial 3*4*3 experimental design with 5 replicates of 8 hens each was used⁽¹⁴⁾, the model was:

$$Y_{ijklm} = \mu + C_i + F_j + P_k + CF_{ij} + CP_{ik} + FP_{jk} + CFP_{ijk} + E_{ijklm}$$

Where: Y_{ijklm} =value of the response variable corresponding to the i-esm Ca level and the j-esm Pd level at the k-esm period in the m-esm replication; μ =the general average; C_i =effect of i-esm Ca level, $i=1,2,3$; F_j =effect of the j-esm Pd level, $j=1,2,3,4$; P_k =effect of k-esm period, $k=1,2,3$; CF_{ij} =effect of Ca*Pd interaction; CP_{ik} = effect of the Ca*period interaction; FP_{jk} =effect of Pd*period interaction; CFP_{ijk} =effect of the Ca*Pd*period interaction; and E_{ijklm} =experimental error.

This model was used for those variables that were measured weekly, feed intake (FI, g hen⁻¹ d⁻¹),

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de consumo de alimento, calcio, fósforo disponible y conversión alimenticia por periodo, se presentan en el Cuadro 3. Se puede observar que hubo diferencias ($P<0.05$) en consumo de alimento debido al nivel de calcio en el periodo 1, ya que fue mayor en el tratamiento con 3.2 % de calcio en comparación con el nivel de 4.2 %. Similar a lo informado por otros^(7,19) ya que las gallinas alimentadas con niveles marginales de Ca tienden a consumir más alimento para disponer de más calcio para la formación del cascarón⁽¹⁰⁾. Por el contrario otros investigadores⁽⁵⁾ no encontraron diferencias en consumo de alimento por efecto del nivel de calcio con dietas de 3.5 a 5.5%; mientras que otros autores^(3,20,6,21), informan de un incremento lineal en consumo de alimento al aumentar el calcio en la dieta, pero iniciaron con niveles menores (2.5 y 2.75) al nivel de calcio más bajo que se usó en este experimento (3.2 %); y otras investigaciones⁽³⁾ indican que el menor consumo en gallinas con 2.5 % de calcio se debe a una menor actividad, al presentar problemas de fatiga de jaula.

Por efecto de periodo se observó un incremento ($P<0.01$) en consumo de alimento, debido a que con la edad hay una mayor capacidad de consumo, resultados similares a los encontrados en otro estudio durante un ciclo productivo con gallinas Hy line⁽⁷⁾.

Las gallinas presentan signos de deficiencia de Ca si el consumo diario de una gallina es menor a 3 g⁽³⁾. En el presente experimento el consumo de calcio fue mayor a 3 g gallina⁻¹ día⁻¹, excepto en el tratamiento con 3.2 % durante el periodo 1 (2.97 g gallina⁻¹ día⁻¹). Por ello no se notaron signos de deficiencia en las gallinas del presente estudio.

Las diferencias ($P<0.01$) en consumo de Ca corresponden a los incrementos en la concentración del mineral en la dieta. Así mismo, el consumo de Pd fue diferente ($P<0.01$), y proporcional a la concentración de Pd en la dieta. Además, el consumo de calcio y fósforo disponible aumentó ($P<0.01$) por efecto del periodo debido al incremento en consumo de alimento (Cuadro 3).

calcium intake (CaI, g hen⁻¹ d⁻¹), available phosphorous intake (ApI, g hen⁻¹ day⁻¹), egg weight (EW, g) and egg specific gravity (SG) in accordance with the methodology suggested by Hamilton⁽¹⁵⁾.

Analysis of variance was done using the SAS GLM procedure and comparison of averages was performed with a Tukey test⁽¹⁶⁾. An economic analysis of the production cycle for each treatment, providing a cost structure for egg production systems in Mexico was carried out⁽¹⁷⁾, by means of a private costs policy analysis matrix⁽¹⁸⁾.

RESULTS AND DISCUSSION

The results of feed, calcium and available phosphorous intake and of feed conversion are shown in Table 3. Significant differences ($P<0.05$) in feed intake can be appreciated due to calcium intake in the first period, being greater in the 3.2 % calcium treatment than in the 4.2 %. This is consistent with what is reported by other authors^(7,19), as hens fed marginal calcium amounts tend to eat more in order to intake more calcium for eggshell formation⁽¹⁰⁾. Contrariwise, other authors⁽⁵⁾ did not find differences in feed intake in diets containing 3.5 to 5.5 % calcium, while other authors^(3,6,20,21) report a linear increase in feed intake when calcium content increases, but the starting point for calcium content was lower, 2.5 and 2.75 %, than the lowest level in the present study (3.2 %). Other authors indicate that a lower feed intake in hens fed 2.5 % calcium content is due to less activity due to cage layer fatigue.

An increase in feed intake ($P<0.01$) due to period effect was observed, possibly to a greater feed consumption capacity due to age, as similar results were found in another study carried out on Hy-line hens⁽⁷⁾.

Hens show calcium deficiency when daily calcium intake is less than 3.0 g hen⁻¹ d⁻¹⁽³⁾. In the present study, daily calcium intake was more than 3.0 g hen⁻¹ d⁻¹, except in the 3.2 % calcium treatment during period 1 (2.97 g hen⁻¹ d⁻¹), therefore, no calcium deficiency signs were observed.

Differences in calcium intake ($P<0.01$) correspond to increases in mineral concentration in diets.

