

## MANIPULACIÓN DEL COLESTEROL Y LÍPIDOS TOTALES EN EL HUEVO DE GALLINAS SUPLEMENTADAS CON COBRE Y CROMO

Yaneth López Mora; Bernardino Espinoza Velasco; Mariano J. González Alcorta.

### RESUMEN

Se evaluó el efecto de suplementar dietas con Cu (0 y 117 mg kg<sup>-1</sup>) y Cr (0, 1.2, 2.4 y 3.6 mg kg<sup>-1</sup>) en Concentración de Colesterol (CC), Concentración de Lípidos Totales (CLT) en 100 g de muestra, Colesterol Excretado (CE) y Lípidos Totales Excretados (LTE) en Masa de Huevo Ave/Día (MHAD). Trescientas sesenta gallinas Bovans White de 31 semanas, se distribuyeron al azar en ocho tratamientos en un diseño completamente al azar con arreglo factorial de tratamientos y submuestreo. El periodo experimental duró 12 semanas. Se midieron las variables CC y CLT, así como CE y LTE en MHAD. Se realizó una comparación de medias múltiples con la prueba de Tukey. La suplementación con Cu, no modificó ( $P \geq 0.05$ ) la CC (358, 359 mg), ni ( $P \geq 0.05$ ) la CLT (10, 10 g), pero incrementó ( $P \leq 0.05$ ) 3% el CE (206b, 213a mg), los LTE se elevaron ( $P \leq 0.01$ ) 4% (5.70b, 6.04a g) y mejoró ( $P < 0.05$ ) la MHAD (57.79b, 59.35a g) 3.05%. La suplementación con Cr, no cambió ( $P \geq 0.05$ ) la CC (355, 354, 365, 359 mg), la CLT (10, 9, 10, 9 g), el CE (209, 209, 211, 210 mg), los LTE (5.99, 5.88, 5.87, 5.91 g), ni la MHAD (58, 58, 57, 58).

**Palabras clave:** gallinas, Cromo, Cobre, colesterol, lípidos totales.

## CHOLESTEROL AND TOTAL LIPIDS IN EGGS FROM HENS SUPPLEMENTED WITH COPPER AND CHROMIUM

Yaneth López Mora; Bernardino Espinoza Velasco; Mariano J. González Alcorta.

### ABSTRACT

The effect of supplementing the diet of laying hens with Cu (0 and 117 mg kg<sup>-1</sup>) and Cr (0, 1.2, 2.4 and 3.6 mg kg<sup>-1</sup>) on cholesterol concentration (CC), total lipids (CLT) in 100 g of sample; and the cholesterol excreted (EC) and total lipids excreted (LTE) in egg mass per bird (MHAD). Three hundred and sixty Bovans White hens of 31 weeks of age were used. They were randomly assigned into eight treatments in a completely randomized design in a factorial arrangement, response variables were measured in subsamples. The experiment lasted 12 weeks. After the analysis of variance a multiple comparison of means was performed using the Tukey test. The level of Cu, did not ( $P \geq 0.05$ ) modified the CC (358, 359 mg), and the CLT ( $P \geq 0.05$ ; 10, 10 g), but augmented ( $P \leq 0.05$ ) 3% CE (206b, 213th mg), increased LTE ( $P \leq 0.01$ ) 4% (5.70b, 6.04ag) and improved ( $P < 0.05$ ) MHAD (57.79b, 59.35a g) by

3.05%. The Cr supplementation not affected ( $P \geq 0.05$ ) CC (355, 354, 365, 359 mg), CLT ( $P \geq 0.05$ ; 10, 9, 10, 9 g), CE ( $P \geq 0.05$ ; 209, 209, 211, 210 mg), LTE ( $P \geq 0.05$ ; 5.99, 5.88, 5.87, 5.91 g), neither MHAD ( $P \geq 0.05$ ; 58, 58, 57, 58). The effect of week affected ( $P \leq 0.05$ ) all variables except MHAD.

**Keywords:** hens, chromium, copper, cholesterol, total lipids.

## INTRODUCCIÓN

La manipulación nutrimental del contenido de colesterol y de lípidos totales en el huevo podría contribuir a regular el consumo de los mismos en beneficio de la salud de la población mexicana. Lo anterior toma más importancia dado el alto consumo *per cápita* del huevo en México (25 kg). Un alto consumo de colesterol puede ser un factor de riesgo para la incidencia de enfermedades cardiovasculares. Se estima que las enfermedades cardiovasculares representan una de las tres causas más frecuentes de mortalidad humana. A nivel mundial, en América Latina y el Caribe las enfermedades cardiovasculares representan el 31% del total de las defunciones y en los próximos 20 años estas se triplicarán (SSA, 2010).

