



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRICOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENETICOS Y PRODUCTIVIDAD

GANADERIA

**DIFERENTES CONCENTRACIONES DE ENERGÍA Y CALCIO,
Y UTILIZACIÓN DE ACEITE ACIDIFICADO DE SOYA EN LA
DIETA DE GALLINAS EN POSTURA**

DAVID JESÚS CHAN DÍAZ

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO.

2007

La presente tesis titulada: **DIFERENTES CONCENTRACIONES DE ENERGÍA Y CALCIO, Y UTILIZACIÓN DE ACEITE ACIDIFICADO DE SOYA EN LA DIETA DE GALLINAS EN POSTURA**, realizada por el alumno: **DAVID JESÚS CHAN DÍAZ**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

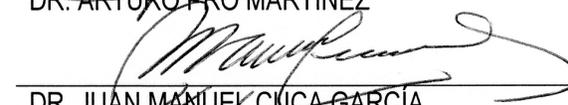
GANADERÍA

CONSEJO PARTICULAR

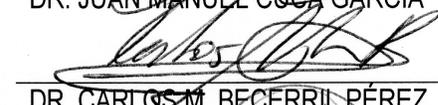
CONSEJERO


DR. ARTURO PRO MARTÍNEZ

ASESOR


DR. JUAN MANUEL CUCA GARCÍA

ASESOR


DR. CARLOS M. BECERRIL PÉREZ

ASESOR


DR. JAIME GALLEGOS SÁNCHEZ

ASESOR


DR. ELISEO SOSA MONTES

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Octubre de 2007.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por apoyar la ciencia en México y permitir la conclusión de mis estudios de maestría.

Al Colegio de Postgraduados y al programa de ganadería por brindarme la oportunidad de obtener el grado de maestro en ciencias.

Al Doctor Arturo Pro Martínez por sus valiosos consejos, su apoyo en mi formación profesional y personal, y sobre todo por su amistad a lo largo de estos años.

Al Doctor Manuel Cuca García, por el apoyo brindado en la realización de esta tesis y por sus enseñanzas.

A los Doctores Carlos M. Becerril Pérez, Jaime Gallegos Sánchez, Eliseo Sosa Montes y Omar Hernández Mendo, por su contribución y asesoría en la realización de la presente investigación.

DEDICATORIA

A mis padres: Florencio Chan Ventura y Rosario del Socorro Díaz Ek, por la confianza han depositado en mi y su cariño incondicional.

A mis hermanos: Wilberth y Candelaria, por los maravillosos momentos que hemos compartido.

A mi familia: Coyol y Ameyali por su amor, apoyo y comprensión.

A toda la familia Chan Ventura y a la familia Díaz Ek.

A las familias Villaseca Lara y Cruz Céspedes de Atlatongo, Teotihuacan.

A todos mis amigos del Colegio de Postgraduados y de la Universidad Autónoma Chapingo, los cuales no alcanzaría a mencionar en esta hoja.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN GENERAL	1
CAPÍTULO I. DIFERENTES CONCENTRACIONES DE ENERGÍA Y CALCIO EN LA DIETA DE GALLINAS, PARA AUMENTAR EL PESO DEL HUEVO AL INICIO DE LA POSTURA	4
RESUMEN.....	5
ABSTRACT.....	6
1.1 INTRODUCCIÓN.....	7
1.2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
1.3 RESULTADOS.....	12
1.4 DISCUSIÓN.....	18
1.5 CONCLUSIONES.....	21
1.6 LITERATURA CITADA.....	22
CAPÍTULO II. ACEITE DE SOYA ACIDIFICADO Y SU EFECTO EN LAS VARIABLES PRODUCTIVAS DE GALLINAS EN PRODUCCIÓN	24
RESUMEN.....	25
ABSTRACT.....	26
2.1 INTRODUCCIÓN.....	27
2.2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
2.3 RESULTADOS.....	33
2.4 DISCUSIÓN.....	35
2.5 CONCLUSIONES.....	38
2.6 LITERATURA CITADA.....	39
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES	41
LITERATURA GENERAL CONSULTADA	42

INTRODUCCIÓN GENERAL

La mejora genética en gallinas ponedoras se ha enfocado a aumentar la eficiencia de producción (Jones *et al.* 2001). Para mantener la alta eficiencia, las gallinas tienen necesidades nutrimentales mayores, por lo que el alimento que reciban debe ser de buena calidad y contener la cantidad de nutrimentos adecuada a sus necesidades (Emmans y Kyriazakis 2000). En México, el sorgo es el grano más utilizado, como fuente de energía para la fabricación de alimentos; sin embargo, su precio se ha incrementado recientemente como consecuencia de la alza en el precio del maíz, aumentando así los costos de producción en la industria avícola (El financiero, 2007). El uso de grasas, aceites o sus mezclas en el alimento es importante para cubrir las necesidades de energía tan altas que tienen las aves, y así reducir las cantidades de sorgo que llegan a representar el 60% o más del total de la dieta. En los últimos 40 años se ha reconocido a los aceites, grasas o las mezclas de éstos como valiosos ingredientes, por su alto contenido de energía, lo que permite mayor flexibilidad al formular el alimento, porque tiene más energía en menos peso que los cereales, mejoran las características físicas del alimento y son fuentes de ácido linoleico, ácido graso esencial para las aves (Miles y Butcher 2005). Sin embargo, los aceites son ingredientes caros (Miles y Butcher 2005; Pardío *et al.* 2005), una alternativa por su precio más bajo son los subproductos del proceso de refinación de los aceites, llamados jabonaduras, los cuales se obtienen a través de la neutralización alcalina del aceite crudo, son una mezcla de jabones, aceite neutro, agua, esteroides, pigmentos y otros constituyentes. Éste producto es inestable, por lo que se le da un tratamiento con ácido sulfúrico y es convertido en aceite acidificado (Lipstein *et al.* 1965; Baiao y Lara 2005; Pardío *et al.* 2005). Las diferencias del aceite acidificado de soya con respecto al aceite crudo de soya son su alto contenido de ácidos

grasos libres (50% o más), material no saponificable (2%), la presencia de compuestos de oxidación y altas cantidades de carotenoides (910 mg kg⁻¹) y fosfolípidos (12.6%) (Lipstein *et al.* 1965; Pardío *et al.* 2001), éstos compuestos reducen su valor de energía metabolizable (EM) entre 5 y 10% en relación al aceite crudo (Narciso 2002; Baiao y Lara 2005) y este problema se acentúa más cuando se utiliza en aves jóvenes (Wiseman *et al.* 1998). Numerosos estudios se han realizado para evaluar el efecto del incremento de la concentración de energía metabolizable, a partir de la adición de grasas y aceites en la dieta de las gallinas para aumentar el peso del huevo, sobre todo al inicio del ciclo de la postura. En estudios realizados por Sell *et al.* (1987), Harms *et al.* (2000b), Wu *et al.* (2005) y Wu *et al.* (2007) se ha encontrado una respuesta positiva en el peso del huevo cuando se incrementa el nivel de EM en la dieta mediante la adición de grasas o aceites o la mezcla de éstos, pero la desventaja de aumentar el peso del huevo, es que se reduce el número de huevos producidos (Keshavarz y Nakajima 1995; Keshavarz 1995), debido a que los huevos son de mayor tamaño y tardan más tiempo en formarse (Cooper 2007). Las necesidades de calcio en las gallinas de postura han aumentado a través del tiempo, debido al incremento en el tamaño del huevo (Emmans y Kyriazakis 2000). Sin embargo, hay contradicciones acerca de incrementar la concentración de calcio en la dieta, algunos autores indican que aumentar el calcio reduce el peso del huevo (Ousterhout 1980; Harms *et al.* 2000a). Otros indican, que no se afecta el peso del huevo; sin embargo, se mejora la producción y el grosor del cascarón (Harms y Waldroup 1971; Ahmad *et al.* 2003; Valdés 2007). Por lo tanto, es justificable en gallinas ponedoras evaluar combinaciones de EM y calcio con la finalidad de mejorar ambas características.

Dados estos antecedentes se plantearon dos experimentos:

En el primero se evaluaron dos concentraciones de energía, 2.75 y 2.90 Mcal de EM kg⁻¹ de alimento y dos de calcio, 3.6 y 4.6%, con el objetivo de incrementar el peso del huevo de gallinas al inicio de postura (20 a 28 semanas de edad).

En el segundo experimento se evaluó la sustitución del aceite de soya crudo por el aceite acidificado de soya y su efecto en las características productivas de gallinas de 46 a 54 semanas de edad y en el costo de producción por concepto de alimentación. Además, se evaluaron dos concentraciones de energía, 2.70 y 2.85 Mcal de EM kg⁻¹ de alimento y dos de calcio, 3.6 y 4.6%.

CAPITULO I

(EXPERIMENTO 1)

DIFERENTES CONCENTRACIONES DE ENERGÍA Y CALCIO EN LA DIETA DE GALLINAS, PARA AUMENTAR EL PESO DEL HUEVO AL INICIO DE LA POSTURA

DIFFERENT CONCENTRATIONS OF ENERGY AND CALCIUM IN THE DIET OF LAYING HENS, TO INCREASE THE EGG WEIGHT AT ONSET OF LAYING

(Artículo con formato de la Revista Universidad y Ciencia)

DIFERENTES CONCENTRACIONES DE ENERGÍA Y CALCIO EN LA DIETA DE GALLINAS, PARA AUMENTAR EL PESO DEL HUEVO AL INICIO DE LA POSTURA.

David Jesús Chan Díaz, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2007.

Con el objetivo de incrementar el peso del huevo (PH) en gallinas al inicio de la postura se realizó un experimento con 60 gallinas Leghorn Hy-Line W-36 de 20 semanas de edad, distribuidas al azar en cuatro tratamientos con arreglo factorial 2 x 2, los factores fueron: dos concentraciones de energía 2.75 y 2.9 Mcal de EM kg⁻¹ alimento y dos de calcio 3.6 y 4.6%, cada tratamiento se ofreció a 15 repeticiones. Las características estudiadas fueron: producción de huevo (PDH), masa de huevo (MH), consumo de alimento (CDA) y conversión alimenticia (CA) medidas semanalmente, el peso del huevo se registró diariamente durante ocho semanas, la eficiencia energética (EFE) se calculó al final del experimento. Los datos se analizaron con el procedimiento MIXED de SAS, excepto para EFE, la cual se analizó con el procedimiento GLM. Las diferencias entre medias de tratamientos se separaron con la prueba de Tukey. La interacción energía x calcio fue significativa ($p \leq 0.001$) para PH (54.4 g vs 53.4, 51.5 y 52.6 g) y MH (47.3 g vs 45.3, 45.5 y 46.4 g) con la combinación 2.9-4.6% EM-Ca vs las combinaciones 2.9-3.6, 2.75-4.6 y 2.75-3.6, respectivamente. El aumento en la concentración de energía redujo el CDA (106 vs 96.7 g), la PDH (87.7 vs 85.2%) y mejoró la CA (2.0 vs 1.8 kg de alimento / kg de huevo). La concentración de calcio no afectó ninguna de las características estudiadas. En conclusión, la combinación de 2.9 Mcal de EM kg⁻¹ de alimento y 4.6% de calcio en la dieta de gallinas en inicio de postura (20 a 28 semanas de edad) incrementa el peso del huevo y la masa de huevo.

Palabras clave: Energía metabolizable, calcio, peso del huevo, inicio de postura

DIFFERENT CONCENTRATIONS OF ENERGY AND CALCIUM IN THE DIET OF LAYING HENS, TO INCREASE THE EGG WEIGHT AT ONSET OF LAYING.

David Jesús Chan Díaz, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2007.

