



# EFFECTO DE LA ZEOLITA MICRONIZADA COMO ADITIVO PARA LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DEL HUEVO DE GALLINAS PONEDORAS

## EFFECT OF MICRONIZED ZEOLITE AS AN ADDITIVE ON PRODUCTION AND EGG QUALITY IN LAYING HENS

✉ BÁRBARA RODRÍGUEZ\*, ✉ M. VALERA, ✉ M. CASTRO

*Instituto de Ciencia Animal, C. Central, km 47 ½, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba*

*\*Email: [brodriguez@ica.edu.cu](mailto:brodriguez@ica.edu.cu)*

Se determina el efecto de la zeolita micronizada como aditivo para la producción y calidad del huevo de gallinas ponedoras de 89 semanas de edad. Se utilizaron durante 10 semanas 240 gallinas White Leghorns L-33, distribuidas en cuatro tratamientos, según diseño completamente aleatorizado, con 10 repeticiones y seis gallinas cada una. Los tratamientos consistieron en adicionar zeolita micronizada a una dieta control (maíz-soya) en las proporciones siguientes: T1) dieta control sin adición de zeolita, T2) dieta control + 1 % de adición de zeolita, T3) dieta control + 1.5 % de adición de zeolita y T4) dieta control + 2 % de adición de zeolita. El peso vivo, la intensidad de puesta, los huevos por ave por semana y la conversión alimentaria no difirieron entre tratamientos. En tanto, con 2 % de zeolita micronizada, la conversión masal fue mejor que en el control (1.70 vs 1.86) y está muy relacionada con el incremento del peso del huevo (68.95 vs 66.89 g) respecto a la dieta sin zeolita. La zeolita además, tuvo efecto positivo en la resistencia a la ruptura respecto al control (37.92 vs 34.26 N), sin modificaciones en el color, la altura del albumen y las unidades Haugh. Los resultados sugieren utilizar 2 % de zeolita micronizada como aditivo en la dieta para gallinas ponedoras de 89 semanas de edad, al permitir mayor peso del huevo, mejor conversión masal y resistencia a la ruptura.

The effect of micronized zeolite as an additive for the production and egg quality in 89-week-old laying hens is determined. 240 White Leghorns L-33 hens were used for 10 weeks, distributed in four treatments, according to a completely randomized design, with 10 replications and six hens each. The treatments consisted of adding micronized zeolite to a control diet (corn-soybean) in the following proportions: T1) control diet without addition of zeolite, T2) control diet + 1 % addition of zeolite, T3) control diet + 1.5 % addition of zeolite and T4) control diet + 2 % addition of zeolite. Body weight, laying intensity, eggs per hen per week and feed conversion did not differ among treatments. However, with 2 % micronized zeolite, mass conversion was better than in the control (1.70 vs 1.86) and is closely related to the increase in egg weight (68.95 vs 66.89 g) compared to the diet without zeolite. Zeolite also had a positive effect on breaking strength compared to the control (37.92 vs 34.26 N), with no changes in color, albumen height and Haugh units. The results suggest using 2 % micronized zeolite as a dietary additive for 89-week-old laying hens, allowing for higher egg weight, better mass conversion, and resistance to breakage.

**Palabras clave:** alimentación, aves, clipnotilolita, minerales

**Keywords:** birds, clipnotilolite, feed, minerals

### Introducción

En el Instituto de Ciencia Animal (ICA), desde la década del 80 comenzó la evaluación de zeolitas naturales para la alimentación de especies aviares. El objetivo de estas investigaciones fue evaluar y profundizar en el estudio de sustancias que tuvieran posibilidades de utilizarse como diluentes de la concentración de nutrientes del pienso para pollos de engorde y gallinas ponedoras, y de esta forma disminuir los gastos en la alimentación (Acosta *et al.* 2005).