Con respecto a los lípidos totales, si se consumen grandes cantidades de grasa de origen animal se podrían tener efectos biológicos negativos siendo estas fuentes ricas de lípidos y colesterol que pueden depositarse en las paredes internas de las arterias, predisponiendo a un mayor riesgo cardiovascular (Cortés, 2006).

El huevo es un alimento de origen animal con excelente contenido de nutrimentos; sin embargo, por su contenido de colesterol (215 mg/pieza), muchos consumidores

limitan su consumo o lo eliminan de su dieta. Por tal motivo, diversos estudios se han dirigido para tratar de reducir la concentración de colesterol en el huevo.

Existen evidencias de que el Cobre al ser suplementado en la dieta de gallinas de postura podría disminuir el contenido de colesterol en la yema del huevo (Izzat *et al.*, 2000). Ankari *et al.* (1998) indican que la suplementación con 50 a 250 mg de Cu kg<sup>-1</sup> dieta reduce la cantidad de triglicéridos de la yema hasta en un 30% y la del colesterol hasta en un 14%.

El Cromo ha alcanzado gran popularidad como suplemento alimenticio en la población donde se utiliza de forma frecuente como ayuda para perder peso a través de disminuir los lípidos totales (NRC, 1997). Estudios en aves como los realizados por Lien *et al.* (2004) observaron que la suplementación con Cr en dietas para gallinas de 45 semanas de edad reducen los triglicéridos y el colesterol en suero de gallina y una disminución significativa del colesterol en yema.

Por el contenido de colesterol y lípidos un huevo “ideal” para la salud humana sería aquel con la menor cantidad posible de lípidos totales y un bajo nivel de colesterol.

El presente estudio se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de la suplementación con Cobre y Cromo en la dieta de gallinas de postura sobre el contenido de colesterol y lípidos totales en el huevo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se usaron 360 gallinas Leghorn Bovans White en su primer ciclo de postura, repartidas en ocho tratamientos con cinco repeticiones cada uno. Las unidades experimentales se conformaron por nueve gallinas y fueron distribuidas al azar en dos aves por jaula. El agua y el alimento se proporcionaron a libre acceso durante doce semanas de prueba. Las dietas utilizadas (Cuadro 1) fueron elaboradas con base de sorgo y pasta de soya, calculadas para cubrir los requerimientos nutrimentales de las aves de postura. Los niveles suplementarios de Cromo fueron 0.0, 1.2, 2.4 y 3.6 mg Cr kg<sup>-1</sup> de dieta, usando como fuente picolinato de Cromo (0.04%) y los niveles de Cobre fueron 0.0 y 117 mg Cu kg<sup>-1</sup> de dieta, usando como fuente sulfato de Cobre pentahidratado (25.2%).

El ensayo biológico comprendió el periodo de 31 a 42 semanas de edad de las aves, durante el cual se hicieron muestreos de huevos a la semana 1, 4, 8 y 12 del inicio del experimento, la evaluación de los niveles de colesterol y lípidos totales del huevo se realizó posterior al término del experimento en las instalaciones del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. La yema y la clara se mezclaron hasta homogenizar bien la muestra, se guardaron en recipientes de plástico y se mantuvieron en congelación a -20 °C hasta su análisis.

La extracción de lípidos totales se realizó de acuerdo con los métodos oficiales de la AOAC (2000, método 923.07), utilizando una mezcla de solventes (1:1), cloroformo (J. T. Baker 9180-02) y etanol (J. T. Baker 9014-02). Los lípidos totales se determinaron por gravimetría y se expresaron como porcentaje en relación con el

peso de la muestra. La determinación de colesterol total fue por saponificación directa (Abell *et al.*, 1951) y se cuantificó utilizando como estándar interno el 5-alfa-colestano, en un cromatógrafo de gases Varian 3400CX (Fenton y Sim, 1991), equipado con una columna capilar DB-5 (3 m x 0.25 mm id) y un detector de ionización de flama. El gas usado como acarreador fue el nitrógeno, aplicando un flujo de 30 mL min<sup>-1</sup>. Las temperaturas utilizadas fueron: columna 280 °C, inyector 260 °C y detector 280 °C.

