



## Evaluación de diferentes niveles del óxido de zinc para el control de diarrea post destete en lechones traspatio

Paredes-Orozco, Manuel Patricio; Rojas- Oviedo, Luis; Carrasco-Poma, José Luis y Delgado-Mena, Fabian Alejandro

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ESPOCH Sede Morona Santiago

<https://orcid.org/0000-0002-9532-9866> [patricio.paredes@epoch.edu.ec](mailto:patricio.paredes@epoch.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-6424-1642> [Luis.rojaso@epoch.edu.ec](mailto:Luis.rojaso@epoch.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0003-3364-6185> [jose.carrascop@epoch.edu.ec](mailto:jose.carrascop@epoch.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0004-9972-5075> [fabiana.delgado@epoch.edu.ec](mailto:fabiana.delgado@epoch.edu.ec)

ASA/Artículo

doi: <http://doi.org/10.5281/zenodo.12788100>

Recibido: 17-11-2023

Aceptado: 09-06-2024

### RESUMEN

El óxido de zinc (ZnO) un compuesto que se ha implementado ampliamente en la producción porcina debido a sus propiedades beneficiosas para la salud y el rendimiento de los cerdos en tempranas edades. En esta investigación se evaluó el uso del ZnO en la alimentación porcina, enfocando en la capacidad de prevención de la diarrea post destete y su impacto en el crecimiento, la respuesta inmunitaria y salud intestinal de los cerdos. Para ello se compararon seis tratamientos a dosis de Dosis de 3.250; 2.750; 2.150; 1.750; 1.450; 1.300 ppm y un control, para lo cual se utilizaron 42 ejemplares de criaderos traspatio todos machos sin castrar, de edad 24 días, pertenecientes a la raza Landrace x Criollo, cuyo peso inicial tiene como media  $5,8 \pm 0,4$  kg, agrupados en parejas por tratamientos. Los resultados muestran que una dosis de 2.750 ppm de óxido de Zn, mejora la salud intestinal de los animales al reducir la prevalencia de diarreas pos destete proporciona, observando efectos positivos a largo plazo, observando un mejoramiento en la absorción de nutrientes lo que manifiesta en un incremento en el rendimiento y capacidad productiva al obtener una mayor ganancia de pesos, incluso con dosis de 1.450 ppm, lo que permite un efecto sinérgico al lograr el mejoramiento sanitario de los lechones y obtener una mayor ganancia de peso, lo que indica que este tratamiento es la mejor opción desde el punto de vista de relación beneficios y costos para el productor.

**Palabras Clave:** Nutrición, porcinos, producción, rendimiento, sanidad.



## **Evaluation of different levels of zinc oxide for the control of post-weaning diarrhea in backyard piglets**

### **ABSTRACT**

Zinc oxide (ZnO), a compound that has been widely implemented in pig production due to its beneficial properties for the health and performance of pigs at an early age. In this research, the use of ZnO in pig feed was evaluated, focusing on the ability to prevent post-weaning diarrhea and its impact on the growth, immune response and intestinal health of pigs. For this, six treatments were compared at a dose of 3.250; 2.750; 2.150; 1.750; 1.450; 1.300 ppm and a control, for which 42 specimens from backyard farms were used, all uncastrated males, aged 24 d, belonging to the Landrace x Criollo breed, whose initial weight has an average of  $5,8 \pm 0,4$  kg, grouped into 2 animals per treatments. The results show that a dose of 2.750 ppm of Zn oxide improves the intestinal health of animals by reducing the prevalence of post-weaning diarrhea, providing long-term positive effects, observing an improvement in the absorption of nutrients, which manifests in an increase in performance and productive capacity by obtaining a greater weight gain, even with a dose of 1.450 ppm, which allows a synergistic effect by achieving the health improvement of the piglets and obtaining a greater weight gain, which indicates that this treatment It is the best option from the point of view of benefits and costs for the producer.

