



## Fuente y nivel de suplementación con selenio en gallina de postura comercial

### Source and level of supplementation with selenium in commercial laying hens

Víctor Rojas\*; Miguel Callacná

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Trujillo, Av. Juan Pablo II s/n, Trujillo, Perú.

#### RESUMEN

Se evaluó el efecto de la fuente y nivel de suplementación con selenio sobre su concentración y vida de anaquel de huevos de gallinas de postura comercial. Se utilizaron 672 gallinas de 38 semanas de edad, distribuidas en un diseño experimental completamente al azar en cuatro tratamientos: T<sub>0</sub> (dieta + 0,4 mg Se.kg<sup>-1</sup> con selenito de sodio), T<sub>1</sub> (dieta + 0,2 mg Se.kg<sup>-1</sup> con ácido 2-hidroxi 4-metilselenobutanoico), T<sub>2</sub> (dieta + 0,3 mg Se.kg<sup>-1</sup> con levadura enriquecida con selenio) y T<sub>3</sub> (dieta + 0,3 mg Se.kg<sup>-1</sup> con ácido 2-hidroxi 4-metilselenobutanoico). Diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre tratamientos se obtuvieron para peso de huevo, consumo de alimento, conversión alimenticia, vida de anaquel a temperatura de 24 °C y 4 °C, peroxidación lipídica y concentración de selenio en el huevo a 14 y 56 días. Se concluye que la fuente de selenio orgánico ácido 2-hidroxi 4-metilselenobutanoico contribuyó a reducir la oxidación lipídica, mantenimiento de la calidad y al aumento de la concentración del mineral en el huevo. Además, eficiencia económica de S/ 0,013 y 0,024 soles, se obtuvo para la fuente de selenio orgánico ácido 2-hidroxi 4-metilselenobutanoico en los tratamientos T<sub>1</sub> y T<sub>3</sub> en relación al testigo respectivamente.

**Palabras clave:** Selenito de sodio; selenometionina; ácido 2-Hidroxi 4-MetilSelenoButanoico; unidades Haugh; peroxidación lipídica.

#### ABSTRACT

The effect of the source and level of supplementation with selenium on its concentration and shelf life of eggs of chickens of commercial position was evaluated. 672 38-week-old hens were used, distributed in a completely randomized experimental design in four treatments: T<sub>0</sub> (diet + 0.4 mg Se.kg<sup>-1</sup> with sodium selenite), T<sub>1</sub> (diet + 0.2 mg Se.kg<sup>-1</sup> with 2-hydroxy 4-methylselenobutanoic acid), T<sub>2</sub> (diet + 0.3 mg Se.kg<sup>-1</sup> with yeast enriched with selenium) and T<sub>3</sub> (diet + 0.3 mg Se.kg<sup>-1</sup> with acid 2-hydroxy 4-methylselenobutanoic). Significant differences ( $p > 0.05$ ) between treatments were obtained for egg weight, feed intake, feed conversion, shelf life at a temperature of 24 °C and 4 °C, lipid peroxidation and selenium concentration in the egg at 14 and 56 days. It is concluded that the source of organic selenium 2-hydroxy 4-methylselenobutanoic acid contributed to reducing lipid oxidation, maintaining quality and increasing the concentration of the mineral in the egg. In addition, economic efficiency of S/ 0.013 and 0.024 was obtained for the source of organic selenium 2-hydroxy 4-methylselenobutanoic acid in treatments T<sub>1</sub> and T<sub>3</sub> relative to the control respectively.

**Keywords:** Sodium selenite; selenomethionine; 2-Hydroxy 4-MethylSelenoButanoic acid; Haugh units; lipid peroxidation.

#### 1. Introducción

Alimentos funcionales son de interés en la actualidad y la producción de alimentos modificados de productos de aves de corral puede ser posible con la aplicación de la biotecnología orientada a la utilización de minerales traza (Surai, 2000, 2006; Bobček *et al.* 2004; Skřivan *et al.* 2006; Gajčević *et al.* 2009; Attia *et al.* 2010). Dichos alimentos contienen componentes fisiológicamente activos que pueden proporcionar beneficios para la salud y prevenir las enfermedades más allá de la nutrición básica; como, por ejemplo, la producción de huevos

enriquecidos con nutrientes como los ácidos grasos omega-3, ácidos grasos poliinsaturados, vitaminas, provitaminas y minerales dietéticos esenciales como el selenio (Leeson y Caston 2003; Park *et al.* 2005; Čobanová *et al.* 2011; Gjorgovska y Filev 2011).

Los huevos con un enriquecimiento moderado de nutrientes podrían desempeñar un papel importante como alimento funcional (Sparks, 2006). El aumento del contenido de selenio en los huevos de gallinas de postura comercial se expresa en una mayor protección antioxidante de la yema de

huevo, estabilidad prolongada y valor nutricional (Hess *et al.* 2003). Los mecanismos antioxidantes celulares deben ser entendidos como sistemas de cooperación entre las defensas naturales como el glutatión y las enzimas (SOD, catalasa), y la dieta suplementada (Vitamina E y selenio). En este sentido, se requiere determinar los antioxidantes más eficaces en la oxidación de lípidos o la proteína con respecto al nivel o al origen del estrés oxidativo para lograr un mejor equilibrio de las soluciones de antioxidantes (Geraert, 2014).

Al selenio se le encuentra predominantemente presente en la forma de L-selenometionina, que es la forma natural en la proteína vegetal y el tejido animal (Rovers, 2014).

A los animales se les puede suministrar en la dieta a través de las materias primas o a través de selenio suplementado como selenio inorgánico mediante minerales como selenio, selenito y seleniuro, o como el selenio orgánico a través de aminoácidos como la metionina y la cisteína (Kralik *et al.* 2009).