To increase egg weight (EW) in laying hens at onset of laying, an experiment was carried out with 60 laying hens Leghorn Hy-Line W-36 twenty weeks old. Birds were randomly divided into four treatments. A 2 x 2 factorial arrangement was used. This included two metabolizable energy (ME) concentrations 2.75 and 2.9 Mcal of ME kg⁻¹ of diet and two levels of calcium 3.6 and 4.6%, each treatment were offered to 15 replicates. The performance traits Egg production (EP), feed intake (FI), egg mass (EM) and feed conversion (FC) were measured at weekly intervals, and egg weight (EW) daily for eight weeks, at the end of the experiment the energetic efficiency was calculated. Data were analyzed by PROC MIXED procedures of SAS except for energetic efficiency that was analyzed by GLM. Differences in treatments were detected using Tukey's test. The interaction energy x calcium was significant ($p \leq 0.001$) for EW (54.4 g vs 53.4, 51.5 y 52.6 g) and EM (47.3 g vs 45.3, 45.5 y 46.4 g) with the combination 2.9-4.6% ME-Ca vs the combinations 2.9-3.6, 2.75-4.6 y 2.75-3.6, respectively. The level of energy of 2.9 Mcal reduced FI and EP and improved FC. The levels of calcium did not affect any trait. It can be concluded that, 2.9 Mcal of ME kg⁻¹ of diet and 4.6 % of calcium improved the egg weight and egg mass in laying hens at 20 – 28 weeks age.

Key words: Metabolizable energy, calcium, egg weight, onset of laying.

1.1 INTRODUCCIÓN

La mejora genética en gallinas ponedoras se ha enfocado a aumentar la eficiencia de producción, por lo que se ha reducido la edad a la cual se alcanza el 50% de la producción, los huevos son más grandes, lo que a su vez incrementa la masa de huevo y también el consumo de alimento (Jones *et al.* 2001). Sin embargo, al inicio de la postura las aves ponen huevos pequeños de un peso de 52 g en promedio a las 22 semanas de edad, 31% de la producción pesa menos de 50 g, 46% entre 50 y 55 g, 20.5% entre 55 y 60 g, y 2.5% entre 60 y 65 g (Shalev y Pasternak 1993). El peso del huevo depende de varios factores entre los que se encuentran: la línea genética de la gallina, la edad a la cual inicia la postura, el peso corporal de las pollitas, las condiciones ambientales y la nutrición (Cooper 2007). Numerosos estudios se han realizado para evaluar el efecto del aumento en la concentración de energía metabolizable en la dieta de las gallinas al inicio del ciclo de postura, para aumentar el peso del huevo. Los resultados han sido variables, así Sell *et al.* (1987); Harms *et al.* (2000b); Wu *et al.* (2005) y Wu *et al.* (2007) han encontrado una respuesta positiva en el peso del huevo cuando se incrementa el nivel de EM en la dieta mediante la adición de grasas o aceites o la mezcla de éstos. Otros autores indican que el incremento en el peso del huevo se debe a la adición de grasas o aceites como tal y no al incremento en la concentración de EM (Whitehead 1981; Keshavarz y Nakajima 1995; Keshavarz 1995; Grobas *et al.* 1999); así como también hay reportes que no han encontrado efectos en el peso del huevo al adicionar grasa en la dieta (Atteh y Leeson 1984). La desventaja de aumentar el peso del huevo, es que se reduce la producción (Keshavarz y Nakajima 1995; Keshavarz 1995) debido a que los huevos son de mayor tamaño y tardan más tiempo en formarse (Cooper 2007), lo que puede causar reducción en las utilidades de la empresa avícola. Las necesidades de calcio en las gallinas en postura han aumentado a través del tiempo, debido al incremento en

el tamaño del huevo (Emmans y Kyriazakis 2000). Diferentes autores señalan que las necesidades de calcio para gallinas en postura varían según los criterios que se emplean para determinar esas necesidades, por lo que éstas dependerán del criterio seleccionado (Castillo *et al.* 2004). Sin embargo, hay contradicciones acerca de incrementar la concentración de calcio en la dieta, algunos autores indican que aumentar el nivel de calcio reduce el peso del huevo (Ousterhout 1980; Harms *et al.* 2000a). Otros indican, que aumentar la concentración de Ca en la dieta de las gallinas, no afecta el peso del huevo; sin embargo, mejora la producción y el grosor del cascarón (Harms y Waldroup 1971; Ahmad *et al.* 2003; Valdés 2007). La información acerca de una posible interacción entre EM x Ca es escasa. En un estudio realizado por Atteh y Leeson (1984) no encontraron efectos en el peso del huevo al evaluar diferentes concentraciones de grasa y calcio en la dieta de gallinas. Contrariamente, Harms *et al.* (2000a) mencionaron que la adición de 3% de aceite de maíz y el incremento de calcio de 2.9 a 3.9% en el alimento de las gallinas, reduce el peso del huevo. Los antecedentes mencionados, indican que la adición de EM mejora el tamaño del huevo pero la producción se reduce y que la adición de calcio a la dieta, mejora esta última; por lo tanto, parece justificable evaluar combinaciones de EM y calcio que mejoren ambas características al inicio de la postura. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de dos concentraciones de energía, 2.75 y 2.9 Mcal de EM kg⁻¹ de alimento y dos de calcio, 4.6 y 3.6%, en el peso del huevo de gallinas al inicio de postura (20 a 28 semanas de edad).

1.2 MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El experimento se llevó a cabo en el módulo de producción avícola del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México. Se utilizaron 60 gallinas Leghorn de la línea Hy-Line W-36, de 20 semanas de edad, alojadas en jaulas individuales de 50 x 20 x 40 cm.

Diseño experimental y análisis de los datos

Se utilizó un diseño completamente al azar con mediciones repetidas y arreglo factorial 2 x 2; cada tratamiento se ofreció a 15 repeticiones de una gallina cada uno. Los factores evaluados fueron dos concentraciones de energía 2.75 y 2.9 Mcal de EM Kg⁻¹ de alimento y dos concentraciones de calcio 3.6 y 4.6%, el período experimental fue de ocho semanas. Se midió diariamente el peso del huevo (PH) y la producción de huevo (PDH). El consumo de alimento (CDA) se estimó semanalmente, la masa de huevo (MH) y la conversión alimenticia (CA) se calcularon del PH, PDH y CDA. La eficiencia energética (EFE) se calculó por la relación entre la masa de huevo (g) y el consumo de alimento promedio, al final del periodo experimental, los datos se expresaron en kilocalorías necesarias para producir 1 g de huevo.

El modelo estadístico utilizado fue:

$$y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + R_{(ij)} + P_k + AP_{ik} + BP_{jk} + ABP_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = variable de respuesta correspondiente a la i-ésima concentración de energía, de la j-ésima concentración de calcio, en el k-ésimo período de la l-ésima repetición; μ = constante que caracteriza a la población; A_i = efecto fijo de la i-ésima concentración de energía, $i = 1, 2$; B_j =

efecto fijo de la j-ésima concentración de calcio, $j = 1, 2$; AB_{ij} = efecto fijo de la interacción de la concentración de energía x calcio en la dieta; $R_{l(ij)}$ = efecto aleatorio de la gallina dentro de la interacción energía por calcio en la dieta, $l = 1, 2, \dots, 15 \sim \text{IDN}(0, \sigma_a^2)$; P_k = efecto del k-ésimo período, $k = 1, 2, \dots, 8$; AP_{ik} = efecto fijo de la interacción energía en la dieta por el período; BP_{jk} = efecto fijo de la interacción calcio en la dieta por período; ABP_{ijk} = efecto fijo de la interacción de la concentración de energía x calcio x período; ϵ_{ijkl} = error experimental $\sim \text{IDN}(0, \sigma_e^2)$. Los datos se analizaron con el procedimiento Mixed (SAS Institute 2000) los resultados de producción de huevo expresados en porcentaje, fueron transformados previamente a la función arco-seno (Steel *et al.* 1988) para su análisis. Las diferencias entre medias de tratamientos encontradas en el análisis de varianza, fueron comparadas mediante la prueba de Tukey.

Dietas experimentales y manejo

La composición de las dietas experimentales se muestra en el Cuadro 1, a las dietas más altas en energía se les aumentó en 10% la concentración de nutrientes, excepto la concentración de calcio, por que se esperaba una reducción en el consumo de alimento y así tratar de que las aves consuman una misma cantidad de los demás nutrientes. El alimento y el agua se ofrecieron *ad libitum*, las aves recibieron iluminación artificial para completar 16 h de luz y 8 h de oscuridad diariamente durante el período experimental. Las dietas se formularon de acuerdo a los requerimientos para gallinas en la primera etapa de postura (18-32 semanas de edad) sugeridos por Leeson y Summers (2005), en las dietas con menos concentración de calcio se utilizó arena para sustituir la cantidad de carbonato de calcio.

Cuadro 1. Composición de las dietas experimentales (%)

Ingrediente	EM (Mcal kg ⁻¹) – Calcio (%)			
	2.75 - 3.6	2.75 - 4.6	2.9 - 3.6	2.9 - 4.6
Sorgo molido	60.77	60.60	51.28	49.93
Pasta de soya	23.50	23.61	29.39	30.08
Carbonato de calcio (38%)	8.43	11.06	8.13	10.75
Aceite de soya	2.40	2.40	6.00	6.20
Arena	2.57	0.00	2.18	0.00
Fosfato dicálcico	1.62	1.62	2.17	2.18
Sal	0.27	0.27	0.38	0.38
Premezcla ¹	0.25	0.25	0.25	0.25
DL-Metionina (99%)	0.18	0.18	0.21	0.22
Pigmento (11 g kg ⁻¹)	0.01	0.01	0.01	0.01
Total	100	100	100	100
Análisis calculado				
Energía metabolizable (Mcal/kg)	2.75	2.75	2.90	2.90
Proteína cruda (%)	16.00	16.00	18.00	18.00
Calcio (%)	3.60	4.60	3.60	4.60
Fósforo disponible (%)	0.40	0.40	0.45	0.45
Metionina + Cistina (%)	0.68	0.68	0.75	0.75
Lisina (%)	0.89	0.89	0.98	0.98
Triptofano (%)	0.20	0.20	0.23	0.23
Treonina (%)	0.62	0.62	0.69	0.69
Arginina (%)	1.04	1.04	1.22	1.22
Ácido linoleico (%)	1.98	1.98	3.83	3.83
Sodio (%)	0.16	0.16	0.18	0.18

¹La premezcla de vitaminas y minerales aportó por kg de alimento: 12000 UI de vitamina A, 2400 UI de vitamina D₃, 133 mg de vitamina E, 30 mg de vitamina K₃, 12 mg de vitamina B₁, 60 mg de vitamina B₂, 24 mg de vitamina B₆, 0.25 mg de biotina, 500 mg de colina, 190 mg de etoxiquina, 80 mg de Mn, 50 mg de Zn, 10 mg de Cu, 2 mg de Fe, 0.3 mg de Se.

1.3 RESULTADOS

Peso del huevo (PH)

Las interacciones energía x semana y energía x calcio fueron significativas ($p \leq 0.001$) para PH. El nivel de calcio no tuvo efectos ($p \geq 0.05$) en el PH, pero el nivel de EM sí, al aumentar de 2.75 a 2.9 Mcal la EM en la dieta, las gallinas pusieron huevos más pesados (Cuadro 2). En la Figura 1a, se aprecia que, al aumentar la concentración de EM en la dieta de las gallinas, el PH empezó a incrementarse a partir de la segunda semana. El peso medio más alto (54.4 g) se obtuvo con la combinación 2.90 Mcal de EM - 4.6% de Ca y el peso más bajo, 51.5 g, con la combinación 2.75 - 4.6 (Figura 1b).