Para el análisis de los datos de concentración de colesterol (CC) y de lípidos totales del huevo (CLT), así como para masa diaria de huevo (MHAD), colesterol excretado (CE) y lípidos excretados (LTE) se utilizó un diseño completamente al azar con submuestreos y con arreglo factorial, donde se evaluaron los efectos de los niveles de Cr (0, 1.2, 2.4 y 3.6 mg kg<sup>-1</sup>), de Cu (0 y 117 mg kg<sup>-1</sup>) y el tiempo de suplementación (días 0, 30, 60 y 90). Para cada variable se efectuó un análisis de varianza con una prueba de comparación de medias de Tukey (p<0.05), mediante el procedimiento GLM del programa Statistical Analysis System (SAS, 2004). Se utilizó el modelo estadístico:  $Y_{ijkl} = \mu + Cu_i + Cr_j + Semana_k + Cu_i * Cr_j + Semana_k * Cu_i * Cr_j + E_{ijk} + E_{ijkl}$ ; donde:  $Y_{ijkl}$  = valor de la variable de respuesta;  $\mu$  = media general;  $Cu_i$  = efecto del i-ésimo nivel de Cobre,  $i = 0$  y 117 mg kg<sup>-1</sup>;  $Cr_j$  = efecto del j-ésimo nivel de Cromo,  $j = 0, 1.2, 2.4, \text{ y } 3.6$  mg kg<sup>-1</sup>;  $Semana_k$  = Semana de experimentación  $k = 0, 30, 60, 90$ ;  $E_{ijk}$  = Error experimental;  $E_{ijkl}$  = Error de submuestreo.

Cuadro 1. Tratamientos<sup>z</sup> y dieta base usada durante el experimento.

Ingrediente, %	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Sorgo	58.58	58.58	58.58	58.58	58.58	58.58	58.58	58.58
Pasta de soya	26.32	26.32	26.32	26.32	26.32	26.32	26.32	26.32
Aceite de soya	2.22	2.22	2.22	2.22	2.22	2.22	2.22	2.22
Carbonato de calcio	9.55	9.55	9.55	9.55	9.55	9.55	9.55	9.55
Fosfato dicálcico	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43
DL-Metionina	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Treonina	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Premezcla de minerales <sup>y</sup>	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Premezcla de vitaminas <sup>x</sup>	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Sal	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Pigmento	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
Picolinato de cromo (0.04% de Cr)	0.00	0.30	0.60	0.90	0.00	0.3	0.60	0.90
Sulfato de cobre (25.2% de Cu)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05	0.05
Arena <sup>w</sup>	0.95	0.65	0.35	0.05	0.90	0.60	0.30	0.00
Total	100	100	100	100	100	100	100	100
Análisis nutrimental calculado								
EM, Mcal kg <sup>-1</sup>	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75
Proteína cruda, %	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00
Metionina digestible, %	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Lisina digestible, %	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74
Treonina digestible, %	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52
Metionina + Cistina, %	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73
Calcio, %	4.10	4.10	4.10	4.10	4.10	4.10	4.10	4.10
Fósforo disponible, %	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
Cromo calculado, mg kg <sup>-1</sup>	0	1.2	2.4	3.6	0	1.2	2.4	3.6
Cobre analizado, mg kg <sup>-1</sup>	9.1	9.4	7.2	7.4	113.7	118.1	119.3	115.4

<sup>z</sup> Tratamientos: T1 (0 mg Cr kg<sup>-1</sup> y 0 mg Cu kg<sup>-1</sup>); T2 (1.2 mg Cr kg<sup>-1</sup> y 0 mg Cu kg<sup>-1</sup>); T3 (2.4 mg Cr kg<sup>-1</sup> y 0 mg Cu kg<sup>-1</sup>); T4 (3.6 mg Cr kg<sup>-1</sup> y 0 mg Cu kg<sup>-1</sup>); T5 (0 mg Cr kg<sup>-1</sup> y 177 mg Cu kg<sup>-1</sup>); T6: (1.2 mg Cr kg<sup>-1</sup> y 177 mg Cu kg<sup>-1</sup>); T7: (2.4 mg Cr kg<sup>-1</sup> y 177 mg Cu kg<sup>-1</sup>), y T8: (3.6 mg Cr kg<sup>-1</sup> y 177 mg Cu kg<sup>-1</sup>); <sup>y</sup> La premezcla de minerales no tenía Cu ni Cr y aportaba 240 mg kg<sup>-1</sup> Mg, 1.40 mg kg<sup>-1</sup> de I, 200 mg kg<sup>-1</sup> de Zn, 0.80 mg kg<sup>-1</sup> de Se, 240 mg kg<sup>-1</sup> de Fe y 0.40 mg kg<sup>-1</sup> de Co; <sup>x</sup> La premezcla de vitaminas incluyó por tonelada 7,700,000 UI de Vit. A, 3,300,000 UI de Vit. D3, 6,600 UI Vit. E, 550 mg Vit. K, 1.8 mg de Tiamina, 8.8 mg de Vit. B12, 4.4 g de Riboflavina, 110 mg de Ácido Fólico, 55 mg de Biotina, 5.5 g de Ácido Pantoténico, 22 g de Niacina y 275 g de Colina; <sup>w</sup> Los niveles de la fuentes de Cu y Cr sustituyeron a la arena en la dieta.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de la Concentración de Colesterol (CC) y Concentración de Lípidos Totales (CLT) en 100 g de muestra se observan en el Cuadro 2. La semana experimental incrementó ( $P < 0.05$ ) la Concentración de Colesterol de 285.55 mg a 373.028 mg (Figura 1). La suplementación con Cu no modificó ( $P \geq 0.05$ ) la CC. De la misma manera, el Cr no afectó ( $P \geq 0.05$ ) la CC (Cuadro 2). Sin embargo, la interacción de Cu ( $117 \text{ mg kg}^{-1}$ ) y Cr ( $2.4 \text{ mg Kg}^{-1}$ ) afectó ( $P < 0.05$ ) la CC, disminuyéndola a  $354.74 \text{ mg}/100 \text{ g}$  de muestra, contrario a lo que sucedió al suplementar Cu ( $0 \text{ mg kg}^{-1}$ ) y Cr ( $2.4 \text{ mg Kg}^{-1}$ ), aumentando la CC a  $375.96 \text{ mg}/100 \text{ g}$  de muestra (Figura 2). La interacción semana\*Cu\*Cr resultó significativa ( $P < 0.05$ ) (Cuadro 2), lo cual indica que en las diferentes etapas del experimento (1, 4, 8 y 12 semanas) las variables de respuesta fueron diferentes entre tratamientos.