Adisseo (2014a) desarrolló una molécula química de selenio orgánico denominada ácido 2-hidroxi 4-metilselenobutanoico (HMSeBA), conocida también como hidroximetionina, hidroxianáloga de metionina o selenio-hidroxi-metionina (Se-OH-Met), donde el azufre ha sido reemplazado por él Se. La primera es totalmente metabolizada como selenometionina y selenocisteína en el sistema digestivo animal. La segunda es un antioxidante capaz de dirigirse al lugar correcto en el animal y liberar 100% selenio (Geraert, 2014).

Adisseo (2014b) y Geraert (2014) demostraron que la alimentación con HMSeBA no solo aumenta el Se depositado y el contenido de Selenometionina de los músculos, sino además el contenido de Selenocisteína de los tejidos metabólicos y de tejidos musculares.

Colavitti (2010) reportaron una mayor aceptación de los consumidores por los productos de huevo de vida de anaquel extendida. Estos productos deben cumplir aspectos obligatorios de acuerdo con las reglamentaciones locales y aspectos optativos que se refieren a reglas que las mismas compañías establecen para garantizar la producción de un producto inocuo y bueno. Además, se debe considerar el uso de preservantes, con respecto a la vida de anaquel, ya que la adición de estos puede extenderla significativamente (Rojas *et al.*, 2015). Por lo que en el presente estudio se evaluó el efecto de la fuente y nivel de suplementación con selenio sobre su concentración y vida de anaquel de huevos de gallinas de postura comercial.

## 2. Material y métodos

672 gallinas de postura comercial, línea genética Hy line Brown de 38 a 45 semanas de edad. Fueron distribuidas aleatoriamente en cuatro tratamientos

con 3 repeticiones, con una densidad de 7 gallinas/jaula, utilizando el diseño completamente al azar. Las dietas de los tratamientos estuvieron constituidas a base de maíz y torta de soya, diferenciándose solamente en la premezcla, específicamente en la administración de las fuentes y niveles de selenio, con un valor nutritivo de Proteína (N x 6,25) = 16,50 %, Grasa = 4,00 %, Fibra = 2,20 %, Carbohidratos = 54,00 %, Cenizas = 13,20 % y Humedad = 10,50 %.

Los parámetros evaluados fueron porcentaje de postura, peso promedio de huevo, masa de huevo, consumo de alimento, conversión alimenticia, peso corporal de las aves, mortalidad. Para la concentración de selenio en el alimento y huevo, se determinó la homogeneidad al inicio de la experimentación; las concentraciones totales de Se en huevo y alimento se determinaron según el método previamente descrito por Vacchina *et al.* (2010) con unas leves modificaciones, la cuantificación de selenio total se toma aproximadamente 0,2 a 1 g de muestra de alimento y/o 250 mg de muestra liofilizada de huevo. Para la vida de anaquel del huevo, se determinó la homogeneidad al inicio de la experimentación. Se utilizó un micrómetro de unidades Haugh, para determinar la calidad interna del huevo, a través de la relación entre el peso de los huevos a la altura del albumen, a temperatura ambiente (TA = 24 °C) y refrigerada (TR = 4 °C), realizándose lecturas los días 1, 15, 29, 43. Las unidades Haugh fueron determinadas utilizando la fórmula:  $UH = 100 * \log (h - 1,7 * p^{0,37} + 7,57)$ . Para la peroxidación lipídica (yema de huevo), se determinó la homogeneidad al inicio de la experimentación. Se midió la formación del complejo MDA-TBARS (malondialdehído-ácido tiobarbitúrico) a una semana de colectado los huevos. También se evaluó la eficiencia económica del uso de aditivos en dietas de gallinas de postura comercial. Para determinar la eficiencia económica (E.E.) del uso de los aditivos en la dieta de gallinas de postura comercial se utilizó la fórmula indicada por Osman *et al.* (2010) (Ingresos netos (S./)/Costo Total Alimento (S./))

Se utilizó el software Microsoft office Excel 2010 y el programa estadístico SPSS versión 15 para Windows. Las diferencias significativas de los tratamientos fueron determinadas mediante la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5%.

## 3. Resultados y discusión

### 3.1. Producción y anomalías de huevo

Los porcentajes promedio de producción de huevo que se muestran en la Tabla 1, fueron de 87,66; 87,79; 85,96 y 87,59 %, para T<sub>0</sub>, T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub> respectivamente, son superiores a los reportados por Delezie *et al.* (2014); Ziaei *et al.* (2013); Invernizzi *et al.* (2013); Pan *et al.* (2007); Payne *et*

al. (2005); Mohiti-Asli *et al.* (2010); Aljamal (2011); Gjorgovska y Filev (2011) e inferiores a los señalados por Jjali *et al.* (2013), Zduńczyk *et al.* (2013); Gjorgovska *et al.* (2012); Pavlović *et al.* (2009). La superioridad e inferioridad de los resultados obtenidos son atribuibles, en el primer caso, a la capacidad de asimilación y absorción de las aves y protección de la fuente de selenio orgánico en los tejidos gastrointestinales y reproductivo; en el segundo caso a la presencia de coriza que ocurrió una semana posterior al inicio del experimento, que generó un descenso de los indicadores productivos.