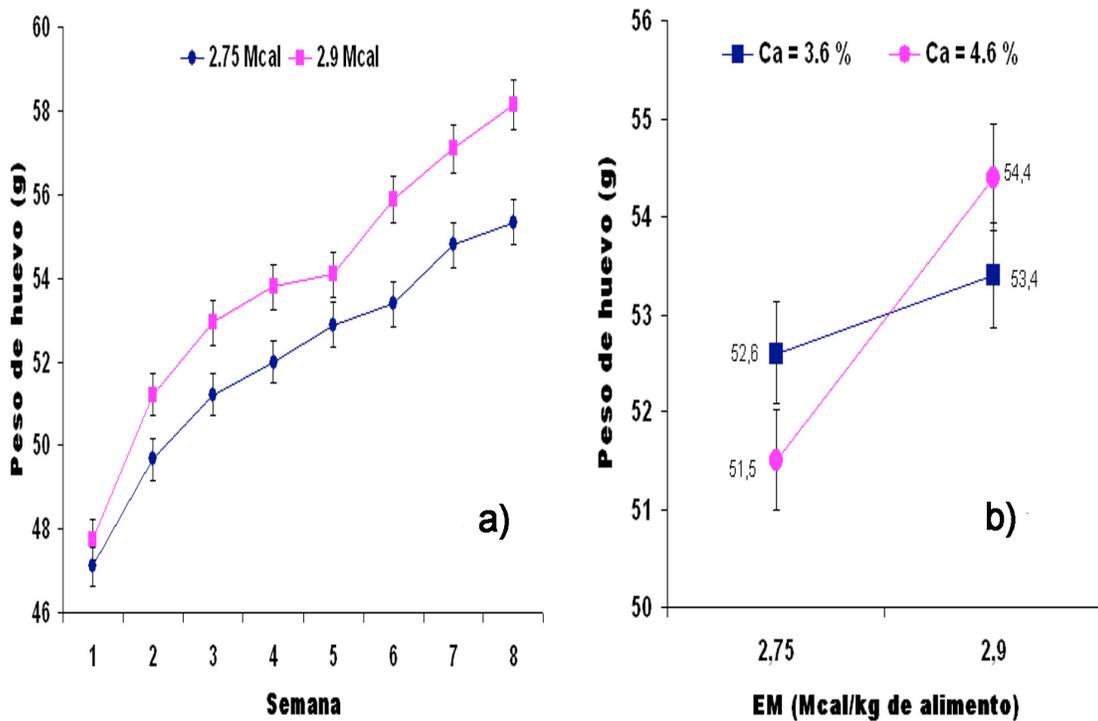


Figura 1. Interacción energía x semana (a) y energía x calcio (b) en el peso del huevo de gallinas al inicio de la postura (20-28 semanas de edad).

Cuadro 2. Medias ajustadas de las características productivas de gallinas al inicio de postura (20 a 28 semanas de edad)

Factor	PH	PDH	MH	CDA	CA	EFE**
Energía (Mcal kg⁻¹)	(g)	(%)	(g)	(g a ⁻¹ d ⁻¹)		(kcal g ⁻¹)
2.75	52.1	87.7 a	46.0	106.0 a	2.0 a	6.62
2.90	53.9	85.2 b	46.3	96.7 b	1.8 b	6.52
Calcio (%)						
3.6	53.0	86.0	45.9	101.7	1.9	6.58
4.6	53.0	86.9	46.4	101.0	1.9	6.55
Semana						
1	47.4	54.3	25.8	95.4	2.0	
2	50.4	82.4	41.7	93.6	1.9	
3	52.1	88.3	46.0	98.9	1.9	
4	52.9	93.6	49.5	101.8	1.9	
5	53.5	93.1	49.9	99.9	1.9	
6	54.7	92.4	50.6	106.6	2.0	
7	56.0	93.1	52.2	108.0	1.9	
8	56.8	94.5	53.7	106.8	1.9	
Efectos principales	Valor de P					
Energía (E)	0.0001	0.0001	NS	0.0001	0.0001	NS
Calcio (Ca)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Semana (S)	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	
Interacciones	Valor de P					
E x Ca	0.0001	NS	0.0009	NS	NS	NS
E x S	0.0001	0.0001	0.0001	0.0014	0.0121	
Ca x S	NS	NS	NS	NS	NS	
E x Ca x S	NS	0.0002	0.0001	NS	NS	

Medias con distinta letra indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

NS=no significativo, PH=peso de huevo, PDH=producción de huevo, MH=masa de huevo, CDA=consumo de alimento ($\text{g}^{-1} \text{a}^{-1} \text{d}^{-1}$ = gramos por ave por día), CA=conversión alimenticia y EFE=eficiencia energética.

** En esta variable se utilizó el procedimiento GLM de SAS para su análisis estadístico.

Producción de huevo (PDH)

En el (cuadro 2) se presentan los resultados para PDH, se observa que la interacción energía x calcio x semana fue significativa ($p \leq 0.001$). El incremento en la concentración de EM en la dieta, cuando el nivel de calcio fue de 3.6%, redujo la PDH en las semanas dos y tres, pero, cuando el nivel de calcio fue de 4.6% sólo hubo diferencias ($p \leq 0.001$) en la semana 3 (Figuras

2a y 2b). El incremento en concentración de energía afectó negativamente la PDH, reduciéndose, cuando aumentó de 2.75 a 2.9 Mcal (Cuadro 2).

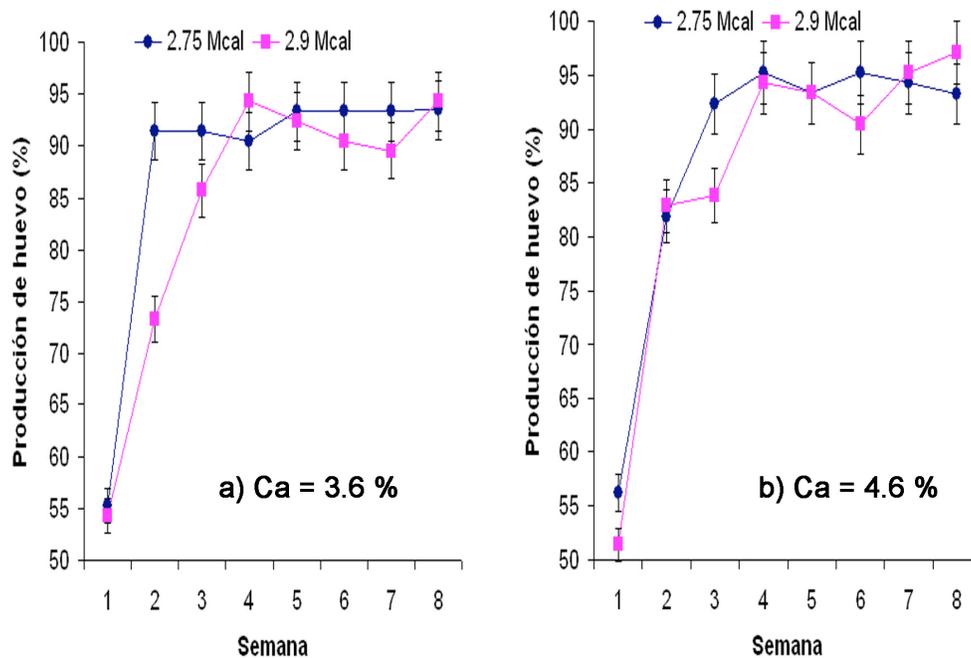


Figura 2. Interacción energía x calcio x semana, en producción de huevo de gallinas al inicio de la postura (20-28 semanas de edad).

Masa de huevo (MH)

La interacción energía x calcio x semana fue significativa ($p \leq 0.001$) para la variable MH, con la concentración de calcio de 3.6% y de 2.9 Mcal de EM se redujo la masa de huevo en las semanas dos y tres, pero en las semanas cuatro y ocho las mayores MH se obtuvieron con las gallinas que recibieron 2.9 Mcal de EM (Figura 3a). Con la concentración de calcio en la dieta de 4.6% hubo diferencias ($p \leq 0.001$) en las semanas siete y ocho a favor de las aves que recibieron las dietas con 2.9 Mcal de EM (Figura 3b). La interacción energía x calcio, fue significativa ($p \leq 0.001$) para masa de huevo, al aumentar la concentración de EM a 2.9 Mcal cuando el nivel de

calcio fue de 4.6%, se incrementó la masa de huevo de 45.5 a 47.3 g, pero cuando las gallinas recibieron la dieta con una concentración de 3.6% de calcio y se aumentó la concentración de EM se redujo la masa de huevo (Figura 3c).

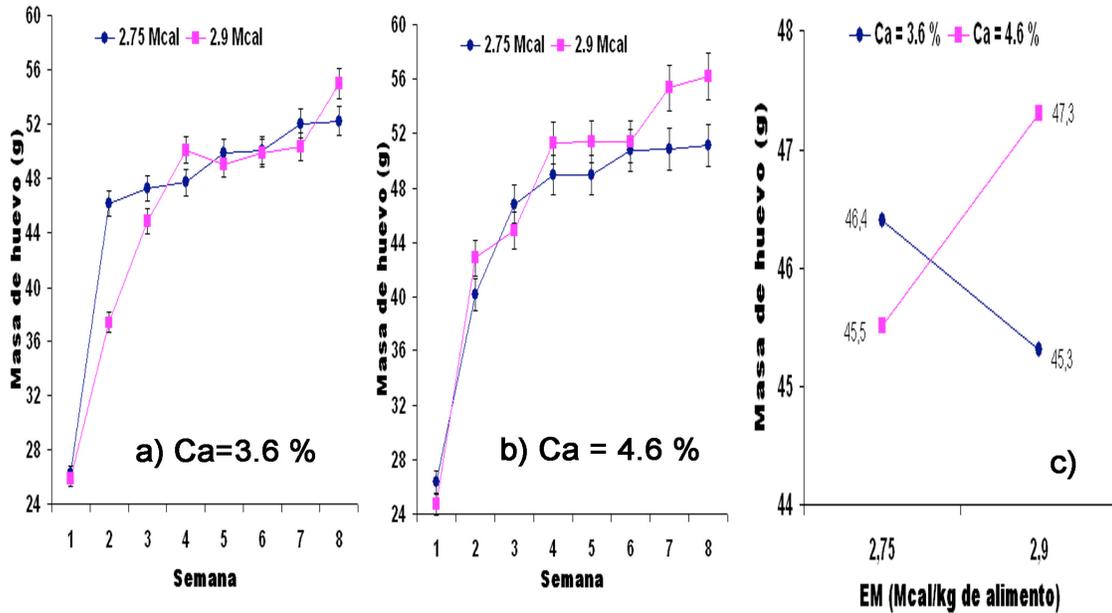


Figura 3. Interacciones energía x calcio x semana (a y b) y energía x calcio (c), en la masa de huevo de gallinas al inicio de la postura (20-28 semanas de edad).

Consumo de alimento (CDA)

Los resultados del CDA mostrados en el (Cuadro 2), indicaron que, las interacciones energía x calcio x semana, calcio x semana y energía x calcio no fueron significativas ($p \geq 0.05$). La interacción energía x semana afectó de manera significativa ($p \leq 0.01$) el CDA de las gallinas, la concentración de calcio no afectó esta variable, pero la concentración de EM sí, cuando se incrementó la concentración de EM en la dieta de las gallinas, éstas redujeron su CDA promedio en casi 9% por día, esta reducción fue prevista y por ello se aumentó la concentración de nutrimentos en 10% a estas dietas, para tratar de que las gallinas consuman la misma cantidad de nutrimentos. El consumo de nutrimentos (Cuadro 3) fue similar entre las gallinas, para proteína, fósforo disponible, metionina + cistina, lisina, triptófano, treonina, arginina y sodio, sin embargo, el consumo de energía, calcio y ácido linoleico fue diferente.

