

Abanico Veterinario. Enero-Diciembre 2019; 9:1-9. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2019.926>

Artículo Original. Recibido: 28/02/2019. Aceptado: 26/11/2019. Publicado: 15/12/2019.

Suplementación con zinc orgánico y rendimiento productivo de cerdos en ambiente caluroso

Organic zinc supplementation and pigs productive performance in warm environment

Romo-Valdez Juan , Romo-Valdez Ana , Montero-Pardo Arnulfo , Urías-Castro Christian , Güémez-Gaxiola Héctor , Romo-Rubio Javier* 

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa; Culiacán, Sinaloa, México; *Autor responsable y de correspondencia: Romo-Rubio Javier. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa; Boulevard San Ángel s/n, Colonia San Benito, Culiacán de Rosales, Sinaloa, México; CP 80246. romo_14@hotmail.com, e.ana.romo@uas.edu.mx, arnulfomp@hotmail.com, el_magnum1@hotmail.com, hectorguem@gmail.com, romo60@uas.edu.mx

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la influencia de la suplementación con zinc orgánico en el rendimiento de los cerdos en desarrollo en ambiente caluroso (t 30.4°C; HR de 73% y THI 82), se usaron 96 cerdos de 84 d de edad (33.8 ± DE 0.96 kg de p.v.) en un diseño de bloques completos al azar. Los tratamientos fueron: 1) Testigo (n = 24), dieta de desarrollo basada en maíz/soya; 2) Testigo más 120 ppm de Zn/kg de MS; 3) Testigo más 240 ppm de Zn/kg de MS, y 4) Testigo más 360 ppm de Zn orgánico/kg de MS. El zinc se proporcionó como metionina de zinc (ZnMet). Los cerdos, en grupos de ocho (4 machos y 4 hembras), fueron colocados en 12 corrales (3 por tratamiento). El corral fue la unidad experimental. Los cerdos se pesaron los días 1 y 42; el consumo de alimento, la temperatura del aire y la humedad relativa (HR) se registraron diariamente. Los resultados se analizaron mediante ANDEVA (p < 0.05) y la influencia del nivel de Zn en la respuesta productiva se exploró mediante polinomios ortogonales. Se observaron respuestas cuadráticas al nivel de suplementación con Zn en el peso final (P = 0.05), ganancia diaria de peso (P = 0.03) y consumo diario de alimento (P = 0.05). La conversión alimenticia tendió (P = 0.08) a mejorar linealmente a medida que se incrementó el nivel de Zn, con valores medios de 2.97, 2.83, 2.90 y 2.70 kg de alimento/kg de ganancia, para el testigo, 120 ZnM, 240 ZnM y 360 ZnM, respectivamente. Los resultados indican que el consumo de dietas suplementadas con Zn mejora la conversión alimenticia de los cerdos durante la etapa de desarrollo, bajo condiciones de ambiente cálido.

Palabras clave: metionina de zinc, cerdo, rendimiento productivo.

ABSTRACT

In order to evaluate the influence of organic zinc supplementation on the performance of developing pigs in a warm environment (t 30.4 °C, RH of 73% and THI 82), 96 pigs of 84 d of age were used (33.8 ± 0.96 kg of live weight) in a randomized complete block design. The treatments were: 1) Control (n = 24), corn/soybean-based developing pig diet; 2) Control plus 120 ppm Zn/kg of DM; 3) Control plus 240 ppm Zn/kg of DM, and 4) Control plus 360 ppm organic Zn/kg of DM. Zinc was provided as zinc methionine (ZnMet). The pigs in groups of eight (4 males and 4 females) were placed in 12 pens (3 per treatment). The pen was the experimental unit. The pigs were weighed on days 1 and 42; fed intake, air temperature, and RH were recorded daily. The results were analyzed by ANOVA (p < 0.05) and the influence of the Zn level on the productive response was explored by orthogonal polynomials. Quadratic responses were observed at the Zn supplementation level in the final weight (P = 0.05), daily weight gain (P = 0.03) and daily feed intake (P = 0.05). The feed conversion tended (P = 0.08) to improve linearly as the Zn level increased, with mean values of 2.97, 2.83, 2.90 and 2.70 kg of feed/kg of gain, for Control, 120 ZnM, 240 ZnM, and 360

ZnM, respectively. The results indicate that the diets intake supplemented with Zn improves the feed conversion of pigs during the development stage, under warm environment condition.

