

La alimentación de gallinas ponedoras con microminerales orgánicos quelatados mejora la respuesta inmune, la calidad de la cáscara y la resistencia a la ruptura de la tibia.

M. K. MANANGI, J. RICHARDS, B. WUELLING, C. ATWELL, P. FISHER, C.D. KNIGHT, y M. VAZQUEZ-AÑÓN, S. CARTER Y J. VALLE^{1*}

¹Novus International, Inc., 20 Research Park Drive, St. Charles, MO 63304, USA.*e-mail: juan.valle@novusint.com

La alimentación con formas altamente biodisponibles de microminerales apoya las funciones fisiológicas esenciales para la salud del animal y la integridad estructural. Las aves alimentadas con Zn, Cu y Mn quelados con HMTBa muestran una mejor resistencia ósea, integridad de la piel y respuesta inmune. Es evidente que estos microminerales juegan un papel clave en la formación de la cáscara del huevo por lo que incluyendo en las dietas de ponedoras los quelatos de HMTBa y Zn, Cu y Mn se ayudará a producir huevos de calidad a lo largo del periodo de puesta. Se realizó un estudio de 56 semanas de duración (24 a 80 semanas de edad) para determinar los efectos a largo plazo de suplementar en gallinas ponedoras MINTREX® (quelato de metal con hidroxianálogo de metionina) vs. MMIs (microminerales inorgánicos) sobre el rendimiento productivo, la calidad de la cáscara, la resistencia de la tibia a la ruptura y la respuesta inmune. Un total de 216 gallinas ponedoras Hy-Line W-36 fueron asignadas a 6 tratamientos con 36 jaulas/tratamiento y 1 gallina/jaula. El estudio se llevó a cabo bajo un diseño aleatorio de los bloques. Los datos fueron analizados empleando 1-way ANOVA (incluyendo los 6 tratamientos) y un estudio factorial 2x2 diseñado con 2 fuentes (quelatos vs. MMIs) y 2 niveles (20-5-20 vs. 40-10-40ppm of Zn-Cu-Mn) de suplementación de minerales. Los tratamientos consistieron en: 0-0-0ppm suplementadas del Zn-Cu-Mn, T1; 20-5-20ppm Zn-Cu-Mn como sulfatos, T2; 20-5-20ppm Zn-Cu-Mn como quelatos, T3; 40-10-40ppm Zn-Cu-Mn como sulfatos, T4, 40-10-40ppm Zn-Cu-Mn como quelatos, T5; 80-10-80ppm Zn-Cu-Mn como sulfatos, T6. Los resultados en general (1-way ANOVA) indicaron un efecto significativo del tratamiento ($P<0.05$) solo para el grosor de la cáscara a la semana 74. El análisis factorial de los datos indican una mejora significativa de la resistencia a la ruptura de la cáscara (Efecto fuente, $P<0.05$ a la semana 68), grosor de la cáscara (Efecto fuente, $P=0.08$ a la semana 68; $P=0.03$ a la semana 74) y los títulos de anticuerpos (Efecto fuente, $P<0.05$ a la semana 63) frente a SRBCs (células rojas de oveja) en las gallinas alimentadas con microminerales quelatados comparadas con MMIs. Suplementando niveles crecientes (Efecto nivel, $P=0.07$ a la semana 80) de minerales de la dieta o quelatos (Efecto fuente, $P=0.19$ a la semana 80) se incrementó la resistencia de la tibia. En resumen, la alimentación de ponedoras con microminerales quelatados en comparación con MMIs mejoró la fuerza de la cáscara del huevo y el grosor, la resistencia de la tibia y la respuesta inmune.

Palabras clave: Minerales orgánicos quelados; inmunidad; calidad del huevo; huesos; ponedoras.