Cuadro 2. Efecto de la suplementación con Cobre y Cromo a gallinas de postura sobre la Concentración de Colesterol (CC) y Concentración de Lípidos Totales (CLT). Datos con base en 100 g de muestra.

Parámetro	Cu ( $\text{mg Kg}^{-1}$ )	Cr ( $\text{mg kg}^{-1}$ )				Media	EEM	Semana	Significancia			
		0	1.2	2.4	3.6				Cu	Cr	Cu*Cr	Sem*Cu*Cr
CC ( $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ )	0	343.32b	356.36ab	375.96a	357.00ab	358.16	3.20	**	NS	NS	**	**
	117	367.82ab	353.40ab	354.74ab	361.22ab	359.29	3.20					
	Medias	355.57a	354.88a	365.53a	359.11a							
	EEM	4.52	4.52	4.52	4.52							
CLT ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ )	0	9.88	9.95	10.23	9.97	10.01	0.728	*	NS	NS	NS	NS
	117	10.41	9.94	10.00	10.01	10.09	0.728					
	Medias	10.14	9.94	10.12	9.99							
	EEM	0.103	0.103	0.103	0.103							

<sup>z</sup> Medias sin una letra en común, dentro de fila o columna, son diferentes ( $p \leq 0.05$ ).

NS, \*, \*\*; No significativo, y significativo a una  $p \leq 0.05$ ,  $0.01$ , respectivamente.

EEM, error estándar de la media.

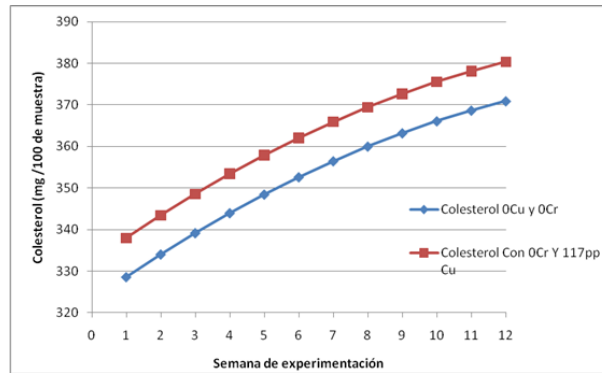


Figura 1. Colesterol obtenido en respuesta a la semana de suplementación. Comparación con 0 Cr, 0 Cu y 0 Cr, 117 Cu.

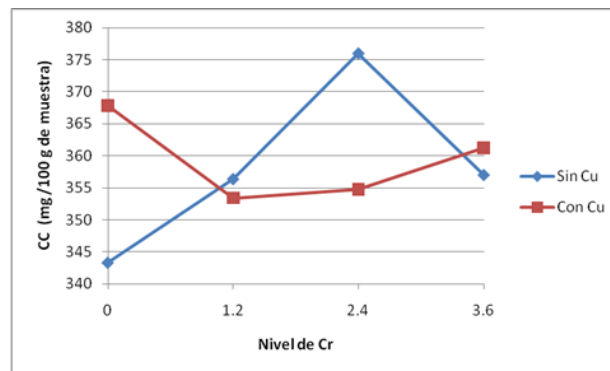


Figura 2. Concentración de Colesterol (CC) obtenido en base a 100 g de muestra.