Los trabajos realizados en monogástricos (Lon-Wo *et al.* 1987, Castro 2014 y Llanes *et al.* 2022) consideraron la granulometría aportada por el mineral, de nombre comercial ZOAD, con partículas de molienda inferior a 1 mm. Los resultados que se alcanzaron en gallinas ponedoras sugirieron el uso de este mineral entre 1 y 10 % en las dietas (Berrios *et al.* 1983, Lon-Wo y Cárdenas 1996 y Lon-Wo *et al.* 2010), al permitir mejoras en el comportamiento productivo, la salud y las condiciones higiénico sanitarias de las instalaciones agropecuarias.

Recibido: 02 de abril de 2024

Aceptado: 28 de junio de 2024

**Conflicto de intereses:** Los autores declaran que no existe conflicto de intereses

**Declaración de contribución de autoría CRediT:** Bárbara Rodríguez Sánchez: **Conceptualización, Investigación, Curación de datos, Análisis formal, Redacción - borrador original.** M. Valera: **Conceptualización, Investigación.** M. Castro: **Conceptualización, Investigación**



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



Recientemente, en la Empresa Minera de Occidente de Cuba se realiza la micronización de la zeolita natural con partículas de menor dimensión (0.045 mm), con el fin de lograr mayor calidad y bioseguridad para su utilización en disímiles productos. En la producción animal, el hecho que tenga un tamaño de partícula inferior pudiera modificar los resultados productivos (Pérez-Bonilla *et al.* 2011). La reducción del tamaño de partícula puede facilitar el contacto entre nutrientes y enzimas endógenas, por lo que mejora la digestibilidad de nutrientes (Parsons *et al.* 2006). Sin embargo, las partículas finas repercuten a menudo negativamente en el desarrollo de la molleja y del tracto gastrointestinal, lo que pudiera afectar el comportamiento productivo (González-Alvarado *et al.* 2007). De ahí, la importancia de evaluar la zeolita en su nueva presentación.

En la avicultura existe la tendencia de mantener las gallinas ponedoras por más de 100 semanas, dado el costo de los reemplazos de ponedoras y el flujo tecnológico que permite mantener huevos en el mercado (Martínez *et al.* 2021). Se conoce que, en esta etapa, el huevo tiende a alcanzar mayor tamaño (Hervo *et al.* 2022) y con ello, disminuye la calidad de la cáscara (Wistedt *et al.* 2019). Estudios previos informaron mejoras en la calidad de la cáscara del huevo, al alimentar gallinas ponedoras con zeolita natural (Roland *et al.* 1985 y Keshavarz y McCormick 1991). No obstante, se conocen resultados contradictorios al respecto, por lo que el presente trabajo tiene como objetivo determinar el efecto de la zeolita micronizada como aditivo para la producción y calidad del huevo de gallinas ponedoras con 89 semanas de edad.

### Materiales y Métodos

El estudio se realizó en la unidad avícola del Instituto de Ciencia Animal (ICA) en Mayabeque, Cuba. Se utilizaron 240 gallinas White Leghorn L33, distribuidas en cuatro tratamientos, según diseño completamente aleatorizado, con 10 repeticiones y seis gallinas cada una, durante 10 semanas. Las aves se alojaron en jaulas metálicas de 40 x 40 cm, con dos niples/jaula para el abasto de agua a voluntad y un comedero lineal para suministrar el alimento de forma restringida, a razón de 110 g/ave/día.

Los tratamientos consistieron en adicionar zeolita a la dieta control (maíz-soya) (tabla 1) en las siguientes proporciones: T1) dieta control sin adición de zeolita micronizada, T2) dieta control + 1 % de adición de zeolita micronizada, T3) dieta control + 1.5 % de adición de zeolita micronizada y T4) dieta control + 2 % de adición de zeolita micronizada. La zeolita micronizada, con nombre comercial ZEOBLANK, se procesa en la Empresa Minera de Occidente con un tamaño de partícula promedio de 6.68 µm, procedente del yacimiento San Ignacio, provincia Mayabeque, Cuba.