Cuadro 3. Consumo de nutrientes de las gallinas (g a⁻¹ d⁻¹).

Consumo de alimento (g ⁻¹ a ⁻¹ d ⁻¹)	EM, Mcal - Ca,%			
	2.75 - 3.6	2.75 - 4.6	2.9 - 3.6	2.9 - 4.6
Consumo de alimento (g ⁻¹ a ⁻¹ d ⁻¹)	106.0	106.0	96.7	96.7
EM (Kcal d ⁻¹)	292	292	307	307
Proteína cruda	17	17	17	17
Calcio	3.82	4.88	3.48	4.45
Fósforo disponible	0.42	0.42	0.44	0.44
Metionina + Cistina	0.72	0.72	0.73	0.73
Lisina	0.94	0.94	0.95	0.95
Triptófano	0.21	0.21	0.22	0.22
Treonina	0.66	0.66	0.67	0.67
Arginina	1.10	1.10	1.18	1.18
Ácido linoleico	2.10	2.10	3.70	3.70
Sodio	0.17	0.17	0.17	0.17

g⁻¹ a⁻¹ d⁻¹ = gramos por ave por día

En la Figura 4, se observa que las gallinas empezaron a reducir su CDA a partir de la segunda semana debido al incremento de la concentración de la EM.

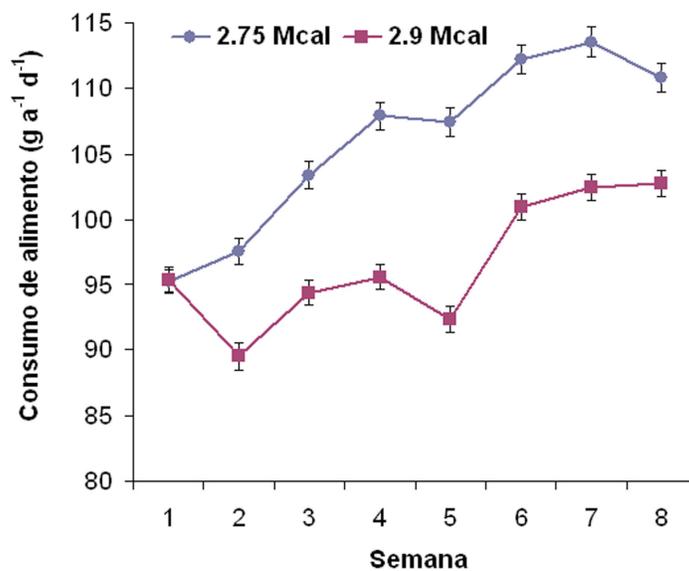


Figura 4. Interacción energía x semana en el consumo de alimento de gallinas al inicio de la postura (20-28 semanas de edad).

Conversión alimenticia (CA)

La CA mostró un comportamiento parecido al consumo de alimento, se redujo ($p \leq 0.001$) de 2.0 a 1.8 kg de alimento para producir un kg de huevo, cuando la concentración de EM aumentó (Cuadro 2). La interacción energía x semana fue significativa ($p \leq 0.05$), la mejora en la conversión alimenticia se presentó desde la segunda semana de experimentación (Figura 5).

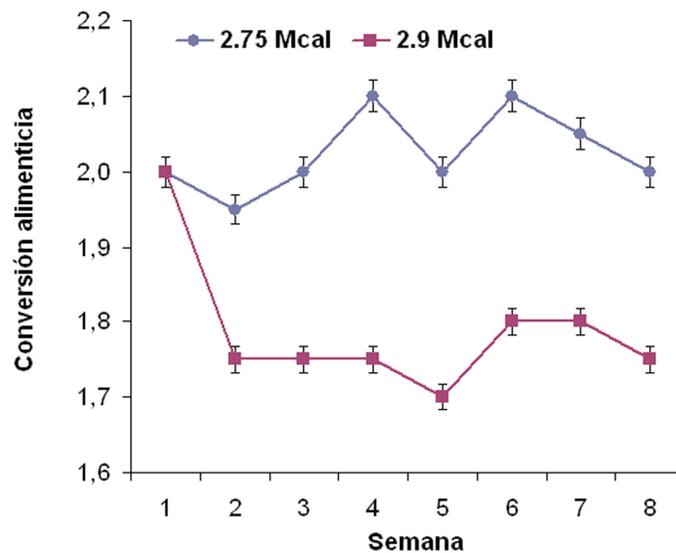


Figura 5. Interacción energía x semana en la conversión alimenticia de gallinas al inicio de la postura (20-28 semanas de edad).

Eficiencia energética (EFE)

La EFE calculada como la relación entre las kcal consumidas por ave por día y la masa de huevo expresada en g, no mostró diferencias por efecto de la interacción energía x calcio, ni por efecto del calcio o la energía de la dieta. Las gallinas que recibieron la dieta con la concentración de 2.75 Mcal kg⁻¹ ajustaron su consumo de alimento de tal manera que necesitaron una cantidad similar de energía para producir un g de huevo, la EFE se mantuvo en un intervalo de 6.52 a 6.62 kcal (Cuadro 2).

1.4 DISCUSIÓN

Al aumentar la concentración de energía metabolizable (EM) en la dieta de gallinas, de 2.75 a 2.9 Mcal, al inicio de la postura (20-28 semanas de edad) se incrementó el peso del huevo a partir de la segunda semana de experimentación (Figura 1a). Al incrementar la concentración de EM, mediante la adición de aceite de soya la concentración de ácido linoleico en la dieta aumentó, lo cual posiblemente influyó en el peso del huevo. Lesson y Summers (2005), encontraron que la adición de ácido linoleico en la dieta de las gallinas mejora el peso del huevo. Los resultados de este estudio coinciden con los reportados por (Parsons *et al.* 1993; Keshavarz y Nakajima 1995; Keshavarz 1995) quienes mencionaron que al aumentar la concentración de EM en el alimento de las gallinas, se incrementa el peso del huevo, y el incremento de éste es más notable cuando las gallinas están en el inicio del ciclo de postura. Este aumento en el peso del huevo es atribuible a la cantidad de aceite en la dieta, ya que éste regula la concentración de estrógeno en el plasma sanguíneo de las gallinas y la concentración de esta hormona tiene una relación lineal positiva con el peso del huevo (Whitehead 1995). La interacción energía x calcio en el peso del huevo fue significativa ($p \leq 0.001$), observando que el tratamiento de 2.9 Mcal de EM - 4.6% de Ca produjo el mayor peso del huevo, 54.4 g al final de las ocho semanas de experimentación (Figura 1b). Estos resultados son diferentes a los obtenidos por Ousterhout (1980) y Harms *et al.* (2000a) quienes señalan que al aumentar la concentración de calcio en la dieta se reduce el peso del huevo. Al incrementar la concentración de EM en la dieta el contenido de albumina y yema, aumentan, incrementándose el peso del huevo (Whithead 1995). Contrariamente, Sell *et al.* (1987) y Wu *et al.* (2005) mencionan que al incrementar el contenido de EM en la dieta aumenta el peso de la yema, pero no de la albumina en gallinas de primer ciclo

de postura. Al aumentar la concentración de calcio en la dieta aumenta el peso del cascarón (Ousterhout 1980) y el grosor de éste (Ousterhout 1980; Ahmad *et al.* 2003; Valdés 2007). Por lo que, el efecto de la interacción energía por calcio en el peso del huevo reportado en este estudio, podría ser explicado por un aumento en el peso de la yema y en el peso del cascarón, características no consideradas en este estudio. La línea genética de las gallinas tiene un efecto ($p < 0.001$) en el peso del huevo (Harms *et al.* 2000b; Wu *et al.* 2007), en este estudio las gallinas utilizadas fueron de la línea Hy-line W-36, por lo que los resultados son validos para esta línea. Considerando estos antecedentes, es importante tomar en cuenta la concentración de los nutrimentos, así como la línea genética de la gallina en el peso del huevo. Los resultados de producción de huevo presentados en la Figura 2a, indican que con el nivel de calcio de 3.6%, las gallinas reducen la producción de huevo en las primeras semanas por efecto del aumento en la concentración de EM en las dietas; sin embargo, el efecto no es tan marcado cuando el nivel de calcio es 4.6% (Figura 2b) donde sólo hubo reducción en la semana 3. En este estudio la PDH no fue mejor con las gallinas que recibieron el alimento con las más altas concentraciones de energía y calcio Cuadro 2. Las gallinas que recibieron las dietas con mayor concentración de EM, redujeron su PDH, de 87.7 a 85.2% estos resultados coinciden con los encontrados por Keshavarz y Nakajima (1995) quienes mencionan que cuando se adiciona aceite a la dieta de gallinas de 18 a 34 semanas de edad, se reduce la producción. Esta reducción se explica, porque al producirse huevos de mayor tamaño estos tardan más tiempo en formarse y por eso la producción tiende a disminuir (Cooper 2007). El resultado del análisis estadístico indicó que la interacción energía x calcio x semana fue significativa para la variable masa de huevo, cuando la concentración de calcio fue de 3.6% y la EM de 2.9 Mcal la masa de huevo se redujo en las primeras dos semanas (Figura 3a); sin embargo, cuando la concentración de calcio fue de 4.6% y

2.9 Mcal de EM, las gallinas no mostraron reducción en la masa de huevo, incluso en las últimas dos semanas se incrementó significativamente (Figura 3b). La masa de huevo mostró una interacción de energía x calcio (Figura 3c) donde se observa que al incrementar la concentración de EM y calcio en la dieta aumenta la masa de huevo, pero con el nivel de 3.6% de calcio y la misma concentración de EM ocurre lo contrario. De acuerdo con estos resultados el peso y masa de huevo mejoraron, con la concentración de 2.9 Mcal de EM kg⁻¹ de alimento y 4.6% de Ca. El mayor contenido de energía de las dietas se reflejó en un menor consumo de alimento (CDA) en las aves, lo cual concuerda con los resultados de Sell *et al.* (1987), Grobas *et al.* (1999), Wu *et al.* (2005) y Wu *et al.* (2007). En el presente estudio se observó una reducción de 9% en CDA en las gallinas que recibieron la dieta con el nivel alto de energía; por esta razón, se aumentó 10% la concentración de todos los nutrimentos en la dieta de 2.9 Mcal de EM, excepto la cantidad de calcio que fue de 28%, de esta manera las gallinas consumieron una cantidad aproximadamente igual de nutrimentos (Cuadro 3). Los resultados de la conversión alimenticia coinciden con numerosos estudios previamente reportados en el sentido de que al aumentar la concentración de EM esta variable mejora (Sell *et al.* 1987, Grobas *et al.* 1999, Wu *et al.* 2005 y Wu *et al.* 2007) lo cual, se vio en el presente estudio a partir de la segunda semana (Figura 5). La eficiencia energética (EFE) para producción de huevo indicó que las aves que recibieron la mayor cantidad de EM en la dieta, no tuvieron una mejor respuesta, la EFE se mantuvo en un intervalo de 6.52 a 6.62 kcal g⁻¹ de huevo producido (Cuadro 2). Estos resultados coinciden con los de Wu *et al.* (2005) quienes mencionaron que las gallinas ajustan su consumo de alimento para mantener la EFE.

1.5 CONCLUSIONES

1. La interacción energía metabolizable por calcio mejoró el peso del huevo y la masa de huevo durante el inicio de la postura.
2. Incrementar la EM en la dieta redujo el consumo de alimento y mejoró la conversión alimenticia.
3. El calcio no afectó a las características productivas evaluadas.