Entre las anomalías del huevo se encontró para huevo sucio 0,04; 0,00; 0,08; 0,02 %; huevo rajado 0,11; 0,11; 0,15; 0,07 % y huevo blando 0,12; 0,13;

0,12; 0,04 %, para T<sub>0</sub>, T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub>, respectivamente, notándose menores porcentajes de huevos sucios, rajados y blando al incluir fuente de selenio orgánico ácido 2-Hidroxi 4-Metilselenobutanoico a 0,3 ppm. Valores superiores fueron obtenidos por Delezie *et al.* (2014); Pavlović *et al.* (2009); Fernandes *et al.* (2008) y Payne *et al.* (2005).

Se obtuvieron porcentajes de huevo venta de 86,48; 86,73; 84,85; 86,77 %; huevo grande 0,25; 0,27; 0,21; 0,21 %; huevo chico 0,28; 0,26; 0,26; 0,19 %; huevo blanco 0,38; 0,30; 0,26; 0,22 % y huevo roto 0,02; 0,02; 0,05; 0,03 %, para el T<sub>0</sub>, T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub>, respectivamente, que se consideran necesarios reportarlos en este estudio (Tabla 2) para establecer una cultura de categorización de la producción con fines de comercialización.

**Tabla 1**

Porcentaje de postura huevo total (%)

Dieta	Rep	Edad (Semanas)								Media
		38	39	40	41	42	43	44	45	
SS (0,4 ppm)	a	95,15	92,60	80,36	80,87	86,99	88,78	91,33	91,07	87,66
	b	95,66	92,09	77,81	80,36	90,05	90,31	91,33	91,84	
	c	95,15	76,79	73,93	81,47	85,37	91,76	91,77	91,03	
Media		95,32	87,16	77,36	80,90	87,47	90,28	91,47	91,31	
Selisseo® (0,2 ppm)	d	95,15	89,80	73,47	79,34	86,99	90,82	90,82	91,23	87,79
	e	95,15	94,90	77,37	77,92	89,35	90,91	90,91	91,17	
	f	95,15	81,63	77,30	83,93	90,31	91,07	91,07	91,25	
Media		95,15	88,77	76,05	80,40	88,88	90,93	90,93	91,22	
SeMet (0,3 ppm)	g	95,41	92,60	70,33	68,17	83,09	88,59	88,73	89,56	85,96
	h	95,15	92,09	71,43	75,51	88,27	89,03	90,82	90,82	
	i	95,41	83,16	72,02	80,61	89,95	90,74	90,71	90,83	
Media		95,32	89,29	71,26	74,76	87,10	89,45	90,09	90,40	
Selisseo® (0,3 ppm)	j	95,15	94,64	80,10	78,32	87,23	89,64	91,69	92,47	87,58
	h	95,15	83,67	67,35	74,88	86,49	90,13	91,69	92,47	
	i	95,15	86,23	79,08	83,42	90,56	91,33	92,60	92,60	
Media		95,15	88,18	75,51	78,87	88,09	90,37	91,99	92,51	
MEDIA		95,24a	88,35b	75,05c	78,73c	87,89b	90,26b	91,12ab	91,36ab	

P valor: Dieta = 0,1932; Edad = <0,0001; Dieta vs. Edad = 0,9734; CV: 3,81%; Medias seguidas de letras diferentes se diferencian (prueba de Tukey, 5%).

**Tabla 2**

Huevos para venta y Huevos Anómalos

Descripción	Huevos (%)								
	Venta	Sucios	Grandes	Pequeños	Rajados	Blancos	Blandos	Rotos	
Dieta	SS 0,4 ppm	86,48	0,043ab	0,249	0,280	0,108	0,386a	0,120	0,022
	Selisseo 0,2ppm	86,73	0,000b	0,268	0,258	0,107	0,301ab	0,129	0,022
	SeMet 0,3 ppm	84,85	0,076a	0,208	0,262	0,152	0,261b	0,120	0,054
	Selisseo 0,3ppm	86,77	0,022ab	0,216	0,194	0,076	0,226b	0,043	0,032
Edad	38 semanas	94,20a	0,065	0,280	0,194	0,194ab	0,257	0,065	0,022ab
	39 semanas	87,10b	0,022	0,214	0,278	0,237a	0,300	0,108	0,108a
	40 semanas	74,02c	0,000	0,215	0,216	0,108abc	0,364	0,130	0,000b
	41 semanas	77,62c	0,043	0,216	0,322	0,086abc	0,322	0,108	0,022ab
	42 semanas	86,77b	0,065	0,239	0,302	0,043bc	0,322	0,151	0,000b
	43 semanas	89,35b	0,022	0,282	0,239	0,000c	0,281	0,064	0,043ab
	44 semanas	90,22ab	0,044	0,217	0,152	0,108abc	0,282	0,065	0,043ab
	45 semanas	90,38ab	0,022	0,219	0,285	0,110abc	0,219	0,132	0,022ab
CV (%)		3,86	-	62,28	56,81	-	50,01	-	-
P valor	Dieta	0,1547	0,0373	0,4567	0,1756	0,2460	0,0025	0,1952	0,4442
	Edad	<0,0001	0,6394	0,8453	0,0623	0,0008	0,3735	0,7556	0,0403
	D x E	0,9684	0,9321	0,1510	0,1649	0,1597	0,9153	0,5173	0,1569

Medias seguidas de letras diferentes, se diferencian por la prueba de Tukey (5%). \*Medias no diferentes por la prueba de Tukey (5%).