Keywords: zinc methionine, pig, productive performance.

INTRODUCCIÓN

El estrés por calor produce alteraciones en el sistema metabólico ([Baumgard y Rhoads, 2013](#)); estas incluyen la disminución en la liberación de hormonas tiroideas y de crecimiento, que disminuye la tasa metabólica basal (Aggarwal y Upadhyay, 2013), que afecta la expresión de genes y proteínas implicados en el metabolismo de la energía y los nutrientes ([Sanz-Fernandez et al., 2015](#)). El zinc es un mineral traza con importancia comprobada para la función de más de 300 enzimas ([Chasapis et al., 2012](#)). La acción metabólica de Zn incluye el metabolismo energético, síntesis de proteínas, metabolismo de los ácidos nucleicos, integridad del tejido epitelial, reparación y la división celular, transporte y utilización de vitamina A y la absorción de vitamina E ([Borah et al., 2014](#)).

Se ha demostrado que las dietas suplementadas con Zn mejora y previene la reducción de la integridad intestinal durante el estrés por calor ([Sanz-Fernandez et al., 2014](#)), disminuye la permeabilidad intestinal de los lechones durante el destete ([Zhang y Guo, 2009](#)), promueve la restauración del epitelio intestinal ([Song et al., 2011](#)) y mejora el metabolismo de las proteínas en cerdos ([Pearce et al., 2015](#)). Debido a que los requerimientos de Zn aumentan durante el estrés por calor ([Lagana et al., 2007](#)), se ha sugerido que la suplementación con Zn podría utilizarse para atenuar la disminución de Zn sérico durante periodos de altas temperaturas ambientales ([Li et al., 2015](#)).

Las dietas para cerdos generalmente se complementan con Zn inorgánico (ZnSO_4 o ZnO) para asegurar la demanda requerida. El ZnSO_4 es la fuente inorgánica con la mayor biodisponibilidad (NRC, 2012); sin embargo, en condiciones fisiológicas normales y con una ingesta adecuada, aparentemente se absorbe sólo del 5 al 15% de la dieta (McDowell, 2003).

En los últimos años, se ha explorado el uso de fuentes orgánicas de Zn, debido a su mayor biodisponibilidad ([Sahin et al., 2005](#)).

El objetivo del presente estudio fue evaluar la influencia de la suplementación con zinc orgánico, a partir de metionina de zinc, en el rendimiento de los cerdos en desarrollo en condiciones de clima cálido.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó de Agosto a Octubre de 2016 en la Unidad Experimental de Cerdos de Engorde de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa, localizada en la granja porcina “La Huerta”, ubicada en el municipio

de Culiacán, Sinaloa, México (24 ° 49 '38 "N y 107 ° 22' 47" O, y 60 msnm); con temperatura ambiental media anual de 25 °C y 790 mm de lluvia ([INEGI, 2013](#)).

Diseño experimental. Noventa y seis cerdos de 84 días de edad (48 machos y 48 hembras; 33.8 ± DE 0.96 kg p.v.) se utilizaron en un diseño experimental de bloques completos al azar (DBCA). Los cerdos se pesaron individualmente; fueron agrupados en tres bloques por peso inicial y sexo, y en grupos de ocho (4 machos y 4 hembras); los cerdos se colocaron en 4 corrales por bloque.

El corral fue la unidad experimental. Los tratamientos fueron: 1) dieta basada en harina de maíz y soya (ver tabla 1), con aporte nutricional según la etapa de producción (testigo); 2) Testigo más 120 ppm de Zn orgánico/kg de MS (120 ZnM); 3) Testigo más 240 ppm de Zn orgánico/kg de MS (240 ZnM), y 4) Testigo más 360 ppm de Zn orgánico/kg (360 ZnM).

El zinc orgánico se proporcionó como metionina de zinc (ZnMet) de la premezcla Zinpro 120 (Zinpro® 120, contiene 12% de Zn y 27.3% de metionina; Metionina de zinc Patente en EU No. 4,764,633 y 5,430,164; oficio de liberación México: B00.02.08.02.02.0398/11)

Tabla 1. Composición e información nutricional de la dieta utilizada en la etapa de desarrollo

Ingredientes (kg)	Desarrollo
Maíz	749
Pasta de soya	217
Aceite	9
Premezcla mineral	25
Aporte nutrimental	
E.M.(Mcal Kg ⁻¹)	3.351
Proteína (%)	16.702
Lisina (%)	1.052
Fibra (%)	2.524
Fósforo (%)	0.520
Calcio (%)	0.570
*Zinc (ppm)	120.28

*Contenido de Zn de la dieta testigo, aportado por la premezcla mineral como ZnO.