Cuadro 3. Consumo de alimento, calcio y fósforo de gallinas alimentadas con niveles de calcio y fósforo disponible en la dieta

Table 3. Feed, calcium and phosphorous intake in hens fed diets at different calcium and available phosphorous levels

Calcium (%)	Available phosphorous (%)	Feed intake (g a ⁻¹ d ⁻¹)	Calcium intake (g a ⁻¹ d ⁻¹)	Phosphorous intake (mg a ⁻¹ d ⁻¹)	Feed conversion
Period 1: 20 to 36 wk of age					
3.2		92.8 ^a	2.97 ^c	208.7	1.85
4.2		91.1 ^b	3.83 ^b	205.2	1.85
5.2		91.6 ^{ab}	4.82 ^a	206.4	1.85
SEM		0.60	0.024	1.40	0.020
	0.15	91.2	3.64	136.8 ^d	1.84
	0.20	92.1	3.64	184.1 ^c	1.85
	0.25	92.0	3.68	230.0 ^b	1.87
	0.30	92.0	3.68	276.1 ^a	1.84
	SEM	0.69	0.028	1.70	0.024
Period 2: 37 to 54 wk of age					
3.2		100.8	3.23 ^c	226.8	1.92
4.2		99.8	4.19 ^b	224.8	1.93
5.2		100.5	5.23 ^a	227.0	1.94
SEM		0.60	0.024	1.40	0.020
	0.15	99.3	3.96	148.9 ^d	1.94
	0.20	100.5	4.01	201.1 ^c	1.92
	0.25	100.9	4.04	252.2 ^b	1.96
	0.30	100.9	4.04	302.6 ^a	1.91
	SEM	0.69	0.028	1.70	0.024
Period 3: 55 to 72 wk of age					
3.2		102.2	3.27 ^c	229.9	2.11
4.2		101.9	4.28 ^b	229.5	2.13
5.2		102.2	5.31 ^a	230.2	2.14
SEM		0.60	0.024	1.40	0.020
	0.15	101.7	4.06	152.6 ^d	2.17
	0.20	102.1	4.08	204.1 ^c	2.11
	0.25	102.4	4.10	256.1 ^b	2.14
	0.30	102.2	4.09	306.7 ^a	2.07
	SEM	0.69	0.028	1.70	0.024
20 to 36 wk	91.8 ^c	3.70 ^c	206.8 ^c	1.85 ^a	
37 to 54 wk	100.4 ^b	4.00 ^b	226.2 ^b	1.93 ^b	
55 to 72 wk	102.1 ^a	4.10 ^a	229.9 ^a	2.12 ^c	
	SEM	0.246	0.010	0.582	0.0093
Calcium		0.0257	0.0001	0.0495	0.4819
Available phosphorous		0.0341	0.0150	0.0001	0.0063
Period		0.0001	0.0001	0.0501	0.0001
Ca*Pd		0.0190	0.0146	0.05	0.6120

SEM= standard error of the mean.

abcd indicate differences ($P<0.01$) due to period effect, ($P<0.05$) due to calcium effect, and ($P<0.05$) to available phosphorous in diets.

La conversión alimenticia no se modificó ($P>0.05$) por efecto del Ca, ni por la interacción calcio*fósforo disponible en ninguno de los periodos de estudio. Debido al periodo, la conversión alimenticia empeoró con la edad, ya que en los periodos 2 y 3 se incrementó el CAL y la MH, y aunque aumentó en el periodo 2, después comienza a disminuir, ya que la curva de producción de huevo va en descenso⁽¹¹⁾.

En el Cuadro 4 se observan los resultados de producción de huevo y calidad del cascarón; se presentan solamente los efectos principales, ya que sólo para MH fue significativa la interacción calcio*fósforo disponible. No se encontraron diferencias ($P>0.05$) debidas al nivel de Ca, Pd o la interacción dentro de cada periodo en porcentaje de postura y peso de huevo, en consecuencia tampoco en masa de huevo, quizás porque las gallinas con 3.2 % cubren sus necesidades de calcio, así que el Ca extra que proporcionan los niveles de 4.2 y 5.2 % no mejoró la producción de huevo.

El porcentaje de postura fue mayor ($P<0.01$) en el periodo 1, de 20 a 36 semanas de edad, que corresponde con el pico de producción⁽¹¹⁾, descendiendo en los siguientes periodos. Por otra parte el pico de MH se alcanzó en el periodo 2, de 37 a 54 semanas de edad, aunque el porcentaje de postura fue menor el peso del huevo fue mayor en casi 7 g (Cuadro 4). Esto concuerda con diferentes autores que mencionan que el pico de masa de huevo se presenta posterior al de postura^(10,11,22). La gravedad específica del huevo fue menor ($P<0.05$) con 3.2 % de Ca, durante los tres periodos, lo que demuestra que se necesitan más de 3.2 % de Ca en la dieta si se quiere mejorar la calidad del cascarón.

El peso de huevo aumentó ($P<0.01$) 7 y 10 g en los periodos 2 y 3 con respecto al periodo 1, aún cuando también hubo diferencias entre estos periodos, mientras que la GE del huevo disminuyó (Cuadro 4). Este efecto también se encontró en otro estudio⁽⁷⁾ y se debe a que con la edad la gallina tiene un útero más grande y el huevo aumenta de tamaño, la cantidad de calcio depositada no se incrementa proporcionalmente⁽¹⁰⁾ por lo que la

Besides, Pd intake showed differences ($P<0.01$) in proportion to Pd content in diets. In addition, calcium and available phosphorous intake increased ($P<0.01$) due to feed intake increase due to period (Table 3).