**Keywords:** Nutrition, swine, production, performance, health.

## INTRODUCCIÓN

El destino de los lechones (*Sus scrofa domesticus*) es crucial en la producción porcina que marca la transición de la dependencia de leche materna a una alimentación sólida. Usualmente el destete se realiza desde las 3 a cuatro semanas de vida del lechón dependiendo de manejo productivo del hato, edad en la cual los lechones son capaces de consumir alimentos sólidos, este período suele ser desafiante para el productor por eso es necesaria la planificación de un adecuado manejo para el crecimiento y bienestar porcino (Barba-Vidal et al. 2018).

Durante el proceso de destete se pueden evidenciar varios cambios en factores como el ambiente y dieta, que pueden generar en los lechones un estrés físico y afectaciones emocionales. Desencadenando un cuadro de vulnerabilidad en el cual los porcinos son susceptibles a contraer patologías y trastornos digestivos. Por lo tanto, es fundamental considerar administrar una dieta equilibrada y un buen manejo de la higiene del entorno (Renn et al. 2022).

Según Canibe et al. (2022), el proceso de destete debe realizarse considerando que un cambio abrupto de líquidos a sólidos puede afectar directamente en la salud del porcino, por lo tanto, es necesario realizar una

transición gradual de la dieta, gradualmente introduciendo los sólidos en remplazo de la leche materna o sustitutos de leche, además, los autores sugieren proporcionar de un espacio limpio y adecuado con correcta higiene para estimular el desarrollo y exploración del entorno disminuyendo los niveles de estrés.

Una de las principales patologías que ocurren durante el destete es la diarrea, la cual se considera relevante en la producción porcina de mediana y pequeña escala, por su interacción con el ámbito económico, que ocurren en las primeras etapas del destete del cerdo, generalmente se sitúa las 3 semanas de edad, presentando anomalías en el crecimiento, el rendimiento y la salud de la piara, así como en las finanzas de la producción porcina (Jacobson, 2022).

La diarrea post destete (DPD) es una patología que puede ocasionarse debido a la interacción entre diversos factores externos que produzcan un impacto directo en el metabolismo del animal, como cambios en la alimentación, estrés, agentes microbianos o virales y la transición directa de la leche materna al consumo de sólidos (Jung et al. 2020).

Estos factores interactúan de manera principal con el microbiota y la formación de la barrera intestinal, dichas afecciones posibilitan el

desarrollo de agentes patógenos en el tracto gastrointestinal (Hu y Kim, 2022).

La diarrea es una patología es considerada una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en cerdos durante sus primeras etapas de desarrollo como lo son recién destetados o post destete, que, siendo considerado desde el punto de vista económico de un productor en pequeña y mediana escala en la producción porcina, que representa hoy pérdidas económicas significativas (Su et al. 2022). El óxido de zinc (ZnO) es un compuesto que se emplea en la producción porcina para el rendimiento en la producción, destacando su alta efectividad en el control de la diarrea post destete en lechones (SDPD) (Pejsak et al. 2023), dado que posee propiedades antimicrobianas actuando en la porción gastrointestinal del sistema digestivo, inhibiendo el desarrollo de agentes patógenos y promoviendo el crecimiento del microbiota intestinal.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Diseño experimental y descripción de los tratamientos

Se realizó un diseño experimental con seis tratamientos y un testigo o control, en un

La aplicación de ZnO en forma farmacológica se ha convertido en una alternativa viable para el tratamiento de la Diarrea post destete en los lechones posterior a los 21 días de edad, este evento es frecuente entre los 21 – 28 días (d) de vida y se ve originado por una gran carga psicológica, cambios en la dieta y factores morfofuncionales, todo esto genera un grado de estrés en los animales que los fuerza a sufrir cambios, y afecta de manera significativa su crecimiento y desarrollo (Bonetti et al. 2021). Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue demostrar que el uso del ZnO aplicado en la producción porcina, debido a su acción en los procesos gastrointestinales por su capacidad de mejorar la absorción de nutrientes y su acción frente a las patologías como la diarrea que surgen después de los procesos post destete, por lo que se evaluaron 6 tratamientos para seleccionar la dosis óptima para reducir la prevalencia de diarrea y obtener la mayor ganancia de peso.

diseño completamente al azar (DCA), Los animales fueron sometidos a seis distintas dosis de ZnO, con un testigo, en relación a los requerimientos nutricionales, para la suplementación de las diferentes dosis de alimentos de los ejemplares en las diferentes etapas de crecimiento (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Requerimientos nutricionales de lechones hasta 25 kg, como criterio para la selección de la dosis de óxido de zinc.