Manejo de animales. Los cerdos se pesaron, identificaron y se agruparon en grupos de ocho en corrales de 7 x 1.5 m (10.5 m²), que incluye 1.5 m² de charca; con piso de concreto y completamente techados, equipados con comedero de plástico tipo tolva con chupón metálico integrado. Los cerdos tuvieron acceso permanente a agua y alimento a libre acceso. Los animales se pesaron al inicio (día 0) y 42 días después de comenzar la prueba, para determinar la ganancia diaria de peso (GDP) en el periodo de estudio. Se registró el alimento ofrecido a los cerdos de cada corral y al final del periodo se determinó

el consumo diario de alimento (CDA). Sobre la base de CDA y GDP, se calculó la conversión de alimentación ($CA = CDA/GDP$).

Medición de la temperatura y humedad relativa. Los datos de temperatura (t °C) y humedad relativa (HR, %) se tomaron con un termo higrómetro, ubicado dentro de la unidad experimental, y se registraron diariamente durante el periodo experimental (tabla 2). El índice de temperatura y humedad (THI) se calculó utilizando la fórmula $THI = [0.8 \times \text{temperatura ambiente}] + [(\% \text{ HR}/100) \times (\text{temperatura ambiente} - 14.4)] + 46.4$ (Mader *et al.*, 2006).

Tabla 2. Índice de temperatura y humedad (THI) al que estuvieron expuestos los cerdos durante el periodo experimental

Semana	HR Prom.	Temp. Prom.(°C)	Temp. Min. (°C)	Temp. Max. (°C)	THI ¹ Prom.	THI Min.	THI Max.
1	73.4	30.0	25.0	35.0	81.85	74.18	89.60
2	71.0	31.1	24.6	37.6	83.13	73.32	92.95
3	72.8	30.2	24.9	35.5	82.06	77.60	90.16
4	76.1	30.4	24.0	34.8	82.89	72.90	89.76
5	73.7	30.0	24.4	35.6	81.89	73.29	86.50
6	71.4	31.0	24.8	37.2	83.05	73.66	92.40
Promedio	73.06	30.45	24.61	35.95	82.47	74.15	90.22

¹Índice de temperatura y humedad (THI) = $0.8 \times \text{Temperatura ambiente} + [(\% \text{ humedad relativa} + 100) \times (\text{temperatura ambiente} - 14.4)] + 46.4$. THI rangos (normal THI <74; alerta 75 a 79; peligro 79 a 84; y emergencia >84).

Análisis estadístico. Los resultados fueron analizados por ANDEVA (Steel y Torrie, 1985) para un DBCA. La influencia del nivel de Zn en la respuesta productiva fue explorada por polinomios ortogonales. Se estableció un valor alfa de 0.05 para aceptar diferencia estadística y cada corral se consideró como la unidad experimental. Todos los cálculos se realizaron utilizando la versión 8 de paquete estadístico Statistix® Statistical.

RESULTADOS

Durante el periodo experimental, la temperatura promedio fue de 30.4°C; humedad relativa 73%, y THI de 82. Los resultados de la influencia de la adición de Zn a partir de ZnMet en la respuesta productiva de los cerdos en desarrollo se muestran en la tabla 3. Los cerdos alimentados con dietas suplementadas con Zn (ZnMet) tuvieron una mejor conversión alimenticia ($P = 0.05$). Se observaron respuestas cuadráticas al nivel de suplementación con Zn orgánico en el peso final ($P = 0.05$), ganancia de peso ($P = 0.03$) y consumo de alimento ($P = 0.05$). La conversión alimenticia tendió ($P = 0.08$) a mejorar linealmente a medida que aumentaba el nivel de Zn orgánico.