## 2. Peso de huevo y masa de huevo

Para peso y masa de huevo (Tabla 3) se obtuvieron valores de 60,82; 60,46; 60,65 y 61,33 g y 53,61; 53,11; 52,19 y 53,73 g para T<sub>0</sub>, T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub> respectivamente, siendo superiores a los reportados por Aljamal (2011) y Mohiti-Asli *et al.* (2010), e inferiores a los reportados por Pavlović *et al.* (2009); Arpašová *et al.* (2012); Jlali *et al.* (2013). Sin embargo, los valores para peso y masa de huevo estuvieron dentro del estándar para la línea genética Hy Line International (2011) y adecuados para las granjas productivas comerciales; notándose mayores valores para peso y masa de huevo debido a la fuente de selenio orgánico utilizada en dosis de 0,3 ppm de ácido 2-Hidroxi 4-Metil-selenobutanoico.

## 3.3. Consumo de alimento y conversión alimenticia

Para consumo de alimento (Tabla 3) se obtuvo 111,79; 109,65; 106,98; 110,67 g, concordando con el consumo promedio establecido por la línea genética Hy Line International (2011) siendo inferiores a los reportados por Delezie *et al.* (2014); Jlali *et al.* (2013); Ziaei *et al.* (2013); Pan *et al.* (2011) y Pavlović *et al.* (2009), y superiores a los reportados por Mohiti-Asli *et al.* (2010) y Aljamal (2011). Para conversión alimenticia (Tabla 3) se obtuvo valores de 1,84; 1,81; 1,76; 1,80 g alimento. g peso huevo<sup>-1</sup> para T<sub>0</sub>, T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub> respectivamente. Mayores conversiones alimenticias han sido indicadas por Delezie *et al.* (2014); Ziaei *et al.* (2013); Pan *et al.* (2011), Fernandes *et al.* (2008) y Mohiti-Asli *et al.* (2010), mientras mejores conver-

siones alimenticias se obtuvieron con las dosis 0,3 ppm de ácido 2-Hidroxi 4-Metilselenobutanoico y Levadura enriquecida con selenio.

## 3.4. Mortalidad

Se obtuvo promedios porcentuales de 0,45; 0,22; 0,53 y 0,15 % para el T<sub>0</sub>, T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub> respectivamente (Tabla 3), atribuyéndose a la presencia de coriza que generó depresión y anemia, ocurrido en la semana 39, lo que produjo un descenso de los indicadores productivos. Estos valores son superiores a los reportados por Rojas *et al.* (2015), quienes utilizaron cantaxantina más extracto de achiote como suplemento en dietas de gallinas de postura.

## 3.5. Vida de anaquel del huevo

Para la vida anaquel a temperatura ambiente (Tabla 4) a lecturas de 1, 15, 29 y 43 días de almacenamiento a 0 días de evaluación se obtuvo para T<sub>0</sub>: 100,1; 91,0; 82,0; 73,2; para T<sub>1</sub>: 100,1; 91,1; 82,2; 73,0; para T<sub>2</sub>: 100,1; 91,1; 82,2; 73,0 y para T<sub>3</sub>: 100,1; 91,0; 82,1; 73,2 y a 14 días para T<sub>0</sub>: 101,1; 96,1; 91,0; 86,2; para T<sub>1</sub>: 100,1; 95,1; 90,0; 85,0; para T<sub>2</sub>: 102,0; 97,1; 92,2; 87,1 y para T<sub>3</sub>: 103,0; 98,1; 93,3; 88,2 y a 56 días para T<sub>0</sub>: 101,1; 96,1; 91,0; 86,0; para T<sub>1</sub>: 100,0; 95,0; 90,0; 85,1; para T<sub>2</sub>: 102,1; 97,1; 92,0; 87,0 y para T<sub>3</sub>: 103,1; 98,2; 93,0; 88,1 a 1, 15, 29 y 43 días, respectivamente, de colectada la muestra. Dichos valores son superiores a los reportados por Arpašová *et al.* (2012); Pan *et al.* (2011); Fernandes *et al.* (2008); Payne *et al.* (2005); Mohiti-Asli *et al.* (2008); Aljamal (2011); Mellen *et al.* (2014) y Rojas *et al.* (2015).

**Tabla 3**

Peso huevo, masa huevo, consumo de alimento, conversión alimenticia y mortalidad

Descripción	Peso huevo (g)	Masa huevo (g)	Consumo Alimento (g)	Conversión Alimenticia	Mortalidad (%)
Dieta SS 0.4 ppm	60,82b	52,63ab	111,79a	2,128	0,449
Selisseo 0.2ppm	60,46c	52,46ab	109,65ab	2,094	0,222
SeMet 0.3 ppm	60,65bc	51,51b	106,98b	2,089	0,532
Selisseo 0.3ppm	61,33a	53,24a	110,67a	2,087	0,148
Edad 38 semanas	61,59a	58,02a	120,31a	2,074b	0,000b
39 semanas	61,12ab	53,27b	94,41d	1,781c	0,000b
40 semanas	59,79d	44,26c	89,58e	2,037b	0,742ab
41 semanas	60,42c	46,89c	108,97c	2,331a	0,900a
42 semanas	60,87bc	52,82b	119,26ab	2,261a	0,453ab
43 semanas	60,95bc	54,46b	114,86b	2,110b	0,157ab
44 semanas	60,90bc	54,95b	115,25b	2,099b	0,154ab
45 semanas	60,86bc	55,00b	115,54b	2,103b	0,297ab
CV (%)	0,71	3,97	3,39	4,56	-
P valo Dieta	<0,0001	0,0457	0,0003	0,4027	0,1067
Edad	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0024
D x E	0,0400	0,9374	0,2117	0,9032	0,1149

Medias seguidas de letras diferentes, se diferencian por la prueba de Tukey (5%). \*Medias no diferentes por la prueba de Tukey (5%).