D3250	CONTROL	D2150	D1450	D1300	D2750	D1750
D2150	D3250	D1450	CONTROL	D2750	D1300	D1750
D1450	D2150	D3250	D2750	D1750	CONTROL	D1300

En función del Cuadro 1 se compararon seis tratamientos a dosis de Dosis de 3.250; 2.750; 2.150; 1.750; 1.450; 1.300 ppm y un control, los cuales fueron agrupados en parejas por

tratamientos para un total de 42 unidades experimentales, cuya descripción se observa en la figura 1, distribuidos de manera aleatoria.

	Superpreiniciador	Preiniciador 1	Preiniciador 2	Iniciador
<b>E.Met.(Kcal/kg)</b>	3600	3500	3400	3350
<b>Proteína B. (%)</b>	22	21	20	18
<b>Lisina (%)</b>	1,7	1,6	1,4	1,3
<b>Lactosa (%)</b>	18/25	14	12	--
<b>Calcio (%)</b>	0,9	0,85	0,85	0,8
<b>Fosf. Disp. (%)</b>	0,6	0,45	0,4	0,36

**Figura 1.** Arreglo de los tratamientos para la comparación de óxido de zinc en lechones.

### Selección de ejemplares empleados en la investigación

Se utilizaron 42 ejemplares de criaderos traspatio todos machos sin castrar, de edad 24 días, pertenecientes a la raza Landrace x Criollo, cuyo peso inicial tiene como media 5,8 ± 0,4 kg, los ejemplares se distribuyeron a beneficio del proyecto en parejas para cada

uno de los tratamientos.

### Manejo nutricional

La dieta aplicada principalmente se radico en mantener una alimentación típica traspatio propia de las familias ecuatorianas, constando de residuos de cocina, plátanos o bananas de descarte y con los añadidos de ZnO, suministrándole una ración diaria de 1,5 kg de alimento para un consumo final de 28 kg al día

42.

### **VARIABLES MEDIDAS**

#### *Ganancia diaria de peso*

La ganancia diaria de peso se obtuvo por medio de un cálculo donde se resta la fecha final menos la fecha de inicio obteniendo el periodo en que se alcanza en la ganancia, el peso se tomó con una balanza (Bascula TN 1200 Lbs. Híbrida Pesa Cerdos C/Jaula) el peso se obtiene restando el peso final menos el peso inicial y lo dividimos para el periodo, de esta manera alcanzamos la ganancia diaria o el peso que el animal adquirió cada día desde el destete 24 d hasta la culminación en 42 d (Ecuacion 1).

$$\text{Ganancia Diaria Peso} = \frac{\text{Peso final} - \text{Peso Inicial}}{\text{Periodo}} \text{ (Ec. 1)}$$

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La aplicación de ZnO durante los primeros días post destete presentó una solución para el control de la diarrea en lechones, consecuentemente se vio reflejado a los 42 días del destete, donde se observó que la prevalencia de diarrea disminuyó al 26,19%