**Tabla 1.** Dieta control experimental para la alimentación de gallinas ponedoras

Ingredientes, %	Control
Harina de maíz	62.30
Harina de soya (45 % PB)	25.00
Aceite vegetal	0.89
Fosfato monocálcico	1.16
Carbonato de calcio	9.80
Sal común	0.30
DL metionina	0.12
Colina	0.10
Premezcla vitaminas y minerales <sup>1</sup>	0.30
<b>Aportes calculados, %</b>	
Proteína bruta	15.99
Energía metabolizable, MJ/kg de MS <sup>1</sup>	11.50
Fibra bruta	2.40
Calcio total	4.00
Fósforo disponible	0.35
Metionina + cistina digestible	0.62
Lisina digestible	0.80

<sup>1</sup> Premezcla mineral por kg de alimento: selenio (0.1 mg), hierro (40 mg), cobre (12 mg), zin (120 mg), magnesio (100 mg), yodo (2.5 mg) y cobalto (0.75 mg) y Premezcla vitamínica por kg de alimento: vitamina A (10 000 UI), vitamina D<sub>3</sub> (2 000 UI), vitamina E (10 mg), vitamina K<sub>3</sub> (2 mg), vitamina B<sub>1</sub> (tiamina, 1 mg), vitamina B<sub>2</sub> (riboflavina, 5 mg), vitamina B<sub>6</sub> (piridoxina, 2 mg), vitamina B<sub>12</sub> (15.4 mg), ácido nicotínico (125 mg), pantotenato de calcio (10 mg), ácido fólico (0.25 mg) y biotina (0.02 mg)

La evaluación del efecto de la zeolita micronizada en el comportamiento productivo de las gallinas ponedoras se determinó mediante los siguientes indicadores: peso vivo final, conversión alimentaria y masal, número de huevos x aves e intensidad de puesta. Para la calidad del huevo, en el horario de la mañana, se seleccionaron al azar 15 huevos por tratamiento en la semana 96 de edad. En dos equipos automáticos, Egg Force Reader y EggAnalyzer® (marca ORKA), se determinó la resistencia a la ruptura de la cáscara de los huevos, el color de la yema, el peso del huevo, la altura del albumen y las unidades Hauhg.

Para el procesamiento estadístico de los datos, se realizó análisis de varianza según diseño completamente aleatorizado para los indicadores peso del huevo, conversión alimentaria, conversión masal, resistencia a la ruptura y altura del albumen. La comparación entre las medias se realizó mediante la dócima de Duncan (1955). Se probaron los supuestos teóricos del análisis de varianza, normalidad de los errores por la dócima de Shapiro y Wilk (1965) y homogeneidad de varianza por Levene (1960) para las variables intensidad de puesta, huevos por ave semanal, color de yema y unidades Hauhg. Estas variables no cumplieron con dichos supuestos, por lo que se realizó análisis de varianza no paramétrico de clasificación simple de Kruskal y Wallis (1952) y se aplicó dócima de Conover (1999) para p<0.05. Se aplicaron los paquetes estadísticos Infostat (Di Rienzo *et al.* 2012) y StatSoft (2003).

## Resultados y Discusión

La adición de zeolita micronizada en la dieta no modificó el peso vivo de las gallinas, la conversión alimentaria y la altura del albumen (tabla 2). La conversión masal fue mejor con 2 % y guarda estrecha relación con el incremento del peso del huevo en este nivel, por lo que la gallina utilizó menos alimento para producir un kilogramo de huevo. Resultados similares informaron Elsherbeni *et al.* (2024), al adicionar 20 g/kg de zeolita en la dieta para gallinas Silver Montazah.