**Tabla 4**

Vida de anaquel a temperatura ambiente

Descripción	Unidades Haugh	
Tiempo de almacenamiento (días)	15	93,11a
	29	84,12b
	43	75,10c
Forma de almacenamiento	Temperatura ambiente	82,09b
	Temperatura refrigerada	86,13a
CV (%)	0,24	
P valor	Tiempo	<0,0001
	T x T	0,2795

Medias seguidas de letras diferentes, se diferencian por la prueba teste de Tukey (5%).

Para la vida anaquel a temperatura refrigerada (Tabla 5) a lecturas de 15, 29 y 43 días de almacenamiento a 0 días de evaluación se obtuvo para T<sub>0</sub>: 95,2; 86,1; 77,1; para T<sub>1</sub>: 95,2; 86,2; 77,1; para T<sub>2</sub>: 95,3; 86,1; 77,0 y para T<sub>3</sub>: 95,1; 86,1; 77,1; a 14 días para T<sub>0</sub>: 99,0; 97,0; 95,0; para T<sub>1</sub>: 98,1; 96,1; 94,1; para T<sub>2</sub>: 100,1; 98,1; 96,1 y para T<sub>3</sub>: 101,1; 99,2; 97,3 y a 56 días para T<sub>0</sub>: 99,0; 97,1; 95,1; para T<sub>1</sub>: 98,0; 96,1; 94,0; para T<sub>2</sub>: 100,1; 98,0; 96,2 y para T<sub>3</sub>: 101,1; 99,2; 98,2 respectivamente. Dichos valores son superiores a los reportados por Arpašová *et al.* (2012); Fernandes *et al.* (2008); Payne *et al.* (2005) y Mohiti-Asli *et al.* (2008) y Rojas *et al.* (2015).

**Tabla 5**

Vida de anaquel a temperatura refrigerada

Descripción	Ambiente	Refrigerada	
Fuente Se en dieta	SS (0,4 ppm)	93,57c	97,05c
	Selisseo® (0,2 ppm)	92,55d	96,05d
	SeMet (0,3 ppm)	94,44b	98,08b
	Selisseo® (0,3 ppm)	95,61a	99,34a
Tiempo de almacenamiento (días)	1	101,56a	-
	15	96,60b	99,55a
	29	91,42c	97,59b
	43	86,59d	95,74c
Tiempo de experimento (días)	14	94,03	97,58
	56	94,06	97,67
CV (%)	0,37	0,65	
P valor	Fuente de Se	<0,0001	<0,0001
	Tiempo de almacenamiento	<0,0001	<0,0001
	Tiempo de experimento	0,6832	0,5474
	Fuente x Almacenamiento	0,4927	0,8764
	Fuente x Experimento	0,4731	0,8738
	Almacenamiento x Experimento	0,6142	0,7244
	F x A x E	0,4075	0,9626

Medias seguidas de letras diferentes, se diferencian por la prueba de Tukey (5%).

**3.5. Peroxidación lipídica de la yema de huevo**

Para peroxidación lipídica (Tabla 6) se obtuvo al inicio del experimento 0,0160; 0,0167; 0,0167; 0,0170; a 14 días 0,0186; 0,0176; 0,0183; 0,0163 y a 56 días 0,0173; 0,0166; 0,0160; 0,0156 de  $\mu\text{mol MDA}\cdot\text{g}^{-1}$  yema para T<sub>0</sub>, T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub> respectivamente. Atribuyéndose dichos resultados al nivel y fuente de selenio 0,3 ppm de ácido 2-Hidroxi 4-Metilselenobutanoico, confirmándose su mayor protección antioxidante. Dichos valores son superiores a los reportados por Skřivan *et al.* (2010), e inferiores a los reportados por Mohiti-Asli *et al.* (2008) y Rojas *et al.* (2015).

**Tabla 6**

Peroxidación lipídica por formación del complejo MDA-TBA en yema de huevo

Descripción	Peroxidación lipídica ( $\mu\text{mol MDA/g}$ )	
Dieta	SS (0,4 ppm)	0,0181a
	Selisseo® (0,2 ppm)	0,0174ab
	SeMet (0,3 ppm)	0,0171ab
	Selisseo® (0,3 ppm)	0,0160b
Días	14	0,0179a
	56	0,0165b
CV (%)	5,90	
P valor	Dieta	0,0181*
	Edad	0,0030*
	D x E	0,8730

Medias seguidas de letras diferentes, se diferencian por la prueba de Tukey (5%).

**3.6. Concentración de selenio en huevo y alimento**

Para concentración de selenio (Tabla 7) en huevo se obtuvo al inicio del estudio 1,105; 1,050; 1,060; 1,033; a 14 días 1,296; 1,040; 1,633; 1,773 y a 56 días 1,496; 1,323; 3,266; 3,296  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  para T<sub>0</sub>, T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub> respectivamente.

**Tabla 7**

Concentración de Se (mg/kg) en el huevo a 14 y 56 días post experimento

Dieta	Días después del inicio el experimento		P valor
	14	56	
SS (0,4 ppm)	1,297bc	1,497b	0,1421
Selisseo® (0,2 ppm)	1,040c	1,323b	0,0684*
SeMet (0,3 ppm)	1,633Bab	3,267Aa	<0,0001
Selisseo® (0,3 ppm)	1,773Ba	3,297Aa	<0,0001
P valor	0,0005	<0,0001	

P valor: dieta = <0,0001; Edad= <0,0001; Interacción = <0,0001.

Medias seguidas de letras minúsculas diferentes en la columna se diferencian por la prueba de Tukey (5%).