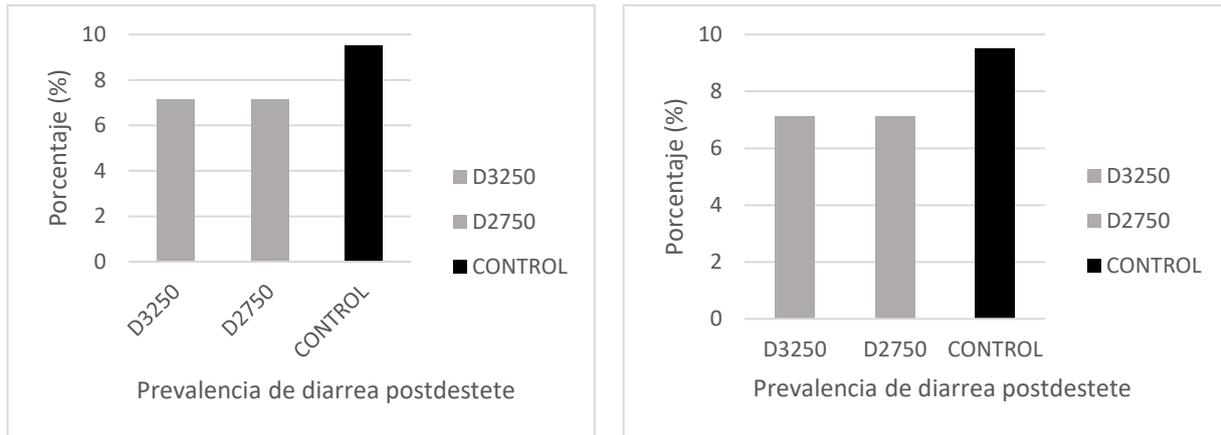
### **Conversión alimenticia**

La conversión alimenticia se calculó por medio de la división del alimento suministrado para el peso ganado por un animal en un periodo de tiempo específico.

### **Análisis de los datos**

Una vez medida la ganancia de peso y la conversión alimenticia de los lechones, suplementados con diferentes dosis de ZnO, se realizó el análisis de los datos obtenidos y en el caso de detectar diferencias estadísticas significativas entre los efectos de los tratamientos, se llevaron a cabo comparaciones de media mediante prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95%.

por efectos del ZnO (Figura 2A) observándose en la figura 2B que solo casos de diarrea en dosis altas de ZnO con 7,14 % y el control (9,52 %), dado que se ha comprobado que dosis elevadas del fármaco afectan el sistema digestivo de los lechones (Pei et al. 2019) por afectar la morfología y microflora intestinal (Wang et al. 2021).



**Figura 2.** A Prevalencia de diarrea Posdestete en cerdo suplementados con ZnO. DPD (animales con diarrea postdestete). B. SDPD (animales sin síntomas de diarrea postdestete). Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $P > 0,05$ ).

Los resultados obtenidos en la investigación demostraron que la aplicación de Óxido de Zinc en la dieta porcina es un suplemento ideal para la prevención y manejo de porcinos traspatio, en lo que se consideran crianzas tradicionales en el territorio ecuatoriano, cuyos resultados son similares a los comparados con Satessa et al. 2020; Szuba-Trznadel et al. 2021) por lo que evidencia aplicación de este suplemento en las dietas nos permite realizar destetes precoces.

La disminución en la prevalencia de diarrea en cerdos posdestete a suministrar óxido de Zinc, afectó significativamente los rendimientos desde los lechones ( $P < 0,05$ ), en ese sentido al comparar los pesos finales obtenidos entre los diferentes ejemplares empleados en el estudio bajo diferentes dosis de ZnO, se encontró que el mayor peso final se alcanzó cuando se aplicó la dosis de 1.450 con 21,90 Kg, mientras que, el menor peso final se obtuvo con la dosis

3.250 con 21,07 Kg, como base observa en la Cuadro 2.

**Cuadro 2.** Pesos finales de cerdo suplementados con ZnO

Tratamiento	Media	Grupo homogéneo
Dosis 1.450	21,90	A
Dosis 1.750	21,88	AB
Testigo	21,50	AB
Dosis 2.150	21,51	AB
Dosis 1.300	21,39	AB
Dosis 2.750	21,27	AB
Dosis 3.250	21,07	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $P > 0,05$ )

Los resultados variaron en el peso obtenido, encontrando animales que ligeramente superaron los 20 kg de peso objetivo, esto en la aplicación de dosis con concentraciones mayores, sin embargo, en todos los casos este peso supera el peso comercial obtenido en lechones comerciales y demuestra que al controlar la diarrea postdestete se consigue mantener los rendimientos al lograr una

adecuada absorción de los nutrientes (Dalto et al. 2020), por lo que se obtiene una adecuada conversión alimenticia (Oh et al. 2021).