Tabla 3. Influencia del nivel adicional de Zn a partir de metionina de zinc en la productividad de cerdos en desarrollo

Variable	Nivel adicional de Zn, mg/kg				EEM ¹	Valor de P	Polinomios		
	0	120	240	360			Lineal	Cuadrático	Cúbico
Cerdos	24	24	24	24					
Corrales, n	3	3	3	3					
Días en prueba	42	42	42	42					
Peso inicial, kg	33.700	34.033	33.700	33.700	0.144	0.35	0.62	0.29	0.17
Peso final, kg	59.233 ^{ab}	56.733 ^b	57.933 ^b	61.767 ^a	1.291	0.09	0.18	0.05	0.86
GDP ² , kg	0.608 ^{ab}	0.541 ^b	0.577 ^{ab}	0.669 ^a	0.029	0.05	0.13	0.03	0.73
CDA ³ , kg	1.814 ^a	1.536 ^b	1.673 ^{ab}	1.802 ^{ab}	0.087	0.06	0.81	0.05	0.31
CA ⁴	2.967 ^a	2.833 ^{ab}	2.900 ^{ab}	2.700 ^b	0.080	0.05	0.08	0.69	0.23

¹Error estándar de la media; ²Ganancia diaria de peso; ³Consumo diario de alimento; ⁴Conversión alimenticia.

DISCUSIÓN

Las altas temperaturas ambientales pueden afectar negativamente a los animales (Chauhan *et al.*, 2014); éstas, por sí solas pueden ser mortales, pero en muchas áreas, la alta humedad relativa también contribuye significativamente a elevar la sensación de calor (Parsons, 1995). Las condiciones cálidas y húmedas durante el verano, implica cierto riesgo de que los cerdos se vean afectados por el estrés calórico (EC).

En el presente estudio, los animales experimentales estuvieron expuestos a una temperatura promedio y humedad relativa de 30.4 ° C y 73% HR, respectivamente, durante 42 días; lo que de acuerdo con Mader *et al.* (2006), los cerdos estuvieron bajo riesgo de EC en un rango de peligro a emergencia fisiológica, con un THI entre 74.15 y 90.22 y promedio diario de 82.47 (ver tabla 2).

La alta temperatura ambiente disminuye las concentraciones plasmáticas de Ca, K, Na y Zn en animales sometidos a EC (Pearce *et al.*, 2013); debido a que los requerimientos de Zn aumentan durante el EC (Lagana *et al.*, 2007). Se ha sugerido que la suplementación con Zn podría utilizarse para atenuar la disminución sérica de Zn durante los periodos de altas temperaturas ambientales (Li *et al.*, 2015).

En codornices japonesas bajo condiciones de EC, la suplementación con ZnSO₄ mejoró el consumo de alimento, producción de huevos, calidad del huevo, eficiencia de la alimentación y la digestibilidad de los nutrientes (Sahin y Kucuk, 2003).

En pollos de engorda, la suplementación con ZnSO₄ mejoró la ganancia de peso y la conversión alimenticia, al tiempo que redujo el estrés oxidativo (Kucuk *et al.*, 2003). También, se ha observado mejora en la función de la barrera intestinal, cuando los cerdos son suplementados con Zn durante el EC (Sanz-Fernandez *et al.*, 2014).

En el presente estudio, los cerdos alimentados con una dieta suplementada con Zn (ZnMet), a niveles de 120, 240 y 360 mg/kg de MS, tuvieron una mejor conversión alimenticia; mostrando una respuesta cuadrática en el consumo de alimento, ganancia diaria de peso y peso final; en tanto que la conversión alimenticia tuvo una tendencia lineal. Estos resultados son similares a los observados por [Li et al. \(2015\)](#) en cerdos alimentados con una dieta suplementada con 1,500 mg de Zn (ZnSO₄) en condiciones de EC (40°C durante 5 h diarias en un periodo de 8 días consecutivos). Otros estudios también han sugerido que el consumo de dietas adicionadas con Zn inorgánico, a niveles farmacológicos, mejora la respuesta productiva de los cerdos ([Carlson et al., 1999](#); [Mavromichalis et al., 2001](#)).