Feed conversion did not show differences due either to calcium intake ($P>0.05$) or calcium*available phosphorous interaction in any period. Feed conversion was worse in response to increases in age, as in periods 2 and 3, both CAL and MH showed an increase. Feed conversion was better in period 2, but then began to worsen because the egg production curve drops⁽¹¹⁾.

In Table 4 egg production and eggshell quality results can be seen. Only the main effects are shown, because for MH only the calcium*available phosphorous interaction was significant. No differences ($P>0.05$) were found for Ca, Pd or the interaction in each period for either egg production percentage or egg weight, and in consequence for egg mass, maybe because hens fed 3.2 % calcium meet their calcium requirements, so the extra calcium provided in the 4.2 and 5.2 % treatments did not increase egg production.

Egg production percentage was greater ($P<0.01$) in period 1 (20 to 36 wk of age), corresponding to peak production⁽¹¹⁾, dropping in the following periods. On the other hand, MH peaked in period 2 (37 to 54 wk of age), and although egg production was lower than in period 1, egg weight was almost 7 g more (Table 4). These results are in agreement with those reported by other authors who mention that egg mass peaks after egg laying^(10,11,22). Egg specific gravity was lower ($P<0.05$) at 3.2 % calcium content in the three periods, which demonstrate that more than that, calcium amount is necessary for improving eggshell quality.

Egg weight increased ($P<0.01$) by 7 and 10 g in periods 2 and 3 over period 1, even though some differences were recorded between these two periods. Specific gravity declined (Table 4). This effect is mentioned by other authors⁽⁷⁾ and is due to the fact that a hen's uterus gets bigger with age, so egg size increases and the amount of calcium does not

Cuadro 4. Porcentaje de postura, masa de huevo, peso y gravedad específica del huevo de gallinas alimentadas con niveles de calcio y fósforo disponible

Table 4. Egg production percentage, egg mass, egg weight and specific gravity in hens fed at different calcium and available phosphorous levels

Calcium (%)	Available phosphorous (%)	Egg production percentage	Egg mass (g a ⁻¹ d ⁻¹)	Egg weight (g)	Specific gravity
Period 1: 20 to 36 wk of age					
3.2		90.9	50.4	54.5	1.082 ^b
4.2		90.1	49.6	54.0	1.083 ^a
5.2		90.8	49.8	53.8	1.083 ^a
SEM		0.90	0.59	0.39	
	0.15	90.4	49.8	54.2	1.083 ^a
	0.20	90.7	50.0	54.0	1.083 ^a
	0.25	90.1	49.5	53.8	1.082 ^b
	0.30	91.2	50.3	54.3	1.082 ^b
	SEM	1.04	0.68	0.45	
Period 2: 37 to 54 wk of age					
3.2		85.8	52.6	61.7	1.081 ^b
4.2		85.8	51.9	60.9	1.082 ^a
5.2		86.0	52.0	60.9	1.082 ^a
SEM		0.90	0.59	0.39	
	0.15	84.9	51.4	61.2	1.081
	0.20	86.6	52.5	61.0	1.080
	0.25	85.0	51.7	60.8	1.081
	0.30	87.0	52.9	61.6	1.081
	SEM	1.04	0.68	0.45	
Period 3: 55 to 72 wk of age					
3.2		74.2	48.8	64.6	1.079 ^b
4.2		74.6	48.4	64.0	1.080 ^a
5.2		74.5	48.2	63.9	1.080 ^a
SEM		0.90	0.59	0.39	
	0.15	73.0	47.4	63.9	1.080
	0.20	74.9	48.8	64.2	1.080
	0.25	74.1	48.0	64.1	1.080
	0.30	75.7	49.7	64.6	1.079
	SEM	1.04	0.68	0.45	
20 to 36 wk	90.6 ^a	49.9 ^b	54.1 ^c	1.083 ^a	
37 to 54 wk	85.9 ^b	52.2 ^a	61.2 ^b	1.082 ^b	
55 to 72 wk	74.4 ^c	48.5 ^c	64.2 ^a	1.080 ^c	
SEM		0.389	0.252	0.151	0.0001
Calcium		0.8991	0.1236	0.0018	0.0001
Available phosphorous		0.0116	0.0021	0.090	0.0601
Period		0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Ca*Pd		0.4763	0.0791	0.3027	0.076

SEM= standard error of the mean.

abc Indicate differences ($P<0.01$) due to period effect, calcium level and available phosphorous in diet ($P<0.05$).

superficie del cascarón es mayor, y con la edad disminuye la capacidad de absorción de calcio y la calidad del cascarón⁽²²⁾.

Durante el periodo de 20 a 36 semanas se modificó ($P<0.05$) la gravedad específica del huevo, por el nivel de Pd, la mejor calidad del cascarón se logró con los niveles bajos de Pd (0.15 y 0.20%) que con niveles más altos. Sohail y Roland⁽⁸⁾ también encontraron que con dietas bajas en Pd se obtiene mayor GE. Este fenómeno se ha atribuido a mayor síntesis de $1,25-(OH)_2 D_3$ por el riñón en respuesta a un nivel bajo de fósforo en suero, lo que incrementa la absorción de fósforo y calcio en el intestino; el incremento en la concentración de iones de calcio en plasma ocasiona una mejor calcificación del cascarón⁽¹⁰⁾. Además, se reporta mayor absorción de Ca en el intestino y riñón, pues la deficiencia de fósforo reduce la concentración de fósforo en plasma e incrementa la síntesis de la proteína transportadora de calcio⁽²³⁾. Sin embargo, el efecto es temporal, ya que en el mediano plazo la gallina adapta su metabolismo y el efecto se pierde⁽¹⁰⁾. Por ello no se recomienda proporcionar dietas bajas en fósforo para mejorar calidad del cascarón, ya que a largo plazo pueden ocasionar bajas en producción de huevo y mortalidad⁽²⁴⁾.