Feeding highly bioavailable forms of trace minerals can support essential physiological functions necessary to animal health and structural integrity. Birds fed HMTBa-chelated Zn, Cu and Mn exhibit better bone strength, skin integrity, and immune response. Evidence these trace minerals play a key role in egg shell formation suggest supplementing hens with HMTBa-chelates of Zn, Cu and Mn will support the production of quality eggs across the laying period. A 56 wk (24 to 80 wk of age) study was conducted to determine the long term effects of feeding MINTREX® (metal methionine hydroxy analogue chelate) vs. ITMs (inorganic trace minerals) in layers on performance, egg shell quality, tibia breaking strength, and immune response. A total of 216 Hy-Line W-36 laying hens were assigned to 6 treatments with 36 pens/treatment and 1 hen/cage. The study was carried out under randomized complete block design. The data were analyzed using both 1-way ANOVA (including all 6 treatments) and 2x2 factorial design with 2 sources (chelated vs. ITMs) and 2 levels (20-5-20 vs. 40-10-40ppm of Zn-Cu-Mn) of supplemental minerals. The treatments consisted of: 0-0-0ppm supplemental Zn-Cu-Mn, T1; 20-5-20ppm Zn-Cu-Mn as sulphates, T2; 20-5-20ppm Zn-Cu-Mn as chelates, T3; 40-10-40ppm Zn-Cu-Mn as sulphates, T4, 40-10-40ppm Zn-Cu-Mn as chelates, T5; 80-10-80ppm Zn-Cu-Mn as sulphates, T6. Overall results (1-way ANOVA) indicate a significant treatment effect ($P<0.05$) only for shell thickness at wk 74. Factorial analysis data indicates a significant improvement in shell breaking strength (Source effect, $P<0.05$ at wk 68), shell thickness (Source effect, $P=0.08$ at wk 68; $P=0.03$ at wk 74), and Ab titers (Source effect, $P<0.05$ at wk 63) to SRBCs (sheep red blood cells) for hens fed chelated trace minerals compared to ITMs. Supplementing increased levels (Level effect, $P=0.07$ at wk 80) of dietary minerals or chelates (Source effect, $P=0.19$ at wk 80) increased tibia breaking strength. In summary, feeding laying hens the diets with supplemental chelated trace minerals compared to ITMs improved egg shell strength and thickness, tibia breaking strength, and immune response.

Keywords: chelated organic minerals; immunity; egg quality; bones; laying hens.

Introducción

Los microminerales tales como el Zn, Cu y Mn son necesarios para asegurar la salud y el rendimiento del animal. Su función es la de actuar tanto como cofactores enzimáticos como constituyentes de metaloenzimas. Se sabe que estos microminerales protegen a las células de los efectos tóxicos de los radicales libres superóxidos ya que están involucrados en enzimas antioxidantes como la CuZn-superóxido dismutasa y a Mn-superóxido dismutasa (McDowell, 2003). Zn, Cu y Mn tienen un papel clave en el mantenimiento de la integridad de la cáscara del huevo ya que son parte de activadores enzimáticos clave como la anhidrasa carbónica, lisil oxidasa y glicosil transferasas (Nys et al., 1999; Chowdury, 1990; Baumgartner et al., 1978; Leach, 1976; Arias et al., 1993; Nys et al., 2001). La supresión o los cambios en estas enzimas provoca la reducción en el peso de la cáscara. Así mismo, a distribución anormal de las fibras que constituyen la membrana de la misma resulta en la deformación de la cáscara, cambios en las propiedades mecánicas en la estructura y en la textura de la misma (Nys et al., 1999; Chowdury, 1990; Baumgartner et al., 1978; Leach, 1976; Arias et al., 1993; Nys et al., 2001). Sin embargo, las necesidades de microminerales están pobremente definidas en muchas especies y el conocimiento de la relación entre las fuentes del mineral y su capacidad para cumplir las necesidades específicas carece de precisión. Como consecuencia, los microminerales inorgánicos (MMI) son incluidos, en las dietas de avicultura, a niveles varias veces por encima de las recomendaciones del NRC (1994). La baja absorción junto con los altos niveles de inclusión dan como resultado un alto contenido de microminerales en la cama. Cuando la cama es utilizada como fertilizante, estos minerales contribuyen al exceso de los mismos en el suelo y suponen un potencial contaminante el medioambiente (Nicholson et