Valores superiores a los mencionados por Jlali *et al.* (2013); Pan *et al.* (2011); Pavlović *et al.* (2009); Fernandes *et al.* (2008); Pan *et al.* (2007); Utterback *et al.* (2005); Payne *et al.* (2005); Delezie

*et al.* (2014); *Invernizzi et al.* (2013); *Aljamal* (2011); *Mohiti-Asli et al.* (2008); *Kralik et al.* (2009); *Gajčević et al.* (2009). *Skřivan et al.* (2010) reportaron resultados superiores con levadura enriquecida con selenio y selenito de sodio a la tercera semana de experimentación, sin embargo, a la séptima semana de experimentación estos autores reportan datos similares a los obtenidos en el presente estudio con la fuente inorgánica e inferiores en relación a la fuente orgánica; así mismo, *Čobanová et al.* (2011) obtuvieron valores superiores utilizando selenito de sodio y levadura enriquecida con selenio. Los resultados que indican una mayor concentración de selenio en el huevo hacen de este un alimento funcional.

**Tabla 8**

Concentración de Se (mg/kg) en el alimento

Descripción	Selenio (mg/kg)	
	Formulado	Analizado
SS (0,4 ppm)	0,4	0,44
Selisseo® (0,2 ppm)	0,2	0,18
SeMet (0,3 ppm)	0,3	0,61
Selisseo® (0,3 ppm)	0,3	1,12

Para la concentración de selenio en el alimento (Tabla 8) se obtuvo 0,44; 0,18; 0,61 y de 1,12 mg.kg<sup>-1</sup> para T<sub>0</sub>, T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub> respectivamente; atribuyéndose a un buen manejo e inclusión de las fuentes de selenio en la premezcla. Similares valores fueron reportados por *Jlali et al.* (2013); *Invernizzi et al.* (2013); *Pan et al.* (2011); *Skřivan et al.* (2010); *Pavlović et al.* (2009); *Pan et al.* (2007);

**Tabla 9**

Eficiencia económica de la suplementación

Descripción	Huevos (N°)	Consumo Alimento (kg)	Costo Alimento (S/)	Costo Ración (S/)	Costo Huevo (S/)	Huevo (kg)	Venta Huevos (S/)	Ganancia (S/)	Eficiencia Económica	Relación (%)
Dieta SS 0,4ppm	48,30	6,196	1,3673	8,472	4,80	2,939	14,111	5,639ab	0,675	100,00
Selisseo 0,2ppm	48,33	6,108	1,3679	8,355	4,80	2,924	14,032	5,677ab	0,688	101,93
SeMet 0,3ppm	46,29	5,863	1,3779	8,079	4,80	2,810	13,487	5,408b	0,672	99,56
Selisseo 0,3ppm	48,31	6,161	1,3680	8,429	4,80	2,963	14,227	5,799a	0,699	103,54
Edad 38 semanas	52,75	6,737	1,3703	9,232	4,80	3,248	15,595	6,363b	0,690b	-
39 semanas	48,77	5,287	1,3703	7,245	4,80	2,982	14,312	7,067a	0,977a	-
40 semanas		41,11	5,005	1,3703	6,853	4,80	2,457	11,799	4,942c	0,724t
41 semanas	42,92	6,054	1,3703	8,295	4,80	2,592	12,447	4,151d	0,500c	-
42 semanas	48,05	6,587	1,3703	9,025	4,80	2,925	14,039	5,014c	0,557c	-
43 semanas	49,37	6,323	1,3703	8,664	4,80	3,009	14,443	5,779b	0,668b	-
44 semanas	49,79	6,336	1,3703	8,682	4,80	3,033	14,557	5,874b	0,677b	-
45 semanas	49,71	6,326	1,3703	8,668	4,80	3,027	14,523	5,855b	0,676b	-
CV (%)	-	-	-	-	-	-	-	9,58	11,00	-
P valc Dieta	-	-	-	-	-	-	-	0,0963*	0,5928	-
Edad	-	-	-	-	-	-	-	<0,0001	<0,0001	-
D x E	-	-	-	-	-	-	-	0,9432	0,8052	-

Medias seguidas de letras diferentes, se diferencian por la prueba de Tukey (5%).

*Payne et al.* (2005) y *Aljamal* (2011) cuando utilizaron suplementación de vitamina E y selenito de sodio.

### 3.7. Eficiencia económica

La mayor eficiencia económica (Tabla 9) se obtuvo para la fuente de selenio orgánico ácido 2-Hidroxi 4-Metilselenobutanoico para el T<sub>1</sub> y T<sub>3</sub>, superando en S/ 0,013 y 0,024 soles al testigo respectivamente, valores que son superiores a los reportados por *Osman et al.* (2010) y *Rojas et al.* (2015).

## 4. Conclusiones

La suplementación dietética con la fuente de selenio orgánico ácido 2-Hidroxi 4-Metilselenobutanoico utilizada a una concentración de 0,3 mg Se.kg<sup>-1</sup> de alimento mejoró los índices productivos en gallinas de postura comercial Hy Line Brown.

La vida de anaquel mejoró la calidad interna del huevo expresado a través de la relación de altura de albumen y peso de huevo permitiendo un mayor tiempo de su almacenamiento.

La fuente de selenio orgánico ácido 2-Hidroxi 4-Metilselenobutanoico contribuyó a reducir la oxidación lipídica del huevo, al mantenimiento de su calidad y a su mayor concentración.

La mayor eficiencia económica se obtuvo para la fuente de selenio orgánico ácido 2-Hidroxi 4-Metilselenobutanoico, para la dieta base + 0,2 ppm de ácido 2-Hidroxi 4-Metilselenobutanoico y dieta base + 0,3 ppm de ácido 2-Hidroxi 4-Metilselenobutanoico, superando en S/ 0,013 y 0,024 soles al testigo respectivamente.