Como se observa en el Cuadro 5, el consumo de alimento de 20 a 72 semanas fue menor ($P<0.05$) con el nivel de 4.2 % de calcio que con 3.2 %, similar a lo que ocurrió en el periodo uno. Los resultados muestran que el nivel de Ca no influyó ($P>0.05$) en el porcentaje de postura, la MH, ni la conversión alimenticia. Esto concuerda con otros estudios donde no se encuentra relación del nivel de Ca con las variables de producción de huevo^(5,7,20). Por su parte^(6,23) encuentran un incremento lineal en producción de huevo al incrementar el nivel de Ca en la dieta, sin embargo en ambos casos iniciaron con un nivel muy bajo de calcio 2.5 %.

El peso del huevo fue mayor ($P<0.05$) en 0.7 y 0.8 g con 3.2 % que con 4.2 y 5.2 % de Ca, resultados similares a los encontrados por Bar *et al*⁽²⁾ al incrementar el Ca de 3 a 4 %. Este fenómeno se ha atribuido a una dilución energética de la dieta o a la baja palatabilidad del alimento

increase in the same proportion⁽¹⁰⁾. Because egg shell increases too, and also because calcium absorption declines with age, so does eggshell quality⁽²²⁾.

Egg specific gravity suffered modification in period 1 (20 to 36 wk of age) due to Pd level. A better eggshell quality was obtained at the lower Pd levels (0.15 and 0.20 %) rather than in the higher. Sohail and Roland⁽⁸⁾ report too that a greater GE is obtained with diets low in Pd. This has been attributed to a greater $1,25-(OH)_2 D_3$ synthesis in kidney in response to a low phosphorous level in serum that increases phosphorous and calcium absorption in intestine, and the increase of calcium ions in plasma produces a better calcification in eggshells⁽¹⁰⁾. Besides, a greater Ca absorption is reported in intestine and kidney, because phosphorous deficiency reduces its concentration in plasma and increases synthesis of the calcium-binding protein⁽²³⁾. However, this effect is temporary, as in the medium term hens adapt their metabolism and this effect is lost⁽¹⁰⁾. Due to this it is not recommended to provide diets low in available phosphorous for improving eggshell quality, because in the long run they can decrease egg production and even cause mortality⁽²⁴⁾.

In Table 5 it can be seen that feed intake from wk 20 to wk 72 was lower ($P<0.05$) at the 4.2 % calcium content than at the 3.2 % calcium level, similar to what happened in period 1. These results show that Ca level did not influence ($P>0.05$) either egg production percentage or feed conversion. This is also mentioned in other studies where no relationship was found between Ca and egg production variables^(5,7,20). Other studies^(6,23) report a linear increase in egg production when Ca level in diets is increased, however, starting Ca level (2.5 %) in both cases was very low.

Egg weight was greater ($P<0.05$), 0.7 and 0.8 g at the 3.2 % calcium content diet than in both 4.2 and 5.2 %. Similar results are reported by Bar *et al*⁽²⁾ when Ca content increased from 3 to 4 %. This has been attributed to either an energy dilution in diets or to low palatability due to calcium carbonate, but, as in the present study isoenergetic

ocasionada por el carbonato de calcio, pero como en esta investigación se usaron dietas isoenergéticas, las diferencias en peso de huevo se pueden deber a mayor consumo de alimento de las gallinas con el nivel bajo de Ca, y por lo tanto mayor consumo de energía, aminoácidos y otros nutrientes. Hernández *et al*⁽²⁵⁾ con gallinas de segundo ciclo observaron huevo más pesado en gallinas consumiendo un nivel bajo de calcio y atribuyen esto a un mayor consumo de alimento. En otros casos no se han encontrado diferencias en peso de huevo debidas al nivel de calcio^(6,7,21).

La gravedad específica fue mejor ($P<0.05$) con 5.2 que con 3.2 % de Ca (Cuadro 5), esto demuestra que para lograr una mejor calidad del cascarón se

diets were used, differences in egg weight can be attributed to a greater feed consumption due to a low level Ca and therefore greater energy, amino acid and other nutrients consumption. Hernández *et al*⁽²⁵⁾ report heavier eggs in second-cycle hens fed low calcium diets and attribute this to a greater feed intake. In other studies no differences due to calcium level were found for egg weight^(6,7,21).

Egg specific gravity was better ($P<0.05$) at 5.2 % Ca than at 3.2 % (Table 5). This shows the fact that for obtaining a better eggshell quality, a higher Ca level than the 3.25 % suggested by the NRC⁽⁴⁾ should be used in accordance with what is reported in other studies too^(2,7).