Estudios previos demostraron que la zeolita cubana es capaz de incrementar la eficiencia de utilización de los nutrientes (Berrios *et al.* 1983, Lon Wo *et al.* 1987 y Acosta *et al.* 2005). Según Macháček *et al.* (2010), esta mejora se puede atribuir a la zeolita por efecto positivo en la microflora intestinal y en el mecanismo de la digestión (Prasai *et al.* 2016). Lo anterior se sustenta en las propiedades de este mineral, al participar en procesos bioquímicos que incluyen alta capacidad de intercambio catiónico, absorción, catálisis y procesos de rehidratación-deshidratación. Los trabajos de Emam *et al.* (2019) y Elsherbeni *et al.* (2024) también informaron mejor peso del huevo y conversión masal con la inclusión de zeolita en la dieta.

La resistencia a la ruptura del huevo (tabla 2), independientemente del nivel de zeolita que se usó, se incrementó en 1.13 veces en relación con el control. Al respecto, Roland *et al.* (1985) plantearon que el efecto beneficioso de la zeolita en la calidad de la cáscara de huevo se corresponde con la gran afinidad con el calcio y por alta capacidad de intercambio iónico. De igual forma, Watkins

y Southern (1991) sustentan que puede estar asociada al contenido de elementos como el silicio (Si), aluminio (Al) y sodio (Na) en la zeolita, los que intervienen en el metabolismo del calcio. En un trabajo reciente, Yglesia *et al.* (2022) señalaron que la zeolita micronizada que se usó en este estudio es del tipo cálcica-sódica, con relación molar  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  que oscila entre 6.0 y 8.0 %, aspecto característico de estos minerales ricos en sílice con capacidad de intercambio catiónico de 126.31 meq/100 g. Estas características pudieran favorecer la absorción del calcio en las gallinas, aspecto que se debe profundizar en estudios posteriores por la importancia que tiene en la calidad y producción de huevo.

La intensidad de puesta, los huevos por ave en la semana, color de la yema y unidades Haugh (tabla 3) no se modificaron con la adición de zeolita micronizada. Sin embargo, con 2 % de este mineral se halló incremento numérico en la intensidad de puesta y en la cantidad de huevos por ave en la semana (5.9 % respecto al control). De igual forma, Amad (2021) no encontró modificaciones en estos indicadores, cuando empleó zeolita natural en niveles de 0.5 y 1 %. De acuerdo con Vieira *et al.* (2023), las contradicciones en los resultados obtenidos cuando se emplea zeolita en la dieta de gallinas ponedoras se relacionan con algunos factores como el tipo y origen del mineral, raza, edad, nivel tecnológico en los sistemas de crianza, entre otros. Según Kermanshahi *et al.* (2011), el efecto esperado de la zeolita en experimentos con animales puede variar, debido a la fuente, concentración, tamaño de partícula, contenido de aluminio y silicio en la zeolita, así como por el contenido de calcio y fósforo en la dieta.

**Tabla 2.** Efecto en indicadores productivos y de calidad del huevo de gallinas ponedoras de 89 semanas de edad con la adición de zeolita micronizada en la dieta

Indicadores productivos	Zeolita micronizada, %				EE ±	p-valor
	0	1	1.5	2		
Peso vivo inicial, g/ave	1714	1719	1731	1711	13.04	0.7288
Peso vivo final, g/ave	1777	1785	1792	1789	11.57	0.7963
Conversión alimentaria, kg/kg	1.35	1.36	1.33	1.26	0.03	0.0874
Conversión masal, kg/kg	1.86 <sup>a</sup>	1.89 <sup>a</sup>	1.84 <sup>a</sup>	1.70 <sup>b</sup>	0.04	0.0223
Peso del huevo, g	66.89 <sup>a</sup>	67.15 <sup>a</sup>	68.56 <sup>ab</sup>	68.95 <sup>b</sup>	0.57	0.0343
Resistencia a la ruptura, N*	34.26 <sup>a</sup>	37.99 <sup>b</sup>	38.78 <sup>b</sup>	37.92 <sup>b</sup>	0.86	0.0022
Altura del albumen, mm	5.36	5.47	5.69	5.61	0.19	0.6165