La suplementación con selenio en la forma de selenio orgánico ácido 2-Hidroxi 4-Metilselenobutanoico en dosis de 0,3 mg Se.kg<sup>-1</sup> de alimento, permitió que las aves que sufrieron el cuadro infeccioso de Coriza presenten en menor grado síntomas de depresión, anemia, bajo consumo de alimento y mortalidad, generando una mejor recuperación de la salud y de los indicadores productivos.

Se recomienda realizar investigaciones que determinen la transferencia del selenio al huevo y a otros productos pecuarios para hacer de estos, alimentos funcionales en beneficio de la salud humana.

### Agradecimiento

Un agradecimiento especial a la Empresa Adisseo de Francia y Brasil y al Laboratorio Ultra Traces Analyses Aquitaine (UT2A) de Francia, por la donación del producto comercial Selisseo® 2% Se y el análisis de las muestras respectivamente.

### Referencias bibliográficas

- Adisseo. 2014a. Selisseo® - El antioxidante innovador. Información técnica. Disponible en: <https://feedsolutions.adisseo.com/es/productos/selisseo/>
- Adisseo. 2014b. Selisseo® - La 3ª Generación de su fuente de Selenio.
- Ajmal, A.A. 2011. The effect of vitamin E, selenomethionine and sodium selenite supplementation in laying hens. Thesis and Dissertations In Anim. Sci, University of Nebraska Lincoln. 131 pp.
- Arpášová, H.; Haščik, P.; Kačániová, M.; Gálík, B.; Golian, J.; Mellen; M. 2012. The Effect of Various Forms and Doses of Selenium Supplementation of the Hens Diet on Selected Qualitative Parameters and Freshness of Table Eggs. *Animal Science and Biotechnologies* 45(1): 11-16.
- Attia, Y.A.; Abdalah, A.A.; Zeweil, H.S.; Bovera, F.; Tag El-Din, A.A.; Araft, M.A. 2010. Effect of inorganic or organic selenium supplementation on productive performance, egg quality and some physiological traits of dual-purpose breeding hens. *Czech J. Anim. Sci.* 55(11): 505-519.
- Bobček, B.; Lahučky, R.; Mrazova, J.; Bobček, R.; Novotna, K.; Vašiček, D. 2004: Effects of dietary organic selenium supplementation on selenium content, antioxidative status of muscles and meat quality of pigs. *Czech Journal Animal Science* 49: 411-417.
- Čobanová, K.; Petrovič, V.; Mellen, M.; Arpášová, H.; Grešáková, L.; Faix, Š. 2011. Effects of dietary form of selenium on its distribution in eggs. *Biol Trace Elem Res* 144: 736-746.
- Colavitti, C. 2010. Cómo adquirir una mayor vida de anaquel en huevos. *Revista Industria Avícola*. Disponible en: <https://www.industriaavicola.net/manejo-produccion-y-equipo/como-adquirir-una-mayor-vida-de-anaquel-en-huevos/>
- Delezie, E.; Rovers, M.; Van der Aa, A.; Ruttens, A.; Wittcox, S.; Segers, L. 2014. Comparing responses to different selenium sources and dosages in laying hens. *Poultry Science* 93: 3083-3090.
- Fernandes, J.I.M.; Murakami, A.E.; Sakamoto, M.I.; Souza, L.M.G.; Malaguido, A.; Martins, E.N. 2008. Effects of organic mineral dietary supplementation on production performance and egg quality of white layers. *Brazilian Journal of Poultry Science* 10(1): 59-65.
- Gajčević, Z.; Kralik, G.; Has-Schon, E.; Pavić, V. 2009. Effects of organic selenium supplemented to layer diet on table egg freshness and selenium content. *Ital J Anim Sci.* 8: 189-199.
- Geraert, P.A. 2014. The benefits gained from new selenium. *AllAboutFeed Magazine*. Disponible en: <http://www.allaboutfeed.net/Nutrition/Feed-Additives/2014/5/The-benefits-gained-from-new-selenium-1519460W/>.
- Gjorgovska, N.; Filev, K. 2011. Multi-enriched eggs with omega 3 fatty acids, vitamin E and selenium. *Archiva Zootechnica* 14(2): 28-35.
- Gjorgovska, N.; Kiril, F.; Vesna, L.; Toshio, K. 2012. The effect of different levels of selenium in feed on egg production, egg quality and selenium content in yolk. *Lucrări Științifice* 57: 270-274.
- Hess, J.B.; Cowns, K.M.; Bilgili, S.F. 2003. Selenium nutrition and poultry meat quality. *Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries, Lyons, TP and Jaques KA Eds.* 107-112.
- Hy Line International. 2011. Manual de Estándares de Rendimiento. Hy-Line Variedad Brown - Ponedoras Comerciales. Disponible en: [https://www.hyline.com/userdocs/pages/BRN\\_COM\\_SPN.pdf](https://www.hyline.com/userdocs/pages/BRN_COM_SPN.pdf).
- Invernizzi, G.; Agazzi, A.; Ferroni, M.; Rebucci, R.; Fanelli, A.; Baldi, A.; Dell'Orto, V.; Savoini, G. 2013. Effects of inclusion of selenium-enriched yeast in the diet of laying hens on performance, eggshell quality, and selenium tissue deposition. *Italian Journal of Animal Science* 12(1): 1-8.
- Jlali, M.; Briens, M.; Rouffineau, F.; Mercierand, F.; Geraert, P.A.; Mercier, Y. 2013. Effect of 2-hydroxy-4-methylselenobutanoic acid as a dietary selenium supplement to improve the selenium concentration of table eggs. *J. Anim. Sci.* 91: 1745-1752.
- Kralik, G.; Gajčević, Z.; Suchý, P.; Straková, E.; Hanžek, D. 2009. Effects of dietary selenium source and storage on internal quality of eggs. *Acta Vet. Brno* 78: 219-222.
- Leeson, S.; Caston, L.J. 2003. Vitamin enrichment of eggs. *J Appl Poult Res.* 12: 24-26.
- Mellen, M.; Arpášová, H.; Kopecký, J. 2014. Effect of Probiotic Preparation Enriched with Selenium on Qualitative Parameters of Table Eggs. *Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies* 47(1): 31-38.
- Mohiti-Asli, M.; Shariatmadari, F.; Lotfollahian, H.; Mazuji, M.T. 2008. Effects of supplementing layer hen diets with selenium and vitamin E on egg quality, lipid oxidation and fatty acid composition during storage. *Can. J. Anim. Sci.* 88: 475-483.
- Mohiti-Asli, M.; Shariatmadari, F.; Lotfollahian, H. 2010. The influence of dietary vitamin E and selenium on egg production parameters, serum and yolk cholesterol and antibody response of laying hen exposed to high environmental temperature. *Arch. Geflügelk.* 74(1): 43-50.
- Osman, A.M.R.; Abdelwahed, H.M.; Ragab, M.S. 2010. Effects of supplementing laying hens diets with organic selenium on egg production, egg quality, fertility and hatchability. *Egypt Poult. Sci.* 30: 893-915.
- Pan, C.; Huang, K.; Zhao, Y.; Qin, S.; Chen, F.; Hu, Q. 2007. Effect of Selenium Source and Level in Hen's Diet on Tissue Selenium Deposition and Egg Selenium Concentrations. *J. Agric. Food Chem.* 55(3): 1027-1032.
- Pan, C.; Zhao, Y.; Liao, S.F.; Chen, F.; Qin, S.; Wu, X.; Zhou, H.; Huang, K. 2011. Effect of selenium-enriched probiotics on laying performance, egg quality, egg selenium content, and egg glutathione peroxidase activity. *J. Agric. Food Chem.* 59(21): 11424-11431.
- Park, S.W.; Namkung, H.; Ahn, H.J.; Paik, I.K. 2005. Enrichment of vitamins D3, K and iron in eggs of laying hens. *Aust J Anim Sci.* 18(2): 226-229.
- Pavlović, Z.; Miletić, I.; Jokić, Ž.; Šobajić, S. 2009. The effect of dietary selenium source and level on hen production and egg selenium concentration. *Biol Trace Elem Res.* 131: 263-270.