Cuadro 5. Comportamiento productivo y calidad del cascarón de gallinas de 20 a 72 semanas de edad con diferentes niveles de calcio y fósforo disponible

Table 5. Productive performance and eggshell quality in hens 20 to 72 wk old at different calcium and available phosphorous levels

Calcium (%)	Available phosphorous (%)	Feed intake (g a ⁻¹ d ⁻¹)	Calcium intake (g a ⁻¹ d ⁻¹)	Phosphorous intake (mg a ⁻¹ d ⁻¹)	Feed conversion
3.2		98.6 a	3.15 c	221.8 a	1.96
4.2		97.6 b	4.10 b	219.8 b	1.97
5.2		98.1 ab	5.10 a	221.2 ab	1.97
SEM		0.35	0.014	0.80	0.011
	0.15	97.4 b	3.89 b	146.1 d	1.98 b
	0.20	98.2 ab	3.92 ab	196.4 c	1.96 ab
	0.25	98.5 a	3.94 a	246.1 b	1.99 b
	0.30	98.4 ab	3.94 a	295.1 a	1.94 a
	SEM	0.40	0.016	0.90	0.014
		Egg production percentage	Egg mass (g a ⁻¹ d ⁻¹)	Egg weight (g)	Specific gravity
3.2		83.6	50.6	60.3a	1.080 b
4.2		83.5	49.9	59.6b	1.081 ab
5.2		83.8	50.0	59.5b	1.082 a
SEM		0.52	0.34	0.22	
	0.15	82.7 b	49.5 b	59.8	1.081
	0.20	84.1 ab	50.5 ab	59.7	1.081
	0.25	83.1 ab	49.8 ab	59.6	1.081
	0.30	84.7 a	51.0 a	60.2	1.081
	SEM	0.598	0.395	0.258	

SEM= standard error of the mean.

abcd Indicate differences ($P<0.01$) due to period effect ($P<0.05$) due to calcium level ($P<0.05$) and due to available phosphorous in diet.

debe usar un nivel de calcio mayor a 3.25 % sugerido por el NRC⁽⁴⁾, acorde con lo que indican los resultados de otras investigaciones^(2,7).

El consumo de alimento fue menor ($P<0.05$) con 0.15 % de Pd que con 0.25 % de 20 a 72 semanas (Cuadro 5). Esto se debe a que con dietas deficientes (0.10 %) o marginalmente deficientes 0.15 % Pd disminuye el apetito⁽²³⁾ y hay menor actividad física por fatiga de jaula⁽²⁵⁾. El incremento en consumo al aumentar el nivel de Pd es consistente con otros resultados^(26,27,28).

Con el nivel de 0.3 % de Pd en la dieta se obtuvo ($P<0.05$) la mejor conversión alimenticia en las gallinas de 20 a 72 semanas, superando a 0.15 y 0.25 % y similar a 0.20 % de Pd (Cuadro 5). Otros autores^(9,27) encontraron mejor eficiencia de utilización del alimento con 0.45 % de Pd que con niveles inferiores.

En el Cuadro 5 se observa una mejora ($P<0.05$) de dos unidades porcentuales en la postura y 1.5 g por día en MH con el nivel de 0.30 % comparado con 0.15 % de Pd de 20 a 72 semanas de edad. Los resultados con los niveles intermedios de fósforo disponible fueron iguales con los valores extremos. Estos resultados son similares a lo encontrado por otros^(9,29). Además, este incremento en producción de huevo es más marcado si el nivel más bajo que se prueba es de 0.10 %, donde prácticamente no se adiciona fósforo inorgánico en la dieta^(23,25); incluso en algunos casos se han tenido que suspender los tratamientos con el nivel más bajo de fósforo inorgánico por la disminución en la producción de huevo, aumento de la mortalidad e incidencia de fatiga de jaula^(24,27,28).

El incremento ($P<0.05$) en MH por efecto del nivel de Pd se debió a una mayor producción de huevo, ya que no se encontraron diferencias significativas en el peso de éste. Se ha encontrado un incremento en la masa de huevo al aumentar el nivel de Pd en la dieta^(8,19,28). Sin embargo, en el caso del peso de huevo falta más evidencia de cómo se modifica en función del nivel de Pd, ya que en algunos casos no se modifica^(9,19), en otros aumenta⁽²⁹⁾ o disminuye⁽⁸⁾ conforme se aumenta el nivel de Pd.

Feed intake was lower ($P<0.05$) at 0.15 % Pd than at 0.25 % between wk 20 and wk 72 (Table 5). This can be attributed to a drop in appetite with Pd deficient or marginally deficient diets⁽²³⁾ and therefore less activity due to layer-cage fatigue⁽²⁵⁾. An increase in feed intake when Pd increase is consistent with other studies^(26,27,28).

The best feed conversion in 20 to 70 wk old hens was obtained with the 0.3 % Pd level, exceeding both 0.15 % and 0.25 % and very similar to 0.20 % Pd level (Table 5). Other authors^(9,27) found better feed intake efficiency at 0.45 % Pd than at lower levels.

In Table 5 a two percentage points improvement ($P<0.05$) in egg production and of 1.5 g d⁻¹ in egg mass at the 0.30 % Pd level when compared to the 0.15 %, from 20 to 72 wk of age. These results are similar to those found by other authors^(9,29). Besides, this increase in egg production is higher if the lower Pd level were 0.10 %, where practically no inorganic phosphorous is added to diets^(23,25), and in some cases treatments with the lower Pd level had to be stopped due to decrease in egg production, mortality and increased in cage layer fatigue^(24,27,28).