La CLT se modificó ( $P < 0.05$ ) por la semana de experimentación (Figura 3) variando los resultados en cada una de estas. La suplementación con Cu no modificó ( $P \geq 0.05$ ) la CLT, tampoco se modificó ( $P \geq 0.05$ ) con el Cr (Cuadro 3 y Figura 4). La suplementación de Cu más Cr no cambió ( $P \geq 0.05$ ) la CLT. La interacción Semana\*Cu\*Cr no fue ( $P \geq 0.05$ ).

El análisis de MHAD con CE y LTE mostró una correlación positiva. De tal forma que se tomó en cuenta la MHAD para el análisis, los resultados se muestran en el Cuadro 3 y Figura 5. La semana experimental no afectó ( $P \geq 0.05$ ) la MHAD; sin embargo, el nivel dietético del Cu la incrementó ( $P < 0.05$ ) un 3.05% (57.79 a 59.35 g; Cuadro 3).



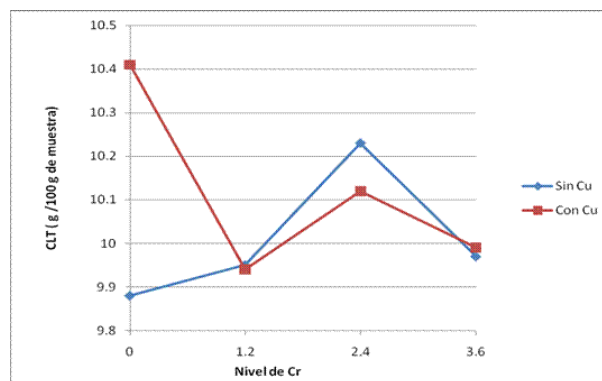


Figura 3. Concentración de Lípidos Totales (CLT) obtenidos en base a 100 g de muestra.

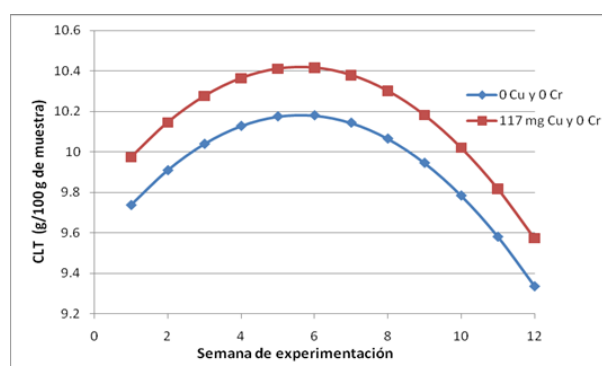


Figura 4. Lípidos Totales en respuesta a la semana de suplementación. Comparación de Testigo (0 Cr, 0 Cu) y Tratamiento cinco (0 Cr, 117 Cu).

Cuadro 3. Relación entre Masa de Huevo por Ave por Día (MHAD), Colesterol Excretado (CE) y Lípidos Totales Excretados (LTE) del huevo de gallinas suplementadas con Cobre y Cromo. Datos con base a masa de huevo.

Parámetro	Cu(mgKg <sup>-1</sup> )	Cr (mgKg <sup>-1</sup> )				Medias	EEM	Semana	Significancia			
		0	1.2	2.4	3.6				Cu	Cr	Cu*Cr	Sem*Cu*Cr
MHAD (g a <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )	0	59.30a	58.51a	55.42b	57.91ab	57.79b	0.34	NS	**	NS	**	NS
	117	58.41ab	59.47a	60.31a	59.22a	59.35a	0.34					
	Medias	58.86a	58.99a	57.87a	58.57a							
	EEM	0.48	0.48	0.48	0.48							
CE (mg)	0	203.50	208.38	208.36	206.95	206.80b	2.24	**	*	NS	NS	**
	117	214.85	210.12	213.95	214.00	213.23a	2.24					
	Medias	209.17a	209.25a	211.15a	210.47a							
	EEM	3.17	3.17	3.17	3.17							
LTE (g)	0	5.85ab	5.81ab	5.68b	5.82ab	5.79b	0.049	*	**	NS	NS	NS
	117	6.14a	5.95ab	6.06ab	6.00ab	6.04a	0.049					
	Medias	5.99	5.88	5.87	5.91							
	EEM	0.069	0.069	0.069	0.069							

<sup>z</sup> Medias sin una letra en común, dentro de fila o columna, son diferentes ( $p \leq 0.05$ ).

NS, \*, \*\*; No significativo, y significativo a una  $p \leq 0.05$ , 0.01, respectivamente.

EEM, error estándar de la media.

La suplementación individual con Cr ( $2.4 \text{ mg Kg}^{-1}$ ) no incrementó ( $P \geq 0.05$ ) la MHAD (Figura 6), no obstante la suplementación conjunta Cu ( $117 \text{ mg Kg}^{-1}$ ) y Cr ( $2.4 \text{ mg Kg}^{-1}$ ) la incrementa ( $P < 0.05$ ) de  $55.42 \text{ g}$  a  $60.31 \text{ g}$  (Figura 6). No se detectó ( $P \geq 0.05$ ) una interacción de semana\*Cu\*Cr, lo que significa que las tendencias varían en los resultados a través del tiempo de suplementación (Cuadro 3).