<sup>a</sup>letras distintas en la fila difieren para  $p \leq 0.05$  \*Newton

**Tabla 3.** Efecto en la intensidad de puesta, huevos por ave, unidades Haugh y color de la yema de huevo de gallinas ponedoras de 89 semanas de edad con la adición de zeolita micronizada en la dieta

Indicadores productivos	Zeolita micronizada, %				p-valor
	0	1	1.5	2	
Intensidad de puesta, %	19.20 (82.10) DE=8.39	15.45 (80.90) DE=4.14	19.10 (82.74) DE=4.49	28.25 (87.26) DE=4.36	0.0881
Huevos/ave/semana, u	19.20 (5.75) DE=0.59	15.45 (5.66) DE=0.29	19.10 (5.79) DE=0.31	28.25 (6.11) DE=0.31	0.0881
Color de la yema	36.50 (3.53) DE=0.52	24.50 (3.13) DE=0.35	34.50 (3.47) DE=0.52	26.50 (3.20) DE=0.41	0.0533
Unidades Haugh	26.67 (73.92) DE=8.50	28.20 (73.93) DE=5.19	33.00 (75.13) DE=4.21	34.13 (75.37) DE=4.41	0.5850

() Medias de datos originales sin transformación DE: desviación estándar

## Conclusiones

Se concluye que la zeolita micronizada no afectó el comportamiento animal, por lo que se sugiere emplear 2 % de zeolita micronizada como aditivo en la dieta para gallinas ponedoras de 89 semanas de edad, al permitir mayor peso del huevo y mejor conversión masal. Es necesario profundizar en aspectos relacionados con la calidad interna y externa del huevo, así como en la bioquímica sanguínea y digestibilidad de nutrientes, de modo que se puedan confirmar los resultados y establecer los mecanismos de acción posibles.

## Agradecimientos

Se agradece a la técnica Yoslaidy Arbelo y a Mirella Pérez e Idalmis Rodríguez por la contribución al desarrollo de la investigación en la unidad avícola del Instituto de Ciencia Animal. También a la Magaly Herrera, Dra.C. y a la especialista Yolaine Medina por la colaboración en el procesamiento estadístico de los resultados.