Increases in egg mass ($P<0.05$) due to Pd level effect is due to a greater egg production, as no significant differences were found for egg weight. An increase in egg mass has been found when dietary Pd is increased^(8,19,28). However, more evidence is needed for egg weight modification due to Ap level, since in some cases it does not change^(9,19) as in the present results, in others increases⁽²⁹⁾ or decreases⁽⁸⁾ in answer to increases in Pd level.

Calcium*available phosphorous interaction was significant ($P<0.05$) for feed intake and egg mass (Figure 1). At the highest Ca level (5.2 %) and lowest Pd (0.15 %, 34:1 ratio) feed intake decreased (96.7 vs 99.1 g) and egg mass decreased too (48.7 vs 51.5 g) than at the 0.3 % Pd level. Likewise, Hernandez *et al*⁽²⁵⁾ found an interaction between calcium and phosphorous levels, decreasing egg production and feed intake and increasing mortality

La interacción del nivel de calcio y fósforo disponible fue significativa ($P<0.05$) para consumo de alimento y masa de huevo (Figura 1). Con el nivel más alto de Ca (5.2 %) y más bajo de Pd (0.15%, relación 34:1) disminuyó el consumo de alimento (96.7 vs 99.1 g) y la masa de huevo (48.7 vs 51.5 g) que con 0.3 % de Pd y el mismo nivel de calcio. De igual manera Hernández *et al.*⁽²⁵⁾ encontraron interacción del nivel de calcio y fósforo, disminuyendo la producción de huevo y consumo de alimento, con aumento en la mortalidad con el nivel más bajo de fósforo total (0.32 %) y más alto de calcio (4.5 %), lo cual se corrigió al aumentar el nivel de fósforo en la dieta.

Por lo anterior, y de acuerdo con lo reportado por Bar *et al.*⁽²⁾ con niveles arriba de 4.2 % de calcio se debe incrementar también el nivel de fósforo. Con la dieta baja en Ca (3.2 %) las gallinas consumieron más alimento, como mecanismo de regulación para aumentar el consumo de calcio, sólo hasta 0.2% fósforo disponible (relación 15:1); con niveles mayores de Pd no se observó modificación en el consumo de alimento.

El análisis económico se resume en el Cuadro 6; sólo se presentan los efectos principales, ya que la interacción no fue significativa. Se puede observar que conforme se incrementa el nivel de fósforo

at the lowest total phosphorous level (0.32 %) and highest calcium level (4.5 %); these negative effects disappeared when dietary phosphorous was increased.

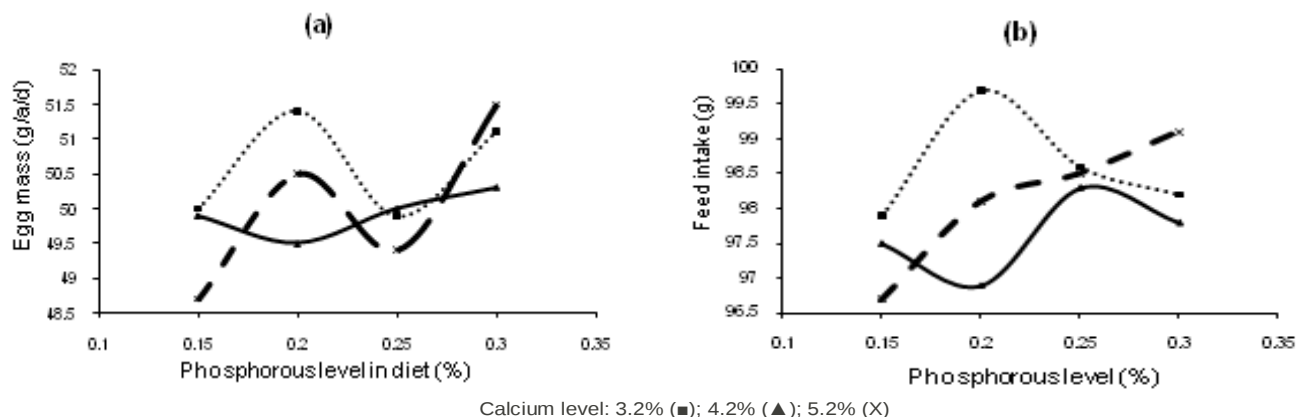
Due to the above, and in accordance with what is reported by Bar *et al.*⁽²⁾ at calcium levels higher than 4.2 %, the phosphorous level should be increased too. With diets low in calcium (3.2 %) hens increased their feed intake, as a regulating mechanism for increasing calcium intake, but only up to a 0.2 % Pd level (15:1 ratio), at higher available phosphorous levels no changes in feed intake were observed.

The economic analysis is summarized in Table 6, where only the principal effects are shown, since the interaction was not significant. It can be observed that as the Pd level increases, feed costs increase too ($P<0.05$) due to the fact that phosphorous is expensive, being the third more costly, after energy and protein⁽¹⁰⁾, and also because phosphoric acid is used for manufacturing phosphates and as its price is strongly linked to the petrochemical industry, it shows an upward trend⁽²⁶⁾. However its effect is diluted when feeding costs are added to fixed costs.