al., 2008). Las investigaciones han documentado que la biodisponibilidad de los minerales varía de forma considerable con el fuente de los mismos (óxidos vs. sulfatos). Wedekind y Baker (1990) demostraron que la biodisponibilidad del Zn en forma de ZnO era solo del 0.44 vs. sulfatos, basados en pruebas realizadas con pollitos. Últimamente el interés se ha dirigido desde los MMI hacia fuentes de minerales que se encuentran unidos, a menudo a estructuras en forma de quelato, a un ligando orgánico dando como resultado microminerales con una mayor biodisponibilidad. Richards et al., (2010) mostraron que la biodisponibilidad del Zn, en forma quelato, comparado con el Zn procedente de sulfato se encuentra entre el 160 y 250%. El incremento de la biodisponibilidad de los microminerales inorgánicos es probablemente debida a la reducción de reacciones antagonicas con otros constituyentes de la dieta en el tracto gastrointestinal. Este incremento en la biodisponibilidad de los microminerales se podría traducir en mejoras en la integridad y el desarrollo de los tejidos como se vio en la mejora en la resistencia a la rotura de la cáscara del huevo y en el grosor de la misma y en el potenciamiento de la función inmune como se pudo ver con el aumento de la respuesta inmune tras la vacunación. El uso de estas fuentes quelatadas permite además a los nutrólogos reducir el contenido de microminerales en el pienso, disminuyendo asimismo su carga en el medio ambiente.

Material and Métodos

Un total de 216 gallinas ponedoras fueron alojadas en jaulas individuales en una sala con ambiente controlado. Las aves se llevaron a las 80 semanas de edad. El diseño experimental (Tabla 1) consistió en 6 tratamientos con 36 réplicas (jaulas) por tratamiento. Cada jaula alojó una gallina. Los datos fueron analizados mediante GLM. Los datos de los 6 grupos de tratamientos fueron sometidos a 1-way ANOVA, y los datos de los tratamientos 2 a 5 se sometieron a un análisis factorial 2x2 (2 fuentes de minerales vs. 2 niveles). Las aves se alimentaron con las dietas experimentales desde la semana 24 hasta la 80. Los pesos de las aves se tomaron a la semana 24, 32, 48, 64 y 80. Las entradas y salidas de pienso y los pesos del huevo se midieron durante los 3 días previos al final de cada uno de los periodos de 28 días durante toda la prueba y los datos se emplearon para calcular el consumo de pienso, peso medio del huevo e IC basados en el número de huevo y la masa de huevo ambos por periodo y acumulado. El grosor de la cáscara de huevo y la resistencia se midieron a la semanas 44, 56, 68, 74, 76 y 79 ó 80. La resistencia a rotura de la tibia se midió a la semana 80 y los anticuerpos contra SRBCs (glóbulos rojos de oveja) se midieron a la semana 60, 61, 63, 65, 70 y 80. Diez aves por tratamiento fueron inoculadas con 0.5 ml (por ave) de 5% SRBCs mediante inyección intravenosa (I/V) durante la semana 60. La segunda dosis de SRBCs se inyectó a las mismas aves durante la semana 62 (2 semanas después de la primera). Durante la semana 62, 1ml (0.5ml en el muslo izquierdo + 0.5ml en el derecho) de 50% SRBCs por ave se inyectó vía intramuscular (I/M). Todos los animales se manejaron de acuerdo con las prácticas estándar del lugar. Todas las raciones se formularon para cumplir o exceder las recomendaciones para la estirpe W-36 (Guía Hy-line® 2009).

Tabla 1. Diseño experimental.

Tratamiento (T)	Zn-Cu-Mn (ppm)
1	0 - 0 - 0
2	20-5-20 (MMIs)
3	20-5-20 (CTMs)
4	40-10-40 (MMIs)
5	40-10-40 (CTMs)
6	80-20-80 (MMIs)

MMIs, microminerales inorgánicos en forma de sulfatos; **CTMs**, microminerales quelatados (MINTREX®; quelatos de HMTBa de Zn, Cu y Mn, Novus International Inc.).

Resultados y Discusión

En general, no se observaron efectos del tratamiento para los acumulados en el peso vivo, consumo de pienso, IC, producción acumulada en el peso del huevo, producción, huevos rotos o con defectos en la cáscara, % cáscara y Unidades Haugh (datos no presentados aquí). Los resultados de la resistencia a rotura de la cáscara y grosor de la misma, resistencia a rotura de la tibia y títulos de anticuerpos (respuesta) a glóbulos rojos de ovejas (SRBCs) se muestran en las imágenes 1 a 4. Basado en medidas variables en distintos puntos durante el ciclo de producción los efectos generales del tratamiento no indicaron cambios en la resistencia de la cáscara, grosor de la cáscara (excepto en las semana 74), resistencia en la rotura de la tibia y títulos de anticuerpos a SRBCs.