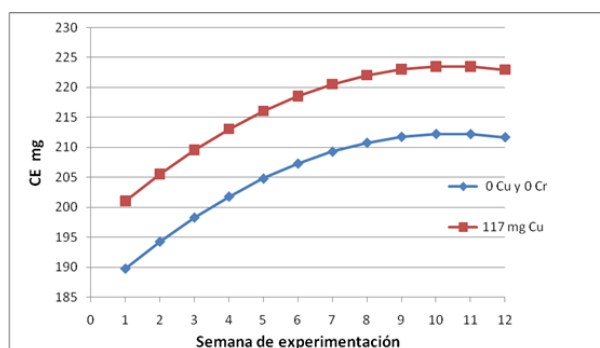


Figura 5. Colesterol Excretado en base a Masa de Huevo por Ave por Día en respuesta al periodo de experimentación. Testigo (0 Cr, 0 Cu) y Tratamiento 5 (0 Cr,  $117 \text{ mg kg}^{-1}$  Cu).

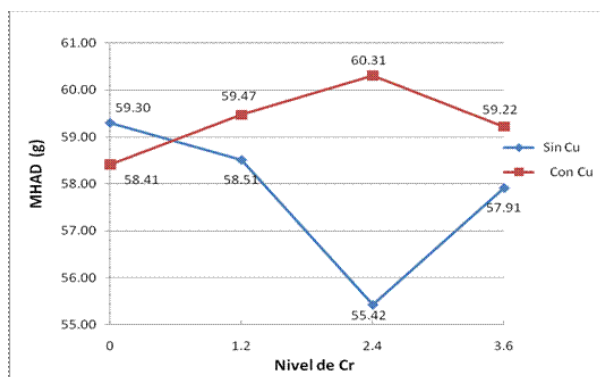


Figura 6. Masa de Huevo por Ave por Día (MHAD) de gallinas en respuesta a la suplementación de Cromo y Cobre en la dieta.

Los resultados obtenidos para MHAD coinciden con los obtenidos por Bañuelos (2009), quien encontró que con  $117 \text{ mg Cu kg}^{-1}$  de dieta se maximiza la masa de huevo. La mejoría en Masa de Huevo por Ave por Día puede deberse a los efectos que tiene el Cobre tanto a nivel intestinal como metabólico, ya que la mayor

absorción de Cobre se realiza en el intestino delgado, básicamente en duodeno e íleon (Pontes y Castello, 1995; Klasing, 2000; Institute of Medicine, 2001). El Cobre participa como componente esencial de diversas cuproenzimas y cuproproteínas, las cuales participan en diversos procesos fisiológicos y metabólicos mejorando el contenido de energía metabolizable de las dietas y la digestibilidad de la materia seca (O'Dell y Sunde, 1997), afectándola positivamente y otros parámetros productivos (Aoyagi y Baker, 1995). Por el contrario, existen investigaciones (Banks *et al.*, 2004; Oba *et al.*, 2005; Bañuelos, 2009) que indican que suplementar Cu no modifica la masa de huevo e incluso Ankari *et al.* (1998) y Liu *et al.* (2005) reportaron que la suplementación con 250 y 260 mg de Cu kg<sup>-1</sup> de alimento puede disminuir la masa de huevo, lo cual puede deberse a que concentraciones mayores a 250 mg Cu kg<sup>-1</sup> de dieta pueden producir lesiones en la capa protectora de la molleja (NRC, 1997) y afectar la retención de minerales (Banks *et al.*, 2004).

Los resultados de CE se presentan en el Cuadro 3. La semana experimental afectó (P<0.05) el CE, incrementándose de 189.80 mg kg<sup>-1</sup> a 211.69 mg kg<sup>-1</sup> por la semana experimental (Figura 5). La suplementación con Cu incrementó (P<0.05) el CE, de 206.80 a 213.23 mg, que representa 3.10%, lo que se puede atribuir al incremento en la MHAD. La suplementación con Cr no modificó (P≥0.05) el CE (Figura 7), igualmente la interacción Cu\*Cr no afectó (P≥0.05) el CE.

El incremento del CE se justifica en lo descrito por Sutton *et al.* (1984), quienes explican que al aumentar la energía metabolizable se afecta positivamente la masa de huevo y por consiguiente se incrementa el nivel del colesterol. Los resultados también concuerdan con los reportados por Vorlova *et al.* (2001) y Bañuelos (2009)

quienes mencionan que el comportamiento anterior es normal y se relaciona con el peso del huevo y la semana de producción en la que el animal se encuentre.