## Referencias

- Acosta, A., Lon Wo, E. & Dieppa, O. 2005. Effect of the natural zeolite (Clinoptilolite) and of the different feeding schemes on the productive performance of broilers. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 39 (3): 311-316, ISSN: 2079-3480.
- Amad, A. 2021. The Effect of Natural Zeolite as Feed Additive on Performance and Egg Quality in Old Laying Hens. *Journal of Poultry Research*, 18(1): 13-18, ISSN: 2147-9003. <https://doi.org/10.34233/jpr.919356>.
- Berrios, E., Castro, M. & Cárdenas, M. 1983. Inclusión de zeolita en los piensos para gallinas ponedoras alimentadas *ad libitum*. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 17: 157-162, ISSN: 2079-3480.
- Castro, M. 2014. Las zeolitas naturales. Caracterización químico-física. Principales yacimientos de Cuba. *Boletín técnico porcino*, 25: 3-6, ISSN: 2078-2675.
- Conover, W. 1999. Practical Nonparametric Statistics. John Wiley & Sons, Inc., New York, 3<sup>rd</sup> Edition, ISBN: 978-0-471-16068-7.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., González, L., Tablada, M. & Robledo, C.W. 2012. InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Available at: <http://www.infostat.com.ar>.
- Duncan, D.B. 1955. Multiple range and multiple F test. *Biometrics*, 11: 1-42, ISSN: 0006-341X. <https://doi.org/10.2307/3001478>.
- Elsherbeni, A.I., Youssef, I.M., Hamouda, R.E., Kamal, M., El-Gendi, G.M., El-Garhi, O.H., Alfassam, H.E., Rudayni, H.A., Allam, A.A., Moustafa, M., Alshaharn, M.O. & El-Kholy, M.S. 2024. Performance and economic efficiency of laying hens in response to adding zeolite to feed and litter. *Poultry Science*, 103 (7): 103799, ISSN: 1525-3171. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103799>.
- Emam, K.R.S., Toraih, H.M., Hassan, A.M., El-Far, A.A., Morsy, A.S. & Ahmed, N.A. 2019. Effect of zeolite dietary supplementation on physiological responses and production of laying hens drinking saline well water in South Sinai. *World's Veterinary Journal*, 9 (2): 109-122, ISSN: 2322-4568. [www.wvj.science-line.com](http://www.wvj.science-line.com).
- Fethiere, R., Miles, R.D. & Harms, R.H. 1994. The utilization of sodium in sodium zeolite A by broilers. *Poultry Science*, 73: 118-121, ISSN: 1525-3171. <https://doi.org/10.3382/ps.0730118>.
- González-Alvarado, J.M., Jiménez-Moreno, E., Lázaro, R. & Mateos, G.G. 2007. Effects of type of cereal, heat processing of the cereal, and inclusion of fiber in the diet on productive performance and digestive traits of broilers. *Poultry Science*, 86: 1705-1715, ISSN: 1525-3171. <https://doi.org/10.1093/ps/86.81705>.
- Hervo, F., Narcy, A., Nys, Y. & Létourneau-Montminy, M.P. 2022. Effect of limestone particle size on performance, eggshell quality, bone strength, and *in vitro* *in vivo* solubility in laying hens: a meta-analysis approach. *Poultry Science*, 101:101686, ISSN: 1525-3171. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101686>.
- Kermanshahi, H., Haji Agha, J.E., Hashemipour, H. & Pilevar, M. 2011. Efficacy of natural zeolite and pigments on yolk color and performance of laying hens. *African Journal of Biotechnology*, 10(6): 3237-3242, ISSN: 1684-5315. <https://doi.org/10.5897/AJB10.1713>.
- Levene, H. 1960. Robust tests for the equality of variance. Contributions to Probability and Statistics. Stanford University Press. pp. 278-292, ISBN: 978-0-8047-0596-7.
- Llanes, J., Castro, M. & Herrera, M. 2022. Partial replacement of raw matters by natural zeolite in *Clarias gariepinus* feed. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 56(3): 165-173, ISSN: 2079-3480.
- Lon-Wo, E., Acosta, A. & Cárdenas, M. 2010. Effect of the natural zeolite (Clinoptilolite) on the laying hen diet. Its influence on ammonia release through the feces. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 44(4): 389-392, ISSN: 2079-3480.
- Lon-Wo, E. & Cárdenas, M. 1996. Estrategia de uso de las zeolitas naturales en dietas para gallinas ponedoras. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 30: 313-316, ISSN: 2079-3480.
- Lon-Wo, E., Pérez, F. & González, J.L. 1987. Inclusión de 5% de zeolita (clinoptilolita) en dietas para pollos de ceba en condiciones de producción. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 21: 169-173, ISSN: 2079-3480.