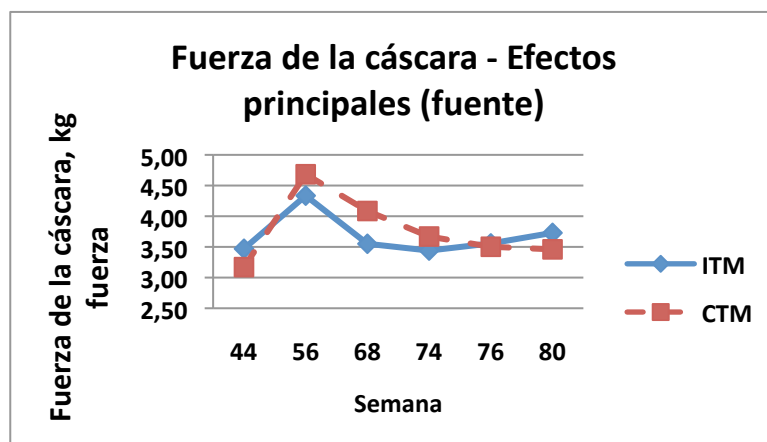
Los datos indicaron que los principales efectos, como consecuencia de alimentar a las aves con CTMs frente a ITM, fueron un aumento significativo en la resistencia a la rotura de la cáscara especialmente a la semana 68 (Gráfica 1, efecto fuente; $P < 0.05$). La semana 56 y 74 mostraron también una mejora numérica en la resistencia a la rotura de la cáscara en huevos de gallinas alimentadas con CTMs en comparación con ITMs.

Los datos de la semana 74 muestran un efecto significativo del tratamiento. CTMs (20-5-20) (T3) mostró un aumento significativamente mayor en el grosor de la cáscara en comparación con los huevos procedentes de gallinas alimentadas con MMIs at 20-10-20 ($P < 0.05$). El grupo con la dosis más baja de MMI (T2) también fue significativamente menor en comparación con el grupo con el tratamiento a niveles industriales (T6, 80Zn-20Cu-80Mn). El T3 no mostró diferencias con el T5 (CTMs at 40-10-40) (datos no incluidos aquí). Estos resultados sugieren que niveles más bajos de CTMs podrían resultar en un grosor similar de la cáscara en comparación con los huevos de gallinas alimentadas con altos niveles de MMIs. Los datos de los efectos principales también sugieren que las gallinas alimentadas con CTMs obtuvieron mayor grosor de la cáscara en comparación con los huevos procedentes de aves alimentadas con MMIs. Los números fueron consistentemente mayores en todos los periodos de muestreo desde la semana 34 a la 74 y se observó una mejora estadísticamente significativa ($p < 0.05$) en la semana 74 (0.420mm para CTMs vs. 0.401mm para MMIs; Gráfica 2).

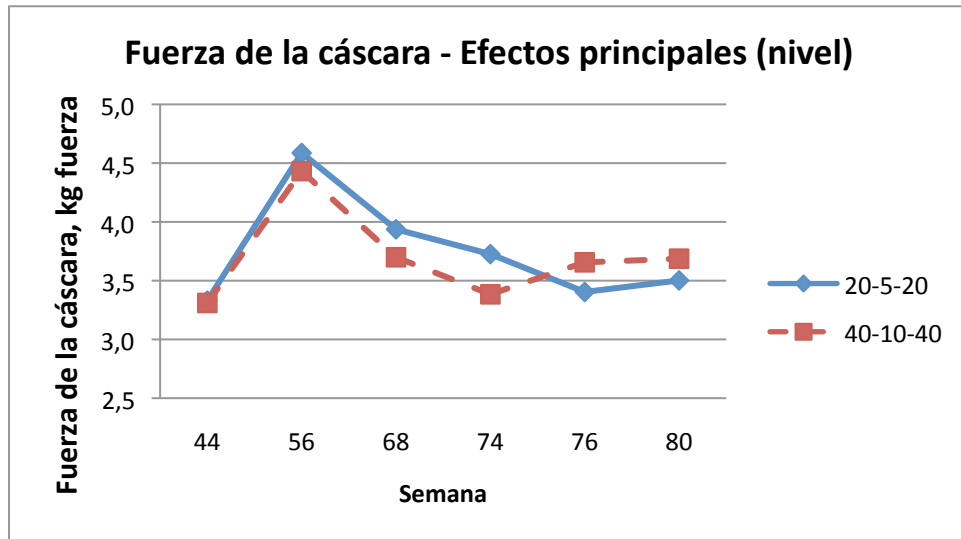
El incremento en los niveles de minerales aumentó la resistencia a la ruptura de la tibia ($P = 0.07$; Figure 3). La suplementación con CTMs incremento numéricamente la resistencia a ruptura de la tibia en comparación con MMIs ($P = 0.19$; Gráfica 3).