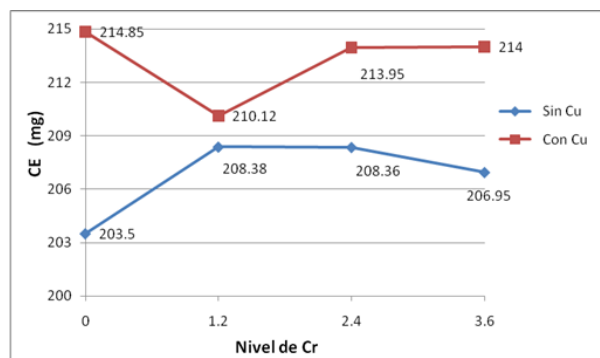


Figura 7. Colesterol Excretado (CE) en base a Masa de Huevo por Ave por Día obtenido al suplementar gallinas con diferentes niveles de Cobre y Cromo en la dieta.

Los resultados obtenidos de CE son contrarios a los reportados por Pesti y Bakalli (1998) y Konjufca *et al.* (1997), quienes al suplementar con 125 y 250 mg Cu kg<sup>-1</sup> de la dieta se reduce la concentración de colesterol y que a medida que el nivel de suplementación de Cobre en la dieta se aumentaba hasta 250 mg Cu kg<sup>-1</sup> dieta, la cantidad de colesterol en la yema se reducía hasta 34% respecto al testigo. De igual forma, Idowu *et al.* (2006) al suplementar Cobre a niveles de 0 a 250 mg de Cu kg<sup>-1</sup> dieta observaron que se puede reducir la concentración de colesterol en el huevo hasta en 26%, respecto al testigo lo cual no concuerda con los resultados obtenidos en el presente estudio. Deduciéndose que en la presente investigación no se observó una disminución del colesterol excretado en el huevo debido a que el nivel de Cu suplementado no fue suficientemente alto.

Los resultados del análisis de LTE se presentan en el Cuadro 3. Mostrando que la semana experimental afectó ( $p < 0.05$ ) los LTE, aumentando la concentración hasta la semana seis y descendiendo después de esta (Figura 8). De igual manera, el Cu

suplementado incrementó ( $P < 0.05$ ) los LTE de 5.79 a 6.04 g, representando un 4.32% adicional (Figura 9). Respecto a los niveles individuales de Cr, estos no modificaron ( $P \geq 0.05$ ) los LTE. De igual manera no se detectó ( $P \geq 0.05$ ) una interacción Cu\*Cr, tampoco se encontró ( $P \geq 0.05$ ) interacción de semana\*Cu\*Cr (Cuadro 2).

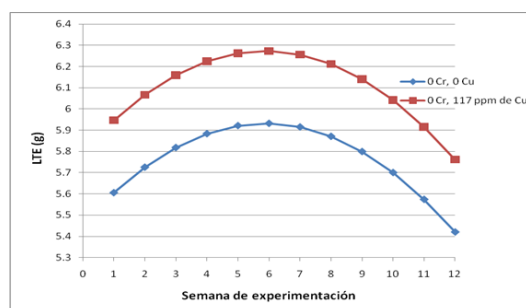


Figura 8. Lípidos Totales Excretados (LTE) en base a la masa de huevo, efecto de semana de experimentación.

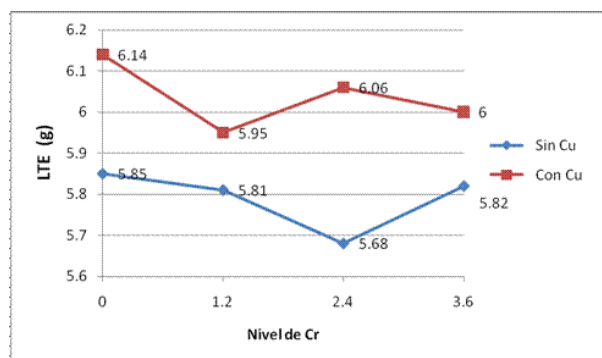


Figura 9. Lípidos Totales Excretados (LTE) en huevo obtenidos al suplementar gallinas con diferentes niveles de Cobre y Cromo en la dieta.

Los resultados de LTE concuerdan con Schuschke (1997) citado por Alarcón (2000) quien sugiere que la suplementación de Cu dietético potencia la actividad específica del sistema de desaturación de ácidos grasos y esto predispone a cambios de los lípidos del huevo, este comportamiento también se adjudica a que la suplementación

con Cobre induce cambios en la hormona  $17 \beta$  estradiol y en la concentración de lípidos en el hígado.