On the other hand, at the highest Pd level (0.30 %), which is also the most expensive, feed conversion improves (Table 5), allowing to obtain 1.8, 0.5 and 2.6 % greater profits than at 0.15, 0.20 and

Figura 1. Interacción del nivel de calcio y fósforo disponible en la (a) masa de huevo y (b) consumo de alimento de gallinas Leghorn Blanca en el primer ciclo de producción (20 a 72 semanas de edad)

Figure 1. Calcium and available phosphorous Interaction in (a) egg mass and (b) feed intake in first-cycle White Leghorn hens (20 to 72 wk of age)



disponible, los costos de alimentación aumentan ($P<0.05$), debido a que el fósforo es un nutrimento caro, es de hecho el tercer nutrimento más caro, sólo superado por la energía y la proteína⁽¹⁰⁾, y debido a que el ácido fosfórico es un ingrediente que se usa en la elaboración de los fosfatos, y como su precio está muy ligado a la industria petroquímica, la tendencia del precio es a la alza⁽²⁶⁾. Sin embargo, al integrar el costo de alimentación con los costos fijos el efecto se diluye.

Por otra parte, con el nivel más alto de Pd (0.30 %) que es el más costoso, la CA es mejor (Cuadro 5), lo que permite obtener 1.8, 0.5 y 2.6 % más utilidad que con 0.15, 0.20 y 0.25 %, respectivamente. Quizá por ello las recomendaciones de las casas comerciales para Pd siguen altas (0.4%)⁽⁸⁾, pero el uso de esos niveles pueden significar un consumo excesivo del mineral, lo que incrementa los costos de producción y la contaminación al ambiente por una mayor

0.25 % Pd levels, respectively. Maybe because of that, recommendations of commercial enterprises for Pd continue being high (0.4 %)⁽⁸⁾, but using these levels could mean a high consumption of this mineral, increasing production costs and also contributing to pollute the environment. Besides, as markets are dynamic by nature, the optimal available phosphorous level could vary in function of both egg price and phosphorous sources.

Feeding costs did not suffer changes due to calcium content, that can be attributed to the low cost of calcium sources⁽⁷⁾; however, its indirect effect on costs should be evaluated, taking into account the additional amount of fats or oils added to diets, because at high calcium levels, energy in diets is diluted.

CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS

A 0.15 % available phosphorous level in diets is not enough for first-cycle hens, because it causes

Cuadro 6. Análisis económico en gallinas de 20 a 72 semanas de edad con niveles de calcio y fósforo disponible en la dieta (\$ mexicanos gallina⁻¹)

Table 6. Economic analysis for 20 to 72 wk old hens at different calcium and available phosphorous levels in diets (Mexican pesos hen⁻¹)

Calcium (%)	Available phosphorous (%)	Fixed costs [†]	Feed cost [‡]	Total cost	Income [§]	Profit	
						\$	%
3.2		51.6	93.2	144.8	162.6	17.7	12.2
4.2		51.6	92.6	144.2	160.5	16.2	11.2
5.2		51.6	93.4	145.0	160.7	15.7	10.8
SEM			0.33	0.33	1.10	0.96	0.66
	0.15	51.6	91.9 ^b	143.5	159.2	15.7	10.9
	0.20	51.6	93.0 ^{ab}	144.6	162.2	17.6	12.2
	0.25	51.6	93.6 ^{ab}	145.2	159.9	14.7	10.1
	0.30	51.6	93.8 ^a	145.5	163.8	18.4	12.7
	SEM		0.38	0.38	1.27	1.11	0.77

[†] Fixed costs include: \$22.0 hen replacement, \$14.8 packaging y \$14.8 water, electricity, maintenance, labor, depreciation and drugs and medicines. Indirect costs were not taken into account (Insurance, freight, commissions, entertainment allowances) that together can add up to 10 % (Unión Nacional de Avicultores, 2005).

[‡] Is equal to the product of multiplying the total amount of feed intake in kilograms accumulated between wk 20 and 72 by the cost of each diet.

[§] Corresponds to the product between total egg mass (20-72 wk) by the egg sale price (\$8.50).

SEM = standard error of the mean.

^{abc} Indicate differences ($P<0.01$) due to period effect, ($P<0.05$) due to calcium level and, ($P<0.05$) due to available phosphorous level in diet.

eliminación. Además como los mercados son dinámicos, el nivel óptimo económico de fósforo disponible puede variar en función del precio del huevo y de las fuentes de fósforo⁽⁸⁾.

Con el nivel de calcio no cambió el costo de alimentación, lo que se atribuye a que las fuentes de calcio son baratas⁽⁷⁾, sin embargo, se debe evaluar el efecto indirecto en costo, considerando la cantidad adicional de grasa o aceite que se adiciona a la dieta, ya que con niveles altos de calcio se diluye la energía de la dieta.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

El nivel de 0.15 % de fósforo disponible no es suficiente para gallinas de primer ciclo, pues ocasiona menor porcentaje de postura y masa de huevo debido a un menor consumo de alimento. El nivel de calcio sugerido por el NRC (1994)⁽⁴⁾ permite obtener una producción de huevo aceptable, pero para lograr mejor calidad del cascarón se debe adicionar cuando menos 4.2 % de calcio e incrementar proporcionalmente el nivel de fósforo disponible en la dieta. Con 0.30 % de fósforo disponible se obtiene una mejor conversión alimenticia y producción de huevo, a pesar de un mayor costo de alimentación, se incrementan las utilidades.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), proyecto 38286-B.