- Payne, R.L.; Lavergne, T.K.; Southern, L.L. 2005. Effect of inorganic versus organic selenium on hen production and egg selenium concentration. *Poult. Sci.* 84: 232-237.
- Rojas, V.V.; Callacná, C.M.; Arnaiz, P.V. 2015. Uso de un aditivo a base de cantaxantina y extracto de achiote en dietas de gallinas de postura y su efecto sobre la coloración de la yema y la vida de anaquel del huevo. *Scientia Agropecuaria* 6(3): 191-199.
- Rovers, M. 2014. A new generation of organic selenium. *Dairy Global magazine*. 1(2). Disponible en: <http://www.allaboutfeed.net/Dairy-Global-XMS/General/2014/9/A-new-generation-of-organic-selenium-1521640W/>.
- Sparks, N.H.C. 2006. The hen's egg - is its role in human nutrition changing. *World Poult. Sci. J.* 62: 308-315.
- Skřivan, M.; Simane, J.; Dlouha, G.; Doucha, J. 2006. Effect of dietary sodium selenite, Se-enriched yeast and Se enriched *Chlorella* on egg Se concentration, physical parameters of eggs and laying hen production. *Czech Journal of Animal Science* 51: 163-167.
- Skřivan, M.; Bubancova, I.; Marounek, M.; Dlouha, G. 2010. Selenium and  $\alpha$ -Tocopherol content in eggs produced by hens that were fed diets supplemented with selenomethionine, sodium selenite and vitamin E. *Czech J. Anim. Sci.* 55(9): 388-397.
- Surai, P.F. 2000. Effect of the selenium and vitamin E content of the maternal diet on the antioxidant system of the yolk and the developing chick. *Br. Poult. Sci.* 41: 235-243.
- Surai, P.F. 2006. *Selenium in Nutrition and Health*. Nottingham University Press, Nottingham, UK. 974 pp.
- Utterback, P.L.; Parsons, C.M.; Yoon, I.; Butler, J. 2005. Effect of supplementing selenium yeast in diets of laying hens on egg selenium content. *Poultry Science* 84: 1900-1901.
- Vacchina, V.; Moutet, M.; Yadan, J.C.; De Baene, F.; Kudla, B.; Lobinski, R. 2010. Simultaneous speciation of selenomethione and 2-hydroxy-4-methylselenobutanoic acid by HPLC-ICP MS in biological samples. *Journal of Chromatography B Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences* 878: 1178-1180.
- Zduńczyk, Z.; Drażbo, A.; Jankowski, J.; Juśkiewicz, J.; Antoszkiewicz, Z.; Troszyńska, A. 2013. The effect of dietary vitamin E and selenium supplements on the fatty acid profile and quality traits of eggs. *Archiv Tierzucht*. 56(72): 719-732.
- Ziaei, N.; Moradi, N.; Esfandiari, E. 2013. The effects of different levels of vitamin-E and organic selenium on performance and immune response of laying hens. *African Journal of Biotechnology* 12(24): 3884-3890.