1.6 LITERATURA CITADA

- Ahmad, H. A., S. S. Yadalam., and D. A. Roland, Sr. 2003. Calcium requirement of Bovanes hens. *Int. J. Poult. Sci.* 2(6): 417-420.
- Atteh, J. O. and S. Leeson. 1984. Effects of dietary fat level on laying hens fed various concentrations of calcium. *Poult. Sci.* 64:2090-2097.
- Castillo, C., M. Cuca., A. Pro., M. González and E. Morales. 2004. Biological and economic optimum level of calcium in White Leghorn laying hens. *Poult. Sci.* 83:868-872.
- Cooper, O. 2007. So you want to... control egg size. In: *Poult. World*; Apr; 161, 4; pg 28.
- Emmans, G. C. and I. Kyriazakis. 2000. Issues arising from genetic selection for growth and body composition characteristics in poultry and pigs. In: *The Challenge of Genetic Change in Animal Production*. British Society of Animal Science Occasional Publication no. 27, pp. 39–53 [WG Hill, SC Bishop, B McGuirk, JC McKay, G Simm and AJ Webb, editors]. Edinburgh: Brit. Soc. An. Sci.
- Grobas, S., J. Mendez., C. De Blas and G. G. Mateos. 1999. Laying hen productivity as affected by energy, supplemental fat, and linoleic acid concentration of the diet. *Poult. Sci* 78:1542–1551.
- Harms, R. H. And P. W. Waldroup. 1971. The effect of high dietary calcium on the performance of laying hens. *Poult. Sci.* 50:967-969.
- Harms, R. H., M. A. Motl and G. B. Russell. 2000a. Influence of age at lighting, dietary calcium, and addition of corn oil on early egg weight. *J. Appl. Poult. Res.* 9:334-342.
- Harms, R. H., G. B. Russell and D. R. Sloan. 2000b. Performance of four strains of commercial layers with major changes in dietary energy. *J. Appl. Poult. Res.* 9:535-541.
- Jones, D. R., K. E. Anderson and G. S. Davis. 2001. The effects of genetic selection on production parameters of Single Comb White Leghorn hens. *Poult. Sci.* 80:1139-1143.
- Keshavarz, K. y S. Nakajima. 1995. The effect of dietary manipulations of energy, protein, and fat during the growing and laying periods on early egg weight and egg components. *Poult Sci.* 74:50-61.
- Keshavarz, K. 1995. Further investigations of dietary manipulations of nutrients on early egg weight. *Poult. Sci.* 74:62-74.
- Leeson, S. and J. D. Summers 2005. *Commercial poultry nutrition*. 3ª Ed. University Books, Guelph, Ontairo, Canadá. 398 p.
- Ousterhout L. E. 1980. Effects of calcium and phosphorus levels on egg weight and egg shell quality in laying hens. *Poult. Sci.* 59:1480-1484.
- Parsons C. M., K. W. Koelkebeck., Y. Zhang., X Wang and R.W. Leeper. 1993. Effect of dietary protein and added fat levels on performance of young laying hens. *J. Appl. Poult. Res.* 2:214-220.

- SAS Institute. 2000. Statistical Analysis System. The SAS system for Window release 8.0. USA. 558 p.
- Sell, J. L., C. A. Roselina and F. Escribano. 1987. Influence of supplemental fat on weights of eggs and yolks during early egg production. *Poult. Sci.* 66:1807-1812.
- Shalev, B. A. and H. Pasternak. 1993. Increment of egg weight with hen age in various commercial avian species. *Brit. Poult. Sci.* 34:915-924.
- Steel, R. G. D., J. H. Torrie and D. A. Dickey. 1988. *Bioestadística: Principios y Procedimientos*. 2ª Edición. Ed. McGraw-Hill. México. 622 p.
- Valdés N. V. M. 2007. Comportamiento productivo, calidad del cascarón, resistencia a la ruptura de tibia y rentabilidad de gallinas de primer ciclo con niveles de calcio y fósforo disponible en la dieta. En: *Productividad biológica y económica de gallinas Leghorn blanca con niveles de calcio y fósforo*. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. De Méx. 94 p.
- Whitehead, C. C. 1981. The response of egg weight to the inclusion of different amounts of vegetable oil and linoleic acid in the diet of laying hens. *Br. Poult. Sci.* 22:525-532.
- Whitehead, C. C. 1995. Plasma oestrogen and the regulation of egg weight in laying hens by dietary fats. *An. Feed Sci. and Tech.* Vol. 53:91-98.
- Wu, G., M. M. Bryant, R. A. Voitle and D. A. Roland Sr. 2005. Effect of dietary energy on performance and egg composition of Bovans White and Dekalb White hens during phase I. *Poult. Sci.* 84:1610–1615.
- Wu, G., M. M. Bryant, P. Gunawardana and D. A. Roland Sr. 2007. Effect of nutrient density on performance, egg components, egg solids, egg quality, and profits in eight commercial Leghorn strains during phase one. *Poult. Sci.* 86:691-697.

CAPITULO II

(EXPERIMENTO 2)

**ACEITE DE SOYA ACIDIFICADO Y SU EFECTO EN LAS CARACTERÍSTICAS
PRODUCTIVAS DE GALLINAS EN PRODUCCIÓN**

EFFECT OF SOYBEAN OIL SOAPSTOCK ON THE PERFORMANCE TRAITS OF
LAYING HENS

(Artículo con formato de la Revista Universidad y Ciencia)

ACEITE DE SOYA ACIDIFICADO Y SU EFECTO EN LAS CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS DE GALLINAS EN PRODUCCIÓN

David Jesús Chan Díaz, M.C.
Colegio de postgraduados, 2007.

El aceite acidificado de soya (AAS) es más barato en relación al aceite crudo de soya (ACS), pero su calidad nutricional es inferior. Con el objetivo de evaluar el efecto de la sustitución en la dieta del ACS por el AAS en las características productivas de gallinas en postura, se planteó éste experimento con 88 gallinas Leghorn Hy-Line W-36 de 46 semanas de edad, alojadas en jaulas individuales. Las gallinas estuvieron en una caseta experimental con luz artificial para completar 16 h luz diariamente. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2 x 2 x 2, dos concentraciones de energía, 2.7 y 2.85 Mcal de EM kg⁻¹ de alimento, dos de calcio 3.6 y 4.6% y dos tipos de aceite, crudo y acidificado. Cada tratamiento se ofreció a 11 repeticiones, las aves tuvieron alimento y agua *ad libitum*. Se estimaron diariamente las características peso del huevo (PH) y producción de huevo (PDH), el consumo de alimento (CDA) se midió semanalmente. La masa de huevo (MH), conversión alimenticia (CA) y eficiencia energética (EFE) se estimó de PH, PDH y CDA. Los resultados fueron analizados con el procedimiento Mixed de SAS las diferencias entre medias se separaron con la prueba de Tukey. Se encontraron diferencias ($p \leq 0.01$) en PH (65.1 vs 67 g) y CDA (114.1 vs 108 g) por efecto del incremento en la concentración de energía. La concentración de calcio y el tipo de aceite no afectaron ninguna característica estudiada. La interacción energía x semana fue significativa ($p \leq 0.01$) para el CDA. En conclusión, utilizar el AAS en sustitución del ACS no afectó las características productivas.

Palabras clave: Aceite acidificado de soya, energía metabolizable, calcio, gallinas ponedoras

EFFECT OF SOYBEAN OIL SOAPSTOCK ON THE PERFORMANCE TRAITS OF LAYING HENS

David Jesús Chan Díaz, M.C.
Colegio de postgraduados, 2007.

The acidulated soybean oil soapstock is cheaper than crude soybean oil, but their nutritional quality is slower. To evaluate the replacement of crude soybean oil (CSO) for acidulated soybean oil soapstock (ASOS) on laying hens performance, an experiment was carried out with eighty eight Leghorn laying hens of Hy-Line W-36 at the age of 46 weeks old. Birds were confined in individual cages. Laying hens were kept in an experimental house and received an additional artificial lighting to adjust daily 16 h light. This study was a 2 x 2 x 2 factorial arrangement of two concentrations of metabolizable energy (ME): 2.7 and 2.85 Mcal kg⁻¹ of feed, two levels of calcium: 3.6 and 4.6%, and two kinds of oil: CSO and ASOS. Each treatment was offered to eleven replicates, all birds were supplied with feed and water *ad libitum*. Egg weight (EW) and egg production (EP) were recorded daily, and feed intake (FI) was recorded weekly. Egg mass (EM), feed conversion (FC), and energetic efficiency (EFE) were calculated from EW, EP and FI. Data were analyzed by proc mixed procedures of SAS, differences among treatments were detected by using TUKEY'S test. There were differences ($p < 0.01$) in EW (65.1 vs 67 g) and FI (114.1 vs 108 g) due to the level of ME in the diet. Calcium concentration and kind of oil did not affect any trait. The interaction energy x week was significant ($p < 0.01$) for FI. It can be concluded that ASOS can be used for laying hens instead of CSO without affecting performance.

Key words: Acidulated soybean oil soapstock, metabolizable energy, calcium, laying hens

2.1 INTRODUCCIÓN

Las grasas y aceites se han utilizado en dietas para aves desde 1950, los términos grasas y aceites se usan como sinónimos para los lípidos utilizados en la alimentación animal, los cuales son principalmente triglicéridos (Baiao y Lara 2005), aunque en el sentido estricto se trata de compuestos diferentes, desde el punto de vista físico, químico y nutricional. En la alimentación animal se prefieren los aceites de origen vegetal por su mayor contenido de ácidos grasos insaturados en relación a los de origen animal (Zumbado *et al.* 1992). En la fabricación de alimentos se utilizan, porque incrementan la densidad energética, ya que son fuentes concentradas de energía, además mejoran las características físicas del alimento, la absorción de pigmentos y vitaminas liposolubles, mejoran la producción en condiciones de “estrés” calórico, son fuente de ácido linoleico (ácido graso esencial para las aves) y evitan la segregación de partículas del alimento (Miles y Butcher 2005). La adición de aceite en el alimento de gallinas en postura, incrementa la concentración de ácido linoleico y mejora el peso del huevo (Sell *et al.* 1987; Harms *et al.* 2000; Wu *et al.* 2005 y Wu *et al.* 2007) debido a que los aceites promueven la síntesis de proteína en el oviducto (Whitehead 1995). Sin embargo, Keshavarz y Nakajima (1995) mencionan que el incremento en el peso del huevo reduce el número de huevos producidos, ya que al ser de mayor tamaño tardan más tiempo en formarse (Cooper 2007). Los aceites son de los ingredientes más caros en la elaboración de alimento, además compiten con el hombre por su consumo (Pardío *et al.* 2005); sin embargo, si no se utiliza aceite en la dieta para aves, puede haber pérdidas económicas para el productor (Sohail *et al.* 2003). Una alternativa más económica es el uso de subproductos de la refinería del aceite crudo, los cuales se obtienen a través de la neutralización alcalina del aceite, el cual produce una mezcla de jabones, aceite neutro, agua,

esteroles, pigmentos y otros constituyentes menores, este producto es inestable por lo cual se le da un tratamiento con ácido sulfúrico produciéndose así los aceites acidificados (Lipstein *et al.* 1965; Baiao y Lara, 2005). Estos aceites tienen altas cantidades de ácidos grasos libres (50%), humedad (1%), impurezas (0.37%), material no saponificable (2%), altas cantidades de carotenoides (910 mg kg⁻¹) y fosfolípidos (12.6%) (Lipstein *et al.* 1965; Pardío *et al.* 2001), lo cual reduce su valor de EM entre 5 y 10% en relación al aceite crudo (Narciso 2002; Baiao y Lara 2005). Wiseman *et al.* (1998) mencionan que el valor de EM de las grasas y aceites o sus mezclas está en función de la relación de ácidos grasos insaturados:saturados y el contenido de ácidos grasos libres, además de la edad de la ave, ya que las de menor edad absorben menos grasas o aceites que las adultas, debido a que la actividad enzimática del sistema digestivo de las aves jóvenes aún no es completa, porque la producción de sales biliares es menor, los enterocitos formados durante el desarrollo embrionario tienen como función principal el transporte de inmunoglobulinas y no son capaces de realizar completamente la digestión-absorción de triglicéridos, sino hasta después de la segunda o tercera semana de edad (Moran 2005). Los ácidos grasos saturados de cadena larga, no son absorbidos fácilmente, debido a que a la temperatura del lumen intestinal se encontrarían como sólidos o semi-sólidos, y podrían reaccionar con iones divalentes, como el calcio, para formar jabones insolubles que no son emulsionados ni absorbidos y que serían eliminados en la excreta (Valenzuela *et al.* 2002). La concentración de calcio en la dieta para gallinas, incrementa de manera lineal la producción de huevo (Ahmad *et al.* 2003; Valdés 2007) lo cual podría disminuir los efectos en la reducción de la producción cuando se incrementa la concentración de EM en la dieta de las gallinas para aumentar el tamaño del huevo. Sin embargo, alta cantidad de calcio en la dieta podría reaccionar con los ácidos grasos libres saturados del aceite acidificado, lo cual haría indisponible tanto a los

ácidos grasos como al calcio, afectando diversas características productivas. El presente estudio se realizó para evaluar el efecto de la sustitución del aceite de soya crudo por acidificado en las características productivas de gallinas de 46 a 54 semanas de edad.