- Macháček, M.V., Večerek, Mas. N., Suchý, P., Straková, E., Šerman, V. & Herzig, I. 2010. Effect of the feed additive Clinoptilolite (ZeoFeed) on nutrient metabolism and production performance of laying hens. *Acta Veterinaria Brasilica*, 79: 29-34, ISSN: 1981-5484. <https://doi.org/10.2754/avb201079S029>.
- Martínez, Y., Bonilla, J.L., Sevilla, M.A., Botello, A., Matamorros, I. & Valdivié, M. 2021. Effect of palm kernel (*Elaeis guineensis*) meal on laying, egg quality and economic feasibility of old laying hens. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 55(2): 1-12, ISSN: 2079-3480. <https://www.cjascience.com/index.php/CJAS/issue/view/60>.
- Prasai, T.P., Walsh, K.B., Bhattarai, S.P., Midmore, D.J., Van T.T.H., Moore, R.J & Stanley, D. 2016. Biochar, bentonite, zeolite supplemented feeding of layer chickens alters intestinal microflora and reduces *Campylobacter* load. *PLoS One*, 11(4): e0154061, ISSN: 1932-6203. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0154061>.
- Keshavarz, K. & McCormick, C.C. 1991. Effect of sodium aluminosilicate, oyster shell, and their combinations on acid-base-balance and eggshell quality. *Poultry Science*, 70(2): 313-325, ISSN: 1525-3171. <https://doi.org/10.3382/ps.0700313>.
- Kruskal, W.H. & Wallis, W.A. 1952. Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association*, 47(260): 583-621, ISSN: 1537-274X. <https://doi.org/10.1080/01621459.1952.10483441>.
- Parsons, A.S., Buchanan, N.P., Blemings, K.P., Wilson, M.E. & Mortiz, J.S. 2006. Effect of corn particle size and pellet texture on broiler performance in the growing phase. *Journal of Applied Poultry Research*, 15(2): 245-255, ISSN: 1537-0437. <https://doi.org/10.1093/japr/15.2.245>.
- Pérez-Bonilla, A., Frikha, M., Mirzaie, S., García, J. & Mateos, G.G. 2011. Effects of the main cereal and type of fat of the diet on productive performance and egg quality of brown-egg laying hens. *Poultry Science*, 90 (12): 2801-2810, ISSN: 1525-3171. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01503>.
- Roland, D.A., Laurent, S.M. & Orloff, H.D. 1985. Shell quality as influenced by zeolite with high ion-exchange capability. *Poultry Science*, 64(6): 1177-1187, ISSN: 1525-3171. <https://doi.org/10.3382/ps.0641177>.
- Shapiro, S.S. & Wilk, M.B. 1965. An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). *Biometrika*, 52(3/4): 591-611, ISSN: 0006-3444, <https://doi.org/10.2307/2333709>.
- StatSoft, Inc. 2003. STATISTICA (data analysis software system), version 7. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).
- Vieira, R.B., Ludke, M.C.M.M., Ludke, J.V., Lopes, C.C., Oliveira, E.F., Santos, A.C.A. & Rabello, C.B.V. 2023. Effect of dietary zeolite supplementation on production, egg quality, ammonia volatilization, organ morphometry and blood parameters in brown laying hens. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 25(04): 1-9, ISSN: 1806-9061. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2023-1797>
- Watkins, K.L. & Southern, L.L. 1991. Effect of dietary sodium zeolite A and graded levels of calcium on growth, plasma and tibia characteristics of chicks. *Poultry Science*, 70 (11): 2295-2303, ISSN: 1525-3171. <https://doi.org/10.3382/ps.0702295>.
- Wistedt, A., Ridderstråle, Y., Wall, H. & Holm, L. 2019. Age-related changes in the shell gland and duodenum in relation to shell quality and bone strength in commercial laying hen hybrids. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 61(1): 14, ISSN: 1751-0147. <https://doi.org/10.1186/s13028-019-0449-1>
- Yglesia, A.L., Orihuela, R.D., Velázquez, M.G., Díaz, M.F.S., Rodríguez, B.S., García, R.L., Galindo, J.L. & Rodríguez, R.H. 2022. Perspectivas de utilización de la zeolita micronizada como aditivo en la alimentación animal. En: Memorias Convención Producción Animal y Agordesarrollo 2022. Madeleidy Martínez Pérez, Jesús M. Iglesias Gómez & Nayda Armengol López (eds.). ISBN: 978-959-7171-86-7.