Los títulos de Ab, en general, no se vieron afectados por los tratamientos. Sin embargo, cuando se analizaron los datos en determinados intervalos se encontró que los principales efectos de la fuente fueron significativos ($P = 0.04$) dos semanas después de la segunda inyección de SRBCs. Las gallinas alimentadas con CTMs tuvieron valores de títulos significativamente mayores en comparación con las aves alimentadas con ITMs (Gráfica 4) a la semana 63 sugiriendo los beneficios de los CTMs sobre ITMs.

Gráfica 1: El efecto de alimentar gallinas ponedoras con microminerales quelados vs. sulfatos sobre la resistencia de la

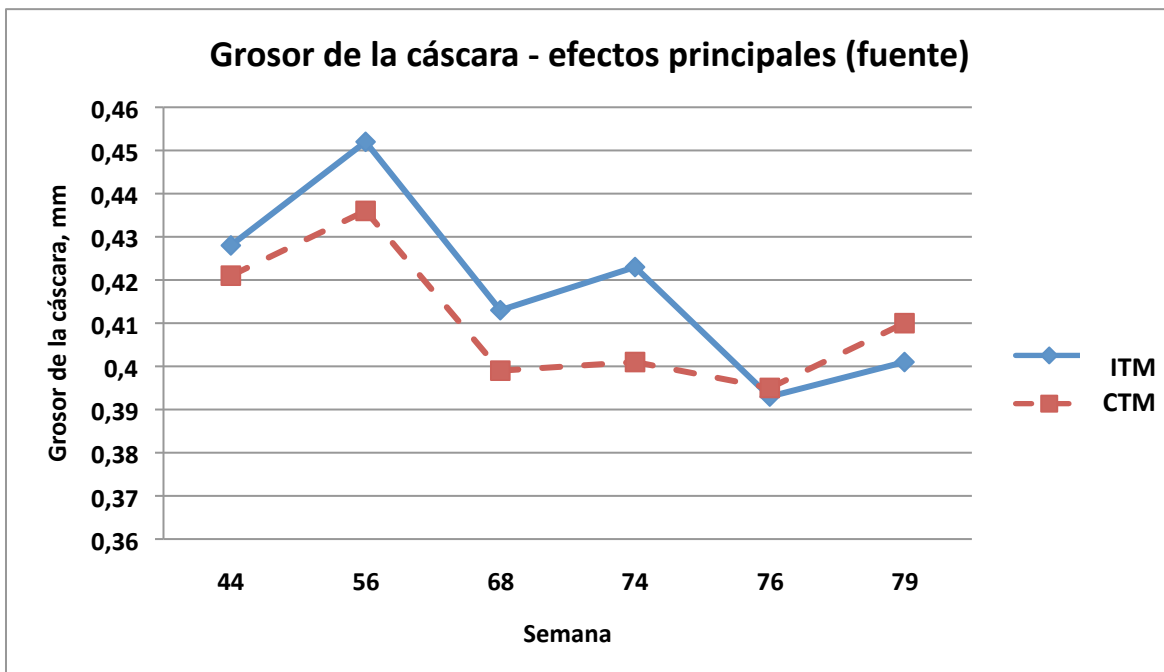


cáscara de huevo.