La dieta utilizada en el presente estudio contenía 120.28 mg Zn/kg de MS, a partir de Zn inorgánico, aportado por la premezcla mineral. El NRC (2012) recomienda un aporte de 60 mg de Zn/kg de alimento para cerdos de 20-50 kg de peso vivo, y 50 mg de Zn/kg de alimento para cerdos de 50-110 kg de peso vivo. La fuente suplementaria generalmente ha sido Zn inorgánico a partir de ZnSO₄ o ZnO, siendo la fuente inorgánica de ZnSO₄ la de mayor biodisponibilidad (NRC, 2012). Sin embargo, en condiciones fisiológicas normales y con la ingesta adecuada, sólo del 5 al 15% del Zn de la dieta es aparentemente absorbido (McDowell, 2003); lo que sugiere que sólo entre 6.01 y 18.04 mg del Zn aportado por kg de alimento es absorbido por el cerdo en condiciones normales. [Li et al. \(2015\)](#) observaron que la exposición a estrés calórico disminuye la concentración sérica de zinc en cerdos miniatura; también se ha sugerido que el estrés oxidativo puede contribuir a la deficiencia de micronutrientes al aumentar la demanda de antioxidantes, incluidos Zn, selenio y vitaminas A, C y E ([Sappey et al., 1994](#)); lo que pudiera explicar, la mejora observada en la conversión alimenticia en los cerdos que consumieron alimento adicionado con Zn orgánico.

Los resultados del presente estudio indican que la suplementación con 360 mg de Zn (ZnMet)/kg de MS, mejora ($P = 0.5$) la conversión alimenticia de los cerdos en desarrollo en estrés calórico.

CONCLUSIÓN

El consumo de dietas suplementadas con 360 mg de Zn/kg de MS, a partir de metionina de zinc, mejora la conversión alimenticia de los cerdos en desarrollo, criados en condiciones ambientales con alta carga calórica.

LITERATURA CITADA

AGGARWAL A, Upadhyay R. 2013. "Thermoregulation". En: A. Aggarwal, *Heat stress and animal productivity*. Springer Press, New Delhi, India. Pp. 200. ISBN 978-81-322-0879-2

BAUMGARD LH, Rhoads Jr RP. 2013. Effects of heat stress on postabsorptive metabolism and energetics. *Annual Review of Animal Bioscience*. 1:311–337. ISSN: 2165-8110. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-031412-103644>

BORAH S, Sarmah BC, Chakravarty P, Naskar S, Dutta DJ, Kalita D. 2014. Effect of zinc supplementation on serum biochemicals in grower pig. *Journal of Applied Animal Research*. 42 (2): 244-248. ISSN: 0971-2119. <https://doi.org/10.1080/09712119.2013.824888>

CARLSON MS, Hill GM, Link JE. 1999. Early and traditionally weaned nursery pigs benefit from phase-feeding pharmacological concentrations of zinc oxide: Effect on metallothionein and mineral concentrations. *Journal of Animal Science*. 77(5):1199-1207. ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.2527/1999.7751199x>

CHASAPIS CT, Loutsidou AC, Spiliopoulou CA, Stefanidou ME. 2012. Zinc and human health: an update. *Archives of Toxicology*. 86(4):521–534. ISSN: 1432-0738. <https://doi.org/10.1007/s00204-011-0775-1>

CHAUHAN SS, Celi P, Leury BJ, Clarke IJ, Dunshea FR. 2014. Dietary antioxidants at supranutritional doses improve oxidative status and reduce the negative effects of heat stress in sheep. *Journal of Animal Science*. 92(8):3364-74. ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-7714>

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2013. <http://www.inegi.org.mx/>. 30 de junio 2013.

KUCUK O, Sahin N, Sahin K. 2003. Supplemental zinc and vitamin A can alleviate negative effects of heat stress in broiler chickens. *Biological Trace Element Research*. 94(3):225-235. ISSN: 1559-0720. <https://doi.org/10.1385/BTER:94:3:225>

LAGANA C, Ribeiro AML, Kessler A, Kratz LR, Pinheiro CC. 2007. Effect of the supplementation of vitamins and organic minerals on the performance of broilers under heat stress. *Brazilian Journal of Poultry Science*. 9(1):01–06. ISSN 1806-9061. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-635X2007000100006>

LI Y, Cao Y, Zhou X, Wang F, Shan T, Li Z, Xu W, Li C. 2015. Effects of zinc sulfate pretreatment on heat tolerance of Bama miniature pig under high ambient temperature. *Journal of Animal Science*. 93(7):3421–3430. ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-8910>

MADER TL, Davis MS, Brown-Brandl T. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*. 84(3):712-719. ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.2527/2006.843712x>

MAVROMICHALIS I, Webe DMI, Parr EN, Baker DH. 2001. Growth-promoting efficacy of pharmacological doses of tetrabasic zinc chloride in diets for nursery pigs. *Canadian Journal of Animal Science*. 81(3):387-391. ISSN: 00083984. <https://doi.org/10.4141/A01-005>

McDOWELL LR. 2003. *Minerals in Animal and Human Nutrition*. 2nd ed. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands. Pp. 66. ISBN: 9780444529152.