LITERATURA CITADA

1. Clunies M, Leeson S, Parks D. Calcium and phosphorus metabolism and eggshell formation of hens fed different amounts of calcium. *Poult Sci* 1992;(71):482-489.
2. Bar A, Razaphkovsky V, Vax E. Re-evaluation of calcium and phosphorus requirements in aged laying hens. *Br Poult Sci* 2002;(43):261-269.
3. Roush WB, Mylet M, Rosenberger JL, Derr J. Investigation of calcium and available phosphorus requirements for laying hens by response surface methodology. *Poult Sci* 1986;(65):964-970.

lower egg production percentage and egg mass due to a lower feed intake. The calcium level suggested by the NRC (1994)⁽⁴⁾ allows obtaining an acceptable egg production, but in order to obtain a better eggshell quality, at least 4.2 % of calcium should be added and the dietary available phosphorous level should be increased proportionately. At 0.30 % available phosphorous a better feed conversion is obtained and egg production too, and even with greater feeding costs, profits raise.

ACKNOWLEDGMENTS

The present study was funded through CONACYT Project 38286-B

End of english version

4. NRC. National Research Council. The nutrient requirements of poultry. 9th edition. Washington, DC, USA: National Academy Press; 1994.
5. Keshavarz K, Nakajima S. Re-evaluation of calcium phosphorus requirements of laying hens for optimum performance and eggshell quality. *Poult Sci* 1993;(72):144-153.
6. Roland DA Sr, Bryant MM, Rabon HW. Influence of calcium and environmental temperature on performance of first-cycle (Phase 1) commercial Leghorns. *Poult Sci* 1996;(75):62-68.
7. Castillo C, Cuca M, Pro A, González M, Morales E. Biological and economic optimum level of calcium in white Leghorn laying hens. *Poult Sci* 2004;(83):868-872.
8. Sohail SS, Roland DA Sr. Influence of dietary phosphorus on performance of Hy-Line W36 hens. *Poult Sci* 2002;(81):75-83.
9. 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.
10. Roland DA Sr, Gordon RW. Phosphorus and calcium optimization in laying diets with phytase. In: BASF- Technical Symposium Phytase in Animal Nutrition and Waste Management, Atlanta, GA. BASF Corporation, Mt. Olive, NJ. 1996:305-315.
11. Anónimo. Guía de manejo de Hy-line variedad W-36. Hy line International. P.O. Box, Iowa, USA. 2008.
12. Anderson KE, Tharrington JB, Curtis PA, Jones FT. Shell characteristics of eggs from historic strains of single comb white Leghorn chickens and the relationships of egg shape to shell strength. *Int J Poult Sci* 2004;3(1):7-19.
13. AOAC. Official methods of analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists Inc., Arlington. Va. USA. 1990.
14. Steel RGD, Torrie JH, Dickey DA. Principles and procedures of statistics a biometrical approach. 3th. ed. McGraw-Hill. 1997.

15. Hamilton RMG. Methods and factors that affect the measurement of egg shell quality. *Poult Sci* 1982;(61):2022-2039.
16. SAS Institute. Statistical Analysis System. The SAS system for Windows release 8.0. USA; 1999.
17. UNA. Compendio de Indicadores Económicos del Sector Avícola 2005. Unión Nacional de Avicultores. México. 2005.
18. Monke E, Pearson SR. The policy analysis matrix for agricultural development. Ithaca and London: Cornell University Press; 1989.
19. Gordon RW, Roland DA Sr. Influence of supplemental phytase on calcium and phosphorus utilization in laying hens. *Poult Sci* 1998;(77):290-294.
20. Frost TJ, Roland DA. The influence of various calcium and phosphorus levels on tibia strength and eggshell quality of pullets during peak production. *Poult Sci* 1991;(70):963-969.
21. Ahmad HA, Yadalam SS, Roland DA Sr. Calcium requirements of bovans hens. *Int J Poult Sci* 2003;2(6):417-420.
22. Al-Batshan HA, Sheideler SE, Black BL, Garlich JD, Anderson KE. Duodenal calcium uptake, femur ash and eggshell quality decline with age and increase following molt. *Poult Sci* 1994;(73):1590-1593.
23. Bar A, Hurwitz S. Egg shell quality, medullar bone ash, intestinal calcium and phosphorus absorption and calcium-binding protein in phosphorus deficient diets. *Poult Sci* 1984;(63):1975-1979.
24. Boling SD, Douglas MW, Johnson ML, Wang X, Parsons CM, Koelkebeck K W, Zimmerman RA. The effect of dietary available phosphorus levels and phytase on performance of young and older laying hens. *Poult Sci* 2000;(79):224-230.
25. Hernández-Sánchez J, Cuca-García M, Pró-Martínez A, González-Alcorta M, Becerril-Pérez C. Nivel óptimo biológico y económico de calcio en gallinas Leghorn blancas de segundo ciclo de postura. *Agrociencia* 2006;(40):49-57.
26. Hartel H. Evaluation of the dietary interaction of calcium and phosphorus in the high producing laying hen. *Br Poult Sci* 1990;(31):473-494.
27. Said NW, Sullivan TW, Sunde ML, Bird HR. Effect of dietary phosphorous level and source on productive performance and egg quality of two commercial strain of laying hens. *Poult Sci* 1984;(63):2007-2019.
28. Boling SD, Douglas MW, Shirley RB, Parsons CM, Koelkebeck KW. The effects of various dietary levels of phytase and available phosphorus on performance of laying hens. *Poult Sci* 2000;(79):535-538.
29. Snow JL, Rafaez KA, Utterback PL, Utterback CW, Leeper RW, Parsons CM. Hy-line W-36 and W-98 laying hens respond similarly to dietary phosphorus levels. *Poult Sci* 2005;(84):757-763.