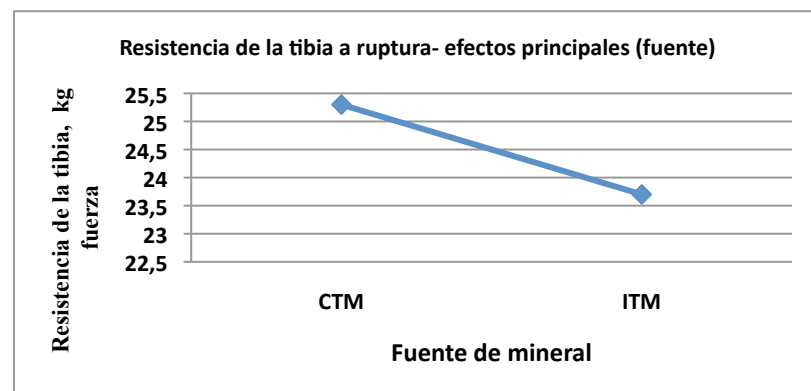
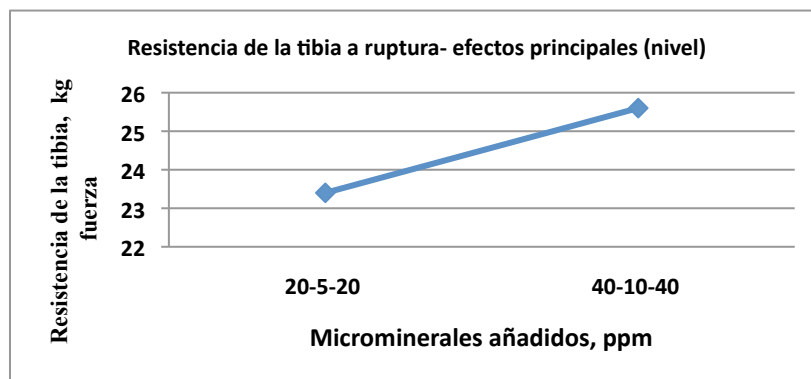
	Sem44	Sem56	Sem68	Sem74	Sem76	Sem80
FUENTE	0.06	0.18	0.05	0.22	0.81	0.27
NIVEL	0.91	0.55	0.37	0.07	0.28	0.44
FUENTE*NIVEL	0.33	0.29	0.66	0.21	0.47	0.87

Gráfica 2: Efecto de alimentar gallinas ponedoras con dietas que incluyen microminerales quelados vs. sulfatos en el grosor de la cáscara.



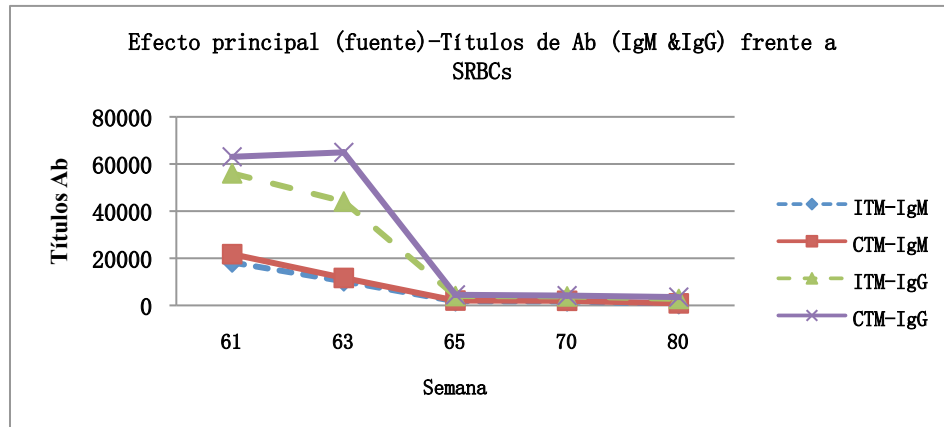
	Sem44	Sem56	Sem68	Sem74	Sem76	Sem79
NIVEL	0.53	0.08	1	0.92	0.11	0.86
FUENTE	0.37	0.3	0.08	0.02	0.8	0.53
FUENTE x NIVEL	0.06	0.23	0.58	0.41	0.57	0.51

Gráfico 3: Efecto de alimentar gallinas ponedoras con dietas que incluyen microminerales quelados vs. sulfatos sobre la resistencia a rotura de la tibia el grosor de la cáscara.