2.2 MATERIALES Y METODOS

Área de estudio

Este experimento se llevó a cabo en el módulo de producción avícola del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México. Se utilizaron 88 gallinas Leghorn de la línea Hy-Line W-36, de 46 semanas de edad, alojadas en jaulas individuales de 50 x 20 x 40 cm.

Diseño experimental y análisis de los datos

Se utilizó un diseño completamente al azar con mediciones repetidas y arreglo factorial 2 x 2 x 2, cada tratamiento se ofreció a 11 repeticiones de una gallina cada una. Los factores evaluados fueron dos concentraciones de energía, 2.7 y 2.85 Mcal de EM kg⁻¹ de alimento, dos concentraciones de calcio, 3.6 y 4.6% y dos tipos de aceite de soya, crudo y acidificado, el periodo experimental fue de ocho semanas. Se midió diariamente el peso del huevo (PH) y la producción de huevo (PDH). El consumo de alimento (CDA) se estimó semanalmente, la masa de huevo (MH) y la conversión alimenticia (CA) se calcularon del PH, PDH y CDA. La eficiencia energética (EFE) se calculó como la relación entre las kilocalorías promedio consumidas por ave por día entre la masa de huevo promedio por ave por día y se reportó en kcal g⁻¹ de huevo; al final del periodo experimental se calcularon los costos de alimentación a partir de la conversión alimenticia y el precio unitario de las dietas.

El modelo estadístico utilizado fue:

$$Y_{ijklm} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + C_k + (AC)_{ik} + (BC)_{jk} + (ABC)_{ijk} + R_{l(ijk)} + P_m + (AP)_{im} + (BP)_{jm} + (ABP)_{ijm} \\ + (CP)_{km} + (ACP)_{ikm} + (BCP)_{jkm} + (ABCP)_{ijklm}$$

Donde:

Y_{ijklm} = variable de respuesta correspondiente a la i -ésima concentración de energía, de la j -ésima concentración de calcio, del k -ésimo tipo de aceite, en el m -ésimo período; μ = constante que caracteriza a la población; A_i = efecto fijo de la i -ésima concentración de energía, $i = 1, 2$; B_j = efecto fijo de la j -ésima concentración de calcio, $j = 1, 2$; AB_{ij} = efecto fijo de la interacción energía x calcio en la dieta; C_k = efecto fijo del k -ésimo tipo de aceite, $k = 1, 2$; AC_{ik} = efecto fijo de la interacción energía x tipo de aceite en la dieta; BC_{jk} = efecto fijo de la interacción calcio x tipo de aceite en la dieta; ABC_{ijk} = efecto fijo de la interacción energía x calcio x tipo de aceite en la dieta; $R_{l(ijk)}$ = efecto aleatorio de la gallina dentro de la interacción energía x calcio x tipo de aceite en la dieta, $l = 1, 2, \dots, 11 \sim \text{IDN} (2_a)$; P_m = efecto del m -ésimo período, $m = 1, 2, \dots, 8$; AP_{im} = efecto fijo de la interacción energía x período; BP_{jm} = efecto fijo de la interacción calcio x período; ABP_{ijm} = efecto fijo de la interacción energía x calcio x período; CP_{km} = efecto fijo de la interacción tipo de aceite x período; ACP_{ikm} = efecto fijo de la interacción energía x tipo de aceite x período; BCP_{jkm} = efecto fijo de la interacción calcio x tipo de aceite x período; $ABCP_{ijkm}$ = efecto fijo de la interacción energía x calcio x tipo de aceite x período; ϵ_{ijklm} = error experimental $\sim \text{IDN} (2_e)$. Los resultados fueron analizados con el procedimiento Mixed (SAS Institute 2000), los datos expresados en porcentaje, fueron transformados a la función arco-seno, previo a su análisis y presentados en sus unidades originales (Steel *et al.* 1988). Las diferencias entre medias encontradas en el análisis de varianza fueron comparadas mediante la prueba de Tukey.

Dietas experimentales y manejo

La composición de las dietas experimentales se muestra en el Cuadro 1, las cuales fueron formuladas de acuerdo a los requerimientos de gallinas en producción de (45-60 semanas de edad) sugeridos Leeson y Summers (2005). Se utilizó arena para sustituir la cantidad de carbonato de calcio en las dietas de menor concentración de calcio. El alimento y el agua se ofrecieron *ad libitum*, las aves recibieron iluminación artificial para completar 16 h de luz y 8 h de oscuridad diariamente durante el período experimental.

Cuadro 1. Composición de las dietas experimentales.

Ingredientes	%							
Sorgo	53.8	55.7	52.5	54.5	62.0	63.6	61.6	63.6
Pasta de soya	27.8	27.4	28.2	27.8	23.1	22.9	23.3	22.9
Aceite de soya								
Crudo	4.92	4.33	-	-	1.51	1.00	-	-
Acidificado	-	-	5.85	5.15	-	-	1.80	1.10
Carbonato de calcio (38%)	10.56	8.03	10.56	8.03	10.65	8.13	10.65	8.13
Fosfato dicálcico	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Arena	-	1.50	-	1.50	-	1.65	-	1.53
Secuestrante**	0.49	0.57	0.50	0.57	0.03	0.09	0.04	0.09
Sal	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Cloruro de colina (70%)	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Premezcla*	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
DL-Metionina (99%)	0.14	0.14	0.14	0.14	0.18	0.18	0.18	0.18
HCl-Lisina (78%)	-	-	-	-	0.15	0.15	0.15	0.15
L-Treonina (100%)	-	-	-	-	0.06	0.06	0.06	0.06
Pigmento (11 g kg ⁻¹)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Antioxidante	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Total	100	100	100	100	100	100	100	100
Análisis calculado								
EM (MCal kg ⁻¹)	2.85	2.85	2.85	2.85	2.70	2.70	2.70	2.70
Metionina+Cistina (%)	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
Lisina (%)	0.93	0.93	0.94	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
Treonina (%)	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68
Calcio (%)	4.6	3.6	4.6	3.6	4.6	3.6	4.6	3.6
Fósforo disponible (%)	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
Ácido linoleico (%)	3.2	2.9	3.5	3.1	1.5	1.3	1.6	1.3

*La premezcla de vitaminas y minerales aportó por kg de alimento, 12,000 UI de vitamina A, 2,400 UI de vitamina D₃, 133 mg de vitamina E, 30 mg de vitamina K₃, 12 mg de vitamina B₁, 60 mg de vitamina B₂, 24 mg de vitamina B₆, 0.25 mg de biotina, 500 mg de colina, 190 mg de etoxiquina, 80 mg de Mn, 50 mg de Zn, 10 mg de Cu, 2 mg de Fe, 0.3 mg de Se.

**secuestrante de micotoxinas.

2.3 RESULTADOS

Los resultados encontrados (Cuadro 2) indican que el incremento en la concentración de energía metabolizable (EM) en el alimento de gallinas en producción de 2.7 a 2.85 Mcal kg⁻¹, aumentó ($p \leq 0.05$) el PH. La PDH no se afectó por ninguno de los factores evaluados o sus combinaciones; sin embargo, tendió a disminuir conforme se incrementó la concentración de EM en la dieta. En la variable MH no se encontraron diferencias ($p \geq 0.05$). El CDA se redujo ($p \leq 0.001$) cuando se incrementó la concentración de EM en la dieta; sin embargo, este menor consumo no se reflejó en una mejor conversión alimenticia. La EFE fue similar entre tratamientos manteniéndose en un intervalo de 5.7 a 6.1 Kcal g⁻¹ de huevo. La concentración de calcio y el tipo de aceite no afectaron ninguna variable productiva. El efecto de semana fue significativo para todas las características productivas.

Cuadro 2. Medias ajustadas de las características productivas de gallinas de 46-54 semanas de edad.

Energía	PH (g)	PDH (%)	MH (g)	CDA (g a ⁻¹ d ⁻¹)	CA	EFE (Kcal g ⁻¹)
2.70 Mcal	65.1 b	84.3	54.8	114.1 a	2.13	5.8
2.85 Mcal	67.0 a	81.2	54.4	108.0 b	2.13	6.1
Calcio						
3.6 %	65.9	82.4	54.2	111.2	2.20	6.1
4.6 %	66.2	83.2	55.0	110.9	2.06	5.7
Aceite de soya						
Acidificado	65.9	83.6	55.0	110.0	2.08	5.8
Crudo	66.3	82.0	54.2	112.1	2.18	6.1
EEM	0.558	1.142	0.794	1.326	0.054	0.154
Pr > F						
Energía (E)	0.016	0.061	NS	0.001	NS	NS
Calcio (Ca)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Aceite (A)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Semana (S)	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
E x S	NS	NS	NS	0.001	NS	NS

Medias con distinta letra indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

EEM = error estándar de la media de grupo, NS = no significativo, PH = peso del huevo, PDH = producción de huevo, MH = masa de huevo, CDA = consumo de alimento, CA = conversión alimenticia y EFE = eficiencia energética.

Se encontró efecto significativo ($p \leq 0.001$) de la interacción energía x semana (Cuadro 2) en el CDA a partir de la semana 4, notándose una reducción con las dietas de mayor concentración de EM (Figura 1). Debido a que ninguna otra interacción fue significativa no se presentan en el Cuadro 2.

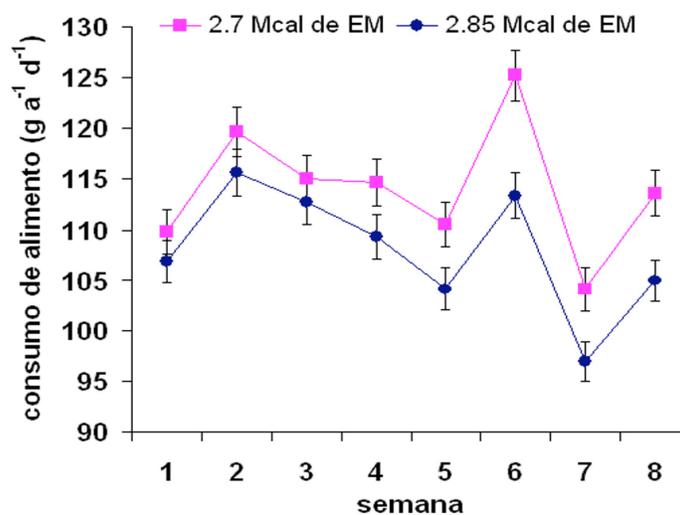


Figura 1. Interacción energía x periodo en el consumo de alimento ($\text{g a}^{-1}\text{d}^{-1}$) en gallinas de 46 a 54 semanas de edad.