Los resultados de LTE obtenidos en este trabajo son contrarios a los que reportan Ankari *et al.* (1998), quienes indican que la suplementación con 50 a 250 mg de Cu  $\text{kg}^{-1}$  en la dieta reduce la cantidad de lípidos y triglicéridos de la yema hasta en un 30 % y la del colesterol hasta en un 14%. La aparente contradicción de estos resultados puede explicarse a una carencia de zinc que determina un incremento en la excreción de sales biliares, pudiendo estos cambios afectar adversamente el metabolismo de los lípidos.

## **CONCLUSIONES**

La suplementación con Cobre o Cromo de la dieta de las gallinas no modificó la Concentración de Colesterol en 100 g de muestra de huevo. La suplementación de Cobre y Cromo modificó la Concentración de Colesterol.

La suplementación en la dieta con Cobre y Cromo individual o ambos simultáneamente no modificó la Concentración de Lípidos Totales en el huevo. La suplementación con Cobre aumentó la masa de huevo, el Colesterol Excretado y los lípidos totales excretado en el huevo. La suplementación con Cr no afectó la masa de huevo, el Colesterol Excretado ni los lípidos totales excretados.

La semana experimental incrementó la Concentración de Colesterol, de lípidos totales, Colesterol Excretado y Lípidos Totales Excretados en el huevo, sin embargo, la Masa de Huevo por Ave por Día no se afectó.

## LITERATURA CITADA

- Alarcón O., M., E. Carnevalí de Tatá, J. Reinoso F., Y. Contreras, M. Ramírez F., y C. Yáñez D. 2000. Modificaciones de los lípidos séricos de ratas suplementadas con Cobre por vía oral. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 50: 1-16.
- Ankari, A.A., H. Najib, and A. Al Hozab. 1998. Yolk and serum cholesterol and production traits, as affected by incorporating a supraoptimal of copper in the diet of the Leghorn hen. *British Poultry Science* 39: 393-397.
- Aoyagi, S., and D. H Baker. 1995. Effect of high copper dosing on hemicellulose digestibility in cecectomized cockerels. *Poultry Science* 74: 208-201.
- Banks, K. M., L. Thomson, J. K. Rush, and T. J. Applegate. 2004. The effects of copper source on phosphorus retention in broiler chicks and laying hens. *Poultry Science* 83: 990, 996 (Abstract).
- Bañuelos R., J. J., 2009. Suplementación con Cobre en dieta para gallinas: I. Producción, calidad del huevo y salud del ave. Tesis de maestría. Departamento de Zootecnia. UACH. Chapingo, México.
- Cortés, R. 2006. Cribado de la hipercolesterolemia. Asociación Española de Pediatría de Atención Primaria. *PrevInfad / PAPPS infancia y adolescencia*. 28 p.
- Idowu, O. M. O., T. F. Laniyan, O. A. Kuye, V. O. Oladele-Ojo, and D. Erubbetine. 2006. Effect of copper salts on performance, cholesterol, residues in liver, eggs and excreta of laying hens. Department of Animal Nutrition. University of Agriculture. Abeokuta, Nigeria.
- Institute of Medicine. 2001. Dietary Reference Intake for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium and Zinc. Institute of Medicine. National Academy Press. Washington, D. C. 773 p.
- Izatt, N. N., M. E. Deshazer, and D. S. Loose-Mitchell. 2000. New molecular targets for cholesterol-lowering therapy. *The journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics* 293: 315-320.
- Konjufca, V. H., G. Pesti, and R. I. Bakalli. 1997. Modulation of cholesterol levels in broiler meat by dietary garlic and copper. *Poultry Science* 76:1068, 1264 (Abstract).
- Lien, T. F., K. L. Chen, C. P. Wu, and J. J. Lu. 2004. Effects of supplemental copper and chromium on the serum and egg traits of laying hens. *British Poultry Science* 45: 535-539.

- Liu, Z., M. M. Bryant, and D. A. Roland, Sr. 2005. Layer performance and phytase retention as influence by coper sulphate pentahydrate and tribasic copper chloride. *Journal of Applied Poultry Research* 14: 499-505.
- NRC. 1997. *Nutrients Requirements of Poultry*, 10th revised Edition. National Research Council. Washington, D. C.
- O'Dell, B. L., and R. A. Sunde. 1997. *Handbook of Nutritionally Essential Mineral Elements*. Marcel Dekker, Inc. New York, USA. 692p.
- SSA. 2010. *Bases técnicas del acuerdo nacional para la salud alimentaria. Estrategia contra el sobrepeso y la obesidad*. Secretaría de Salud. México, D. F.
- Sutton, C.D., W.M. Muir and G.E. Mitchell. 1984. Cholesterol metabolism in the laying hen as influenced by dietary cholesterol, caloric intake and genotype. *Poultry Science* 63: 972-980.