	Sem44	Sem56	Sem68	Sem74	Sem76	Sem80
FUENTE	0.06	0.18	0.05	0.22	0.81	0.27
NIVEL	0.91	0.55	0.37	0.07	0.28	0.44
FUENTE*NIVEL	0.33	0.29	0.66	0.21	0.47	0.87

Gráfica 4: Efecto de alimentar gallinas ponedoras con dietas que incluyen microminerales quelados vs. sulfatos sobre la respuesta de Ab a los glóbulos rojos de oveja (SRBCs).



	Sem 61 IgG	Sem 63 IgG	Sem 65 IgG	Sem 70 IgG	Sem 80 IgG
CV	102	55	104	75	90
FUENTE	0.72	0.04	0.71	0.73	0.40
NIVEL	0.63	0.84	0.85	0.37	0.47
FUENTE*NIVEL	0.42	0.49	0.10	0.66	0.97

Conclusiones

- En general, la suplementación de las dietas de ponedoras con CTMs durante todo el periodo de puesta (semana 24-80) no afectó al rendimiento de las mismas en comparación con las aves alimentadas con ITMs al mismo o mayor nivel. Sin embargo, los CTM incrementaron el peso vivo en 50g ($P<0.05$), y el niveles crecientes en la suplementación de los minerales aumentaron la ingesta de pienso en 2g/d ($P<0.05$).
- Suplementando CTMs (vs. ITMs) a las dietas de ponedoras resultó en una mejora en la resistencia a ruptura de la cáscara ($P<0.05$; semana 68), mejora del grosor ($P<0.05$; semana 74) y mejora en la respuesta inmune ($P<0.05$; semana 63).

Referencias

- ARIAS J. L., J. M. GARCIA-RUIZ, M. T. HINCKE, NYS, Y. AND S. E. SOLOMON. 1999.** Avian eggshell mineralization. *Poult. Avian Biol. Rev.* 10:143–166.
- ARIAS, J. L., A. I. CAPLAN, D. J. FINK, A. H. HEUER, AND S. XIAO. 1993.** Biomineralization and eggshells: cell-mediated a cellular compartments of mineralized extracellular matrix. *Int. Rev. Cytol.* 145:217–250.
- ATWELL C. A., J. D., P. FISHER, RICHARDS, K. J. WEDEKIND AND T. D. WINEMAN, 2010.** Estimation of the Zn bioavailability of a Zn chelate relative to Zn sulfate based on tibia Zn and small intestinal metallothionein expression. Pages 2-3 in *Int. Poult. Sci. Forum, Atlanta, GA. Southern Poult. Sci. Soc. (Abstr).* Accessed Jun. 29, 2012. <http://www.poultryscience.org/abstracts.asp>.
- BAKER D. H. AND WEDEKIND, K. J. 1990.** Zinc bioavailability in feed-grade sources of zinc. *J. Anim. Sci.* 68:684–689.
- BAUMGARTNER, S., D. J. BROWN, R. M. LEACH AND E. SALEVSKY, JR. 1978.** Copper deficiency in the laying hen. *J. Nutr.* 108:804–811.
- CHAMBERS B. J., AND NICHOLSON, F. A.. 2008.** Livestock manure management and treatment: implications for heavy metal inputs to agricultural soils. Pages 55–62 in *Trace Elements in Animal Production Systems*. P. Schlegel, S. Durosoy, and A. W. Jongbloed, ed. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands.
- CHOWDHURY, S. D. 1990.** Shell membrane system in relation to lathyrogen toxicity and copper deficiency. *World's Poult. Sci. J.* 46:153–169.
- LEACH, R. M., JR. 1976.** Metabolism and function of manganese. Pages 235–247 in *Trace Elements in Human Health and Disease*. Vol. II, A. S. Prasad, ed., Academic Pr, New York.
- MCDOWELL, L. R. 2003.** *Minerals in Animal and Human Nutrition*. Elsevier Science B.V., Amsterdam, the Netherlands.
- NRC. 1994.** *Nutrient Requirements of Poultry*. 9th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- NYS, Y., J. GAUTRON, M. D. MCKEE, J. M. GARCIA-RUIZ, AND M. HINCKE. 2001.** Biochemical and functional characterization of eggshell matrix proteins. *World's Poult. Sci. J.* 57:401–403.