Los costos por concepto de alimentación mostrados en el Cuadro 3, indican que al reemplazar el aceite crudo de soya por el aceite acidificado, se redujo el costo de producción en 6.7% en promedio, de un kg de huevo.

Cuadro 3. Costo de producción de un Kg de huevo por concepto de alimentación.

EM (Mcal Kg ⁻¹)	Calcio (%)	Aceite	Conversión alimenticia	\$ kg ⁻¹ de alimento	\$ kg ⁻¹ de huevo	Promedio (\$)
2.70	3.6	Acidificado	2.1	4.2	8.79	
2.70	4.6	Acidificado	2.2	4.2	9.10	
2.85	3.6	Acidificado	2.1	4.3	9.01	
2.85	4.6	Acidificado	2.0	4.3	8.38	8.8
2.70	3.6	Crudo	2.2	4.3	9.45	
2.70	4.6	Crudo	2.1	4.3	8.78	
2.85	3.6	Crudo	2.4	4.4	10.51	
2.85	4.6	Crudo	2.1	4.4	9.08	9.5

2.4 DISCUSIÓN

Al aumentar la concentración de energía de la dieta de 2.7 a 2.85 Mcal de EM kg⁻¹ de alimento, se incrementó el peso del huevo de 65.1 a 67 g y se redujo el consumo de alimento de las gallinas de 114 a 108 g. Estos resultados coinciden con los encontrados por Sell *et al.* (1987); Harms *et al.* (2000); Wu *et al.* (2005) y Wu *et al.* (2007) quienes encontraron que al incrementar la concentración de EM en las dietas de gallinas en producción a partir de la adición de grasas, aceites o mezclas de ambos, se aumentó el peso del huevo y se redujo el consumo de alimento. Incrementar la concentración de EM en las dietas, a través de aumentar el porcentaje de inclusión de aceite, permitió una mayor concentración de ácido linoleico en las dietas (Cuadro 1), lo cual probablemente influyó en el mayor peso del huevo. Esto coincide con lo mencionado por Leeson y Summers (2005), quienes mencionaron, que es difícil separar el efecto del ácido linoleico de la concentración de EM, cuando el incremento en la EM es a través de aceites. Las gallinas que recibieron alimento con aceite de soya crudo o aceite de soya acidificado no mostraron diferencias en las características productivas. En un estudio previo Narciso (2002), con gallos adultos, se encontró un valor de EM para el aceite de soya acidificado de 8110 kcal/kg similar a lo reportado por Baiao y Lara (2005) quienes mencionan que el valor de EM para este aceite es de 8100 kcal/kg para aves de más tres semanas de edad. En comparación al aceite crudo de soya, el aceite acidificado de soya tiene un valor de EM de 5 a 10% más bajo (Narciso 2002; Baiao y Lara 2005). Las desventajas de los aceites acidificados, es su alto contenido de ácidos grasos libres (Cuadro 4), el cual está correlacionado con una menor absorción y un valor más bajo de EM (Lipstein *et al.* 1965).

Sin embargo, las grasas o aceites con alto contenido de ácidos grasos libres, son esencialmente igual a las grasas con bajo contenido de estos ácidos, porque la absorción depende del contenido de sales biliares conjugadas presentes en el lumen intestinal, ya que tanto los monoglicéridos como los ácidos grasos insaturados no pueden formar micelas por sí mismos, pero fácilmente pueden formar micelas mezcladas con las sales biliares conjugadas y estas micelas mezcladas son capaces de disolver ácidos grasos saturados como el palmítico y el esteárico en su interior no polar, mejorando así la absorción de los ácidos grasos saturados (Scott *et al.* 1982).

Cuadro 4. Composición química (%) del aceite crudo de soya y acidificado de soya.

	Aceite crudo de soya	Aceite acidificado de soya
Ácidos grasos libres	0.3-1.1	46.54
Ácidos grasos insaturados	83.3	67.5
Insaturados : Saturados	5	2
Humedad	0.5	1
Material no saponificable	1.5	2
Impurezas	0.2	0.37

Fuente: Adaptado de Narciso 2002, Baiao y Lara 2005.

La relación entre ácidos grasos insaturados:saturados explicaría el valor más bajo de EM del aceite acidificado, Wiseman *et al.* (1998), indican que la adición de aceite de soya crudo o acidificado al sebo en una proporción 1:1 mejora el valor de EM del sebo, ya que se aumenta su relación de ácidos grasos insaturados:saturados, además, encontraron que el mayor contenido de AGL reduce el valor de EM de las grasas cuando son utilizadas en aves jóvenes, debido a que la actividad enzimática del sistema digestivo de estas aves aun no es completa, la producción y reciclaje de las sales biliares es menor, además los enterocitos formados durante el desarrollo embrionario tienen como función principal el transporte de inmunoglobulinas, y no son capaces de realizar la función de digestión-absorción de las grasas completamente, sino hasta después de la segunda o tercera semana de edad (Moran 2005). Debido a su composición los subproductos de la refinación del aceite, en general tienen un menor valor de EM para aves, ya

que tiene un mayor contenido de humedad, impurezas y material no saponificable comparado con el aceite crudo (Cuadro 4). Algunos autores indican que valor de EM depende del contenido de ácidos grasos libres, de su relación de ácidos grasos insaturados:saturados y la edad de las aves (Wiseman *et al.* 1998) y otros mencionan que el menor valor de EM se debe al mayor contenido de humedad, impurezas y material no saponificable, MIU por sus siglas en inglés (Vila y Esteve-García 1996). Esto sugiere que si hay una buena estimación del valor de EM del aceite acidificado de soya y este valor se considera en la formulación de alimento para aves se podría obtener la misma respuesta en los animales cuando se emplea aceite crudo o acidificado como se observó en el presente estudio. El valor de EM empleado en este estudio fue el reportado por Narciso (2002), ya que el aceite de soya acidificado utilizado en este experimento tiene el mismo origen. En gallinas ponedoras alimentadas con diferentes fuentes de aceites no se encontraron efectos negativos en las características productivas (Balevi y Coskun 2000; Senköylü *et al.* 2004). Así mismo, Pardío *et al.* (2005) no encontraron diferencias en las características productivas al sustituir el aceite de soya crudo por el acidificado, resultados que coinciden con los de este estudio. En respuesta a la menor concentración de EM en la dieta, las gallinas ajustaron su consumo de alimento (CDA) para mantener un consumo similar de energía y así mantener la misma EFE para producir un gramo de huevo (Wu *et al.* 2005). En éste estudio la EFE se mantuvo en un intervalo de 5.7 a 6.1 kcal g⁻¹ de huevo (Cuadro 2). Utilizar aceite acidificado en sustitución del aceite crudo redujo el costo de producción de 9.08 a 8.38 \$ kg⁻¹ de huevo con la combinación de 2.85 Mcal de EM kg⁻¹ de alimento y 4.6% de calcio (Cuadro 3). Esto confirma lo reportado por Narciso (2002) y Pardío *et al.* (2005) quienes mencionan que utilizar este tipo de subproductos de la refinería del aceite podría reducir los costos de producción representando un beneficio para los productores.

2.5 CONCLUSIONES

1. Sustituir el aceite de soya crudo por el acidificado no afectó ninguna de las características productivas.
2. Utilizar aceites acidificados, los cuales son más baratos, redujo los costos de alimentación.
3. Incrementar la concentración de la energía metabolizable en la dieta de gallinas de 46 semanas de edad, aumentó el peso del huevo y redujo el consumo de alimento, pero no mejoró la conversión alimenticia.

2.6 LITERATURA CITADA

- Ahmad, H. A., S. S. Yadalam and D. A. Roland, Sr. 2003. Calcium requirement of *Bovanes hens*. *Int. J. Poult. Sci.* 2(6): 417-420.
- Baiao, N. C and L. J. C Lara. 2005. Oil and fat in broiler nutrition. *Braz. J. Poult. Sci.* 7(3):129 – 141.
- Balevi, T and B. Coskun. Effects of some dietary oils on performance and fatty acid composition of eggs in layers. *Revue Méd. Vét.* 151 (8-9): 847-854
- Cooper, O. 2007. So you want to... control egg size. In: *Poult. World*; Apr; 161, 4; pg 28.
- Harms, R. H., G. B. Russell and D. R. Sloan. 2000. Performance of four strains of commercial layers with major changes in dietary energy. *J. Appl. Poult. Res.* 9:535-541.
- Keshavarz, K. y S. Nakajima. 1995. The effect of dietary manipulations of energy, protein, and fat during the growing and laying periods on early egg weight and egg components. *Poult Sci.* 74:50-61.
- Leeson, S. and J. D. Summers 2005. *Commercial poultry nutrition*. 3th Ed. University Books, Guelph, Ontario, Canadá. 398 p.
- Lipstein, B., P. Budowski and S. Bornstein. 1965. Effect of autoxidation on the nutritive value of acidulated soybean soapstock in chicks. *Poult. Sci.* 44:1480-1488.
- Miles, R. D. and G. D. Butcher. 2005. Advantages and disadvantages of feeding fats in poultry nutrition. In: *Aves RAPCO*. Costa Rica. <http://www.soyamex.com.mx/sp/Animal/index.html>
- Moran Jr, T. E. 2005. Factor regulating the digestion and absorption of fats. In: *Aves RAPCO*. Costa Rica. <http://www.soyamex.com.mx/sp/Animal/index.html>.
- Narciso, G. C. 2002. Estimación de energía metabolizable y valor biológico de aceite de soya con alto contenido de ácidos grasos libres, para la alimentación de aves. Tesis. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco. Edo. de Méx. 36 pp.
- Pardío, V. T., L. A. Landin., K. N. Waliszewski., C. Badillo., and F. Perez-Gil. 2001. The effect of acidified soapstocks on feed conversion and broiler skin pigmentation *Poultry Science* 80:1236–1239.
- Pardío, V. T., L. A. Landin., K. N. Waliszewski., F. Pérez-Gil., L. Díaz., and B. Hernández. 2005. The effect of soybean soapstock on the quality parameters and fatty acid composition of the hen egg yolk. *Poultry Science* 84:148–157.
- SAS Institute. 2000. *Statistical Analysis System*. The SAS system for Window release 8.0. USA. 558 p.
- Scott, M. L., M. C. Nesheim and R. J. Young. 1982. *Nutrition of the chicken*. Published by: M. L. Scott and Associates. Ithaca, New York, Third, Edition. USA. 511 pp.
- Sell, J. L., C. A. Roselina and F. Escribano. 1987. Influence of supplemental fat on weights of eggs and yolks during early egg production. *Poult. Sci.* 66:1807-1812.