NRC. 2012. *Nutrient requirements of swine*. 11th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC. Pp. 420. ISBN: 978-0309224239

PARSONS KC. 1995. International heat stress standards: a review. *Ergonomics*. 38(1): 6-22. ISSN: 0003-6870. <https://doi.org/10.1080/00140139508925081>

PEARCE SC, Sanz-Fernandez MV, Torrison J, Wilson ME, Baumgard LH, Gabler NK. 2015. Dietary organic zinc attenuates heat stress-induced changes in pig intestinal integrity and metabolism. *Journal of Animal Science*. 93(10):4702–4713. ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9018>

PEARCE SC, Gabler NK, Ross JW, Escobar J, Patience JF., Rhoads RP, Baumgard L H. 2013. The effects of heat stress and plane of nutrition on metabolism in growing pigs. *Journal of Animal Science*. 91(5):2108–2118. ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5738>

SAHIN K, Kucuk O. 2003. Zinc supplementation alleviates heat stress in laying Japanese quail. *The Journal of Nutrition*. 133(9): 2808-2811. ISSN: 1541-6100. <https://doi.org/10.1093/jn/133.9.2808>

SAHIN K, Smith MO, Onderci M, Sahin N, Gursu MF, Kucuk O. 2005. Supplementation of zinc from organic or inorganic source improves performance and antioxidant status of heat-distressed quail. *Poultry Science*. 84(6):882–887. ISSN: 1525-3171. <https://doi.org/10.1093/ps/84.6.882>

SANZ-FERNANDEZ MV, Johnson JS, Abuajamieh M, Stoakes SK, Seibert JT, Cox L, S. Kahl, Elsasser TH, Ross JW, Isom SC, Rhoads RP, Baumgard LH. 2015. Effects of heat stress on carbohydrate and lipid metabolism in growing pigs. *Physiological Report*. 3(2):e12315. ISSN 2051-817X. <https://doi.org/10.14814/phy2.12315>

SANZ-FERNANDEZ MV, Pearce SC, Gabler NK, Patience JF, Wilson ME, Socha MT, Torrison JL, Rhoads RP, Baumgard LH. 2014. Effects of supplemental zinc amino acid complex on gut integrity in heat-stressed growing pigs. *Animal*. 8(1):43–50. ISSN: 1751-732X. <https://doi.org/10.1017/S1751731113001961>

SAPPEY C, Leclercq P, Coudray C. 1994. Vitamin, trace element and peroxide status in HIV seropositive patients: asymptomatic patients present a severe carotene deficiency. *Clinica Chimica Acta*. 230(1):35-42. ISSN: 0009-8981. [https://doi.org/10.1016/0009-8981\(94\)90086-8](https://doi.org/10.1016/0009-8981(94)90086-8)

SONG ZH, Ke YL, Xiao K, Jiao LF, Hong QH, Hu CH. 2015. Diosmectite–zinc oxide composite improves intestinal barrier restoration and modulates TGF- β 1, ERK1/2, and Akt in piglets after acetic acid challenge. *Journal of Animal Science*. 93(4):1599–1607. ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8580>

SONG R, Foster DN, Shurson GC. 2011. Effects of feeding diets containing bacitracin methylene disalicylate to heat-stressed finishing pigs. *Journal of Animal Science*. 89:1830-1843. ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3218>

STEEL GD, Torrie JH.1985. *Bioestadística: Principios y Procedimientos* (2da. Ed.). McGraw- Hill, México, D. F. Pp. 622. ISBN: 968-451-495-6

ZHANG B, Guo Y. 2009. Supplemental zinc reduced intestinal permeability by enhancing occludin and zonula occludens protein-1 (ZO-1) expression in weaning piglets. *British Journal of Nutrition*. 102(5):687–693. ISSN: 1475-2662. <https://doi.org/10.1017/S0007114509289033>