El menor peso alcanzado por los lechones a los 42 días, se debe a que a la dosis de ppm de ZnO, identificando que las dosis elevadas pueden influir en el desarrollo correcto de los organismos, se puede evidenciar que las dosis altas especificando, que identifica que dosis elevadas del fármaco afectan el sistema digestivo de los lechones, factores que pueden reducir la eficiencia en el crecimiento, dado que de acuerdo a Lapointe et al. (2020), el ZnO afecta la función mitocondrial y el estrés oxidativo en lechones destetados y

proporcionan información para guiar las prácticas profilácticas utilizando altos niveles de ZnO en la dieta.

En el caso del mayor peso final obtenido, producto del beneficio del suministro de ZnO esto se evidencia en una mayor ganancia de peso (Cuadro 3), la cual es observada en las dosis con 1.450 y 1.750 donde la ganancia de peso es significativamente superior al resto de los tratamientos ( $P < 0,05$ ) con valores de 15,97 Kg que representa na ganancia diaria de peso de 887 g, mientras que la menor ganancia de peso fue obtenida cuando se aplicó la dosis más alta de ZnO con 15,44 Kg de ganancia de peso, lo que presento 885 g diario.

**Cuadro 3.** Ganancia de peso de cerdo suplementados con ZnO.

Tratamiento	Peso final	Peso Inicial	Ganancia de peso	GPD	Grupo homogéneo
Dosis 1.450	21,90	5,93	15,97	887	A
Dosis 1.750	21,88	5,91	15,97	887	A
Testigo	21,50	5,81	15,69	871	AB
Dosis 2.150	21,51	5,80	15,71	872	AB
Dosis 1.300	21,39	5,72	15,67	870	AB
Dosis 2.750	21,27	5,68	15,59	866	AB
Dosis 3.250	21,07	5,63	15,44	865	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $P > 0,05$ )

Los resultados en relación a la ganancia de peso, ratifican los señalado por Moita et al. (2022) quienes también observaron menor tasa de crecimiento y ganancia de peso en animales

a los cuales se les aplico una dosis baja de ZnO, debida a una mayor absorción de Zn puede aumentar la secreción de peróxido de hidrógeno, lo que puede resultar en un mayor

efecto antibacteriano, reduciendo la prevalencia de diarrea (Sirelkhatim et al. 2015; Long et al. 2017) alcanzando el logro productivo de 20 kg, lo cual desde el punto de vista económico representa una ganancia significativa para el productor porcino tradicional del Ecuador.

La baja tasa de crecimiento, así como el peso final de los lechones están relacionados a la presencia de DPD adjunto a la dosis de ZnO, teniendo en cuenta estos resultados es

necesario articularlos con lo postulado por Kaevska et al. (2020), que plantea que la presencia de DPD es un factor primordial en el crecimiento de lechones, debido a que encontró que los animales que no se sometieron al fármaco presentaron una tasa menor de crecimiento, dado que al no controlar la diarrea se observa una menor conversión alimenticia (Cuadro 4), lo cual se observó cuando se suministró la dosis más alta de ZnO.