- Senköylü, N., H. Akyürek., H. E. Samli and N. Yurdakurban. 2004. Performance and egg weight of laying hens fed on the diets with various by-product oils from the oilseed extraction refinery. *Pakistan J. Nutr.* 3 (1): 38-42.
- Sohail, S. S., M. M. Bryant, and D. A. Roland. 2003. Influence of dietary fat on economic returns of commercial Leghorns. *J. Appl. Poult. Res.* 12:356–361.
- Steel, R. G. D., J. H. Torrie and D. A. Dickey. 1988. *Bioestadística: Principios y procedimientos*. 2a Edición. Ed. McGraw-Hill. México. 622 pág.
- Valdés, N. V. M. 2007. Comportamiento productivo, calidad del cascarón, resistencia a la ruptura de tibia y rentabilidad de gallinas de primer ciclo con niveles de calcio y fósforo disponible en la dieta. En: *Productividad biológica y económica de gallinas Leghorn blanca con niveles de calcio y fósforo*. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de Méx. 94 p.
- Valenzuela, B. A., Sanhueza C. J. y K. S. Nieto 2002. El uso de lípidos estructurados en la nutrición: Una tecnología que abre nuevas perspectivas en el desarrollo de productos innovadores. *Rev Chil Nutr.* Vol. 29 (2). *Versión on-line*
- Vila, B., and E. Esteve-García. 1996. Studies on acid oils and fatty acids for chickens: III Effect of chemical composition on metabolisable energy of by-products of vegetable oil refining. *Br. Poult. Sci.* 37:131-144.
- Whitehead, C. C. 1981. The response of egg weight to the inclusion of different amounts of vegetable oil and linoleico acid in the diet of laying hens. *Br. Poult. Sci.* 22:525-532.
- Whitehead, C. C. 1995. Plasma oestrogen and the regulation of egg weight in laying hens by dietary fats. *An. Feed Sci. and Tech.* Vol. 53:91-98.
- Wiseman, J., J. Powles., and F. Salvador. 1998. Comparison between pigs and poultry in the prediction of dietary energy value of fats. *An. Feed Sci. and Tech.* Vol (71):1-9.
- Wu, G., M. M. Bryant, R. A. Voitle and D. A. Roland Sr. 2005. Effect of dietary energy on performance and egg composition of Bovans White and Dekalb White hens during phase I. *Poult. Sci* 84:1610–1615.
- Wu, G., M. M. Bryant., P. Gunawardana and D. A. Roland Sr. 2007. Effect of nutrient density on performance, egg components, egg solids, egg quality, and profits in eight commercial Leghorn strains during phase one. *Poult. Sci.* 86:691-697.
- Zumbado M. E., C. W. Scheele and C. Kwakernaak. 1999. Chemical composition, digestibility, and metabolizable energy content of different fat and oil by-products. *Poult. Sci.* 8:263-271.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

CONCLUSIONES

1. La interacción energía metabolizable por calcio mejoró el peso del huevo y la masa de huevo durante el inicio de la postura.
2. Incrementar la EM en la dieta redujo el consumo de alimento y mejoró la conversión alimenticia.
3. El calcio no afectó a las características productivas evaluadas, en los dos experimentos.
4. Sustituir el aceite de soya crudo por el acidificado no afectó ninguna de las características productivas y redujo los costos de producción por concepto de alimentación.
5. Incrementar la concentración de la energía metabolizable en la dieta de gallinas de 46 semanas de edad, aumentó el peso del huevo y redujo el consumo de alimento, pero no mejoró la conversión alimenticia.

RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar una combinación de 2.9 Mcal de EM kg⁻¹ de alimento y 4.6% de calcio en las dietas de gallinas al inicio de la postura para aumentar el peso del huevo, pero hay que realizar ajustes en la concentración de los demás nutrientes, ya que al aumentar la concentración de energía, las gallinas reducen el consumo de alimento, pudiendo esto causar una deficiencia de nutrientes. Los subproductos de refinería al ser más baratos que los aceites crudos o los refinados pueden utilizarse en gallinas en postura para reducir los costos de producción; sin embargo, hay que tomar en cuenta la composición del aceite acidificado en términos de: su contenido de humedad, impurezas y compuestos no saponificables, ya que éstos influyen en su valor de EM, el cual es importante considerar al momento de la formulación.

LITERATURA GENERAL CONSULTADA

- Ahmad, H. A., S. S. Yadalam and D. A. Roland, Sr. 2003. Calcium requirement of Bovanes hens. *Int. J. Poult. Sci.* 2(6): 417-420.
- Atteh, J. O. and S. Leeson. 1984. Effects of dietary fat level on laying hens fed various concentrations of calcium. *Poult. Sci.* 64:2090-2097.
- Baiao, N. C. and L. J. C Lara. 2005. Oil and fat in broiler nutrition. *Braz. J. Poult. Sci.* 7(3):129 – 141.
- Balevi, T and B. Coskun. Effects of some dietary oils on performance and fatty acid composition of eggs in layers. *Revue Méd. Vét.* 151 (8-9): 847-854
- Castillo, C., M. Cuca., A. Pro., M. González and E. Morales. 2004. Biological and economic optimum level of calcium in white Leghorn laying hens. *Poult. Sci.* 83:868-872.
- Cooper, O. 2007. So you want to... control egg size. In: *Poult. World*; Apr; 161, 4; pg 28.
- El financiero en línea. 2007. Continuarán presiones inflacionarias, advierte el CEESP. Mayo 7. pp: 1-2. www.elfinanciero.com.mx
- Emmans, G. C. and I. Kyriazakis. 2000. Issues arising from genetic selection for growth and body composition characteristics in poultry and pigs. In: *The Challenge of Genetic Change in Animal Production*. British Society of Animal Science Occasional Publication no. 27, pp. 39–53 [WG Hill, SC Bishop, B McQuirk, JC McKay, G Simm and AJ Webb, editors]. Edinburgh: Br. Soc. of An. Sci.
- Grobas, S., J. Mendez., C. De Blas and G. G. Mateos. 1999. Laying hen productivity as affected by energy, supplemental fat, and linoleic acid concentration of the diet. *Poult. Sci* 78:1542–1551.
- Harms, R. H. and P. W. Waldroup. 1971. The effect of high dietary calcium on the performance of laying hens. *Poult. Sci.* 50:967-969.
- Harms, R. H., M. A. Motl and G. B. Russell. 2000a. Influence of age at lighting, dietary calcium, and addition of corn oil on early egg weight. *J. Appl. Poult. Res.* 9:334-342.
- Harms, R. H., G. B. Russell and D. R. Sloan. 2000b. Performance of four strains of commercial layers with major changes in dietary energy. *J. Appl. Poult. Res.* 9:535-541.
- Jones, D. R., K. E. Anderson and G. S. Davis. 2001. The effects of genetic selection on production parameters of Single Comb White Leghorn hens. *Poult. Sci.* 80:1139-1143.
- Keshavarz, K. y S. Nakajima. 1995. The effect of dietary manipulations of energy, protein, and fat during the growing and laying periods on early egg weight and egg components. *Poult. Sci.* 74:50-61.
- Keshavarz, K. 1995. Further investigations of dietary manipulations of nutrients on early egg weight. *Poult. Sci.* 74:62-74.

- Leeson, S. and J. D. Summers 2005. Commercial poultry nutrition. 3th Ed. University Books, Guelph, Ontario, Canadá. 398 p.
- Lipstein, B., P. Budowski and S. Bornstein. 1965. Effect of autoxidation on the nutritive value of acidulated soybean soapstock in chicks. *Poult. Sci.* 44:1480-1488.
- Miles, R. D., and G. D. Butcher. 2005. Advantages and disadvantages of feeding fats in poultry nutrition. In: Aves RAPCO. Costa Rica. <http://www.soyamex.com.mx/sp/Animal/index.html>.
- Moran Jr, T. E. 2005. Factor regulating the digestion and absorption of fats. In: Aves RAPCO. Costa Rica. <http://www.soyamex.com.mx/sp/Animal/index.html>.
- Narciso, G. C. 2002. Estimación de energía metabolizable y valor biológico de aceite de soya con alto contenido de ácidos grasos libres, para la alimentación de aves. Tesis. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco. Edo. de Méx. 36 pp.
- Ousterhout, L. E. 1980. Effects of calcium and phosphorus levels on egg weight and egg shell quality in laying hens. *Poult. Sci.* 59:1480-1484.
- Pardio, V. T., L. A. Landin., K. N. Waliszewski., C. Badillo and F. Perez-Gil. 2001. The effect of acidified soapstocks on feed conversion and broiler skin pigmentation. *Poult. Sci.* 80:1236–1239.
- Pardío, V. T., L. A. Landín., K. N. Waliszewski., F. Pérez-Gil., L. Díaz and B. Hernández. 2005. The effect of soybean soapstock on the quality parameters and fatty acid composition of the hen egg yolk. *Poult. Sci.* 84:148–157.
- Parsons, C. M., K. W. Koelkebeck., Y. Zhang., X Wang and R.W. Leeper. 1993. Effect of dietary protein and added fat levels on performance of young laying hens. *J. Appl. Poult. Res.* 2:214-220.
- SAS Institute. 2000. Statistical Analysis System. The SAS system for Window release 8.0. USA. 558 p.
- Scott, M. L., M. C. Nesheim and R. J. Young. 1982. Nutrition of the chicken. Published by: M. L. Scott and Associates. Ithaca, New York, Third, Edition. USA. 511 pp.
- Sell, J. L., C. A. Roselina and F. Escribano. 1987. Influence of supplemental fat on weights of eggs and yolks during early egg production. *Poult. Sci.* 66:1807-1812.
- Senköylü, N., H. Akyürek., H. E. Samli and N. Yurdakurban. 2004. Performance and egg weight of laying hens fed on the diets with various by-product oils from the oilseed extraction refinery. *Pakistan J. Nutr.* 3 (1): 38-42.
- Shalev, B. A. and H. Pasternak. 1993. Increment of egg weight with hen age in various commercial avian species. *Br. Poult. Sci.* 34:915-924.
- Sohail, S. S., M. M. Bryant, and D. A. Roland. 2003. Influence of dietary fat on economic returns of commercial Leghorns. *J. Appl. Poult. Res.* 12:356–361.
- Steel, R. G. D., J. H. Torrie and D. A. Dickey. 1988. Bioestadística: Principios y Procedimientos. 2a Edición. Ed. McGraw-Hill. México. 622 pág.

- Valdés, N. V. M. 2007. Comportamiento productivo, calidad del cascarón, resistencia a la ruptura de tibia y rentabilidad de gallinas de primer ciclo con niveles de calcio y fósforo disponible en la dieta. En: Productividad biológica y económica de gallinas Leghorn blanca con niveles de calcio y fósforo. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de Méx. 94 p.
- Valenzuela, B. A., Sanhueza C. J. y K. S. Nieto 2002. El Uso de Lípidos Estructurados en la Nutrición: Una tecnología que abre nuevas perspectivas en el desarrollo de productos innovadores. *Rev Chil Nutr.* Vol. 29 (2). *Versión on-line*
- Vila, B., and E. Esteve-García. 1996. Studies on acid oils and fatty acids for chickens: III Effect of chemical composition on metabolizable energy of by-products of vegetable oil refining. *Br. Poult. Sci.* 37:131-144.
- Whitehead, C. C. 1995. Plasma oestrogen and the regulation of egg weight in laying hens by dietary fats. *An. Feed Sci. and Tech.* Vol. 53:91-98.
- Whitehead, C. C. 1981. The response of egg weight to the inclusion of different amounts of vegetable oil and linoleico acid in the diet of laying hens. *Br. Poult. Sci.* 22:525-532.
- Wiseman, J., J. Powles., and F. Salvador. 1998. Comparison between pigs and poultry in the prediction of dietary energy value of fats. *An. Feed Sci. and Tech.* Vol (71):1-9.
- Wu, G., M. M. Bryant, R. A. Voitle and D. A. Roland Sr. 2005. Effect of dietary energy on performance and egg composition of bovans white and dekalb white hens during phase I. *Poult. Sci.* 84:1610–1615.
- Wu, G., M. M. Bryant., P. Gunawardana and D. A. Roland Sr. 2007. Effect of nutrient density on performance, egg components, egg solids, egg quality, and profits in eight commercial Leghorn strains during phase one. *Poult. Sci.* 86:691-697.
- Zumbado M. E., C. W. Scheele and C. Kwakernaak. 1999. Chemical composition, digestibility, and metabolizable energy content of different fat and oil by-products. *Poult. Sci.* 8:263-271.