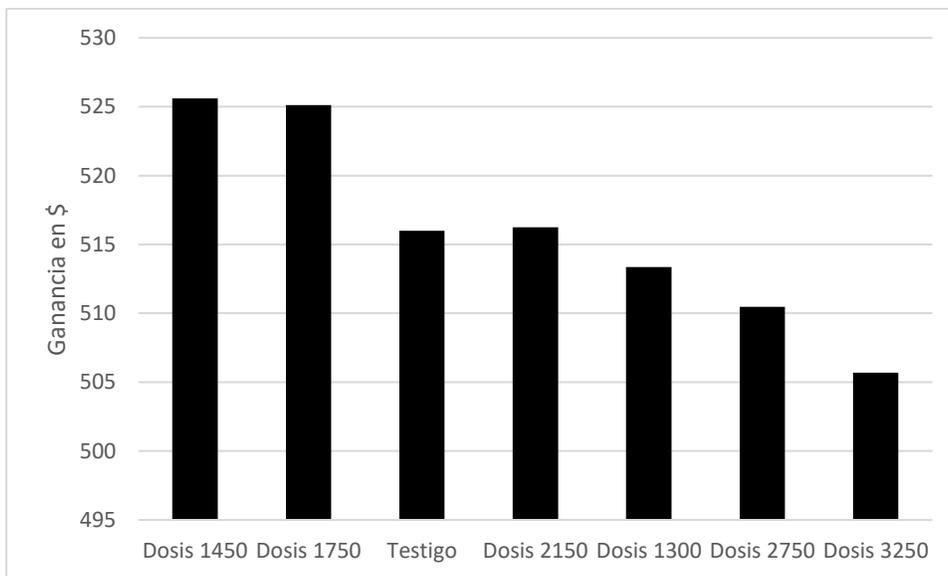
**Cuadro 4.** Conversión alimenticia de cerdos suplementados con ZnO.

Tratamiento	Media (g)	Grupo homogéneo
Dosis 1.450	1,75	B
Dosis 1.300	1,75	B
Testigo	1,78	AB
Dosis 1.750	1,78	AB
Dosis 2.150	1,78	AB
Dosis 2.750	1,79	AB
Dosis 3.250	1,81	A

-Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $P > 0,05$ )

Al comparar las ganancias en \$ entre los tratamientos estas fueron estadísticamente significativa ( $P < 0,05$ ) en los tratamientos con dosis de 1.450 ppm y 1.750 ppm con valores que superan los 520 \$ considerando el tamaño

de la unidad experimental, los cuales superan al valor obtenido con el tratamiento control, así mismo en la figura 3 se observa que las menores ganancias se obtuvieron con dosis altas de ZnO.



**Figura 3.** Beneficio económico obtenidos en la producción de cerdos suplementados con ZnO.

Los mayores beneficios económicos se deben a la capacidad del ZnO de controlar la diarrea postdestete (SDPD), lo cual permite una mayor absorción de nutrientes (Liu et al. 2020), lo que se traduce en una mayor conversión alimenticia como se ha visto en resultados previos, resultados que es promisorio en el manejo traspatio en Ecuador (Lucio et al. 2022), donde la reducción de alimentos concentrados, ayuda a la reducción de costos, lo que ofrece un efecto sinérgico entre el manejo alimenticio y las medidas sanitarias, sin embargo el uso de esta alternativa en dosis altas puede causar una reducción en la tasa de crecimiento, debido a la afectación mitocondrial y el stress oxidativo

(Hao et al. 2021; Novais et al., 2021), como fue explicado anteriormente.

Los resultados obtenidos son promisorios y más en condiciones de alta vulnerabilidad de los pequeños productores porcinos del Ecuador, donde el manejo nutricional y alimenticio son claves para reducir las pérdidas por la prevalencia de enfermedades como la diarrea y mejora la conversión alimenticia, aprovechando al máximo los insumos locales, que permitirían mantener una producción sostenible basada en la reutilización de recursos locales y la reducción de los costos de producción al sustituir el uso de concentrado.

## CONCLUSIONES

El ZnO ha demostrado mediante experimentación proporcionar un método productivo con la capacidad de reducir considerablemente la presencia de la DPD, lo cual reduce en dosis de 1450 ppm la prevalencia de diarrea, dada su capacidad de fortalecer la salud intestinal proporciona beneficios tales como mejorar el desarrollo al crecimiento de los lechones lo cual se ve reflejado en una mayor ganancia de pesos.

La aplicación del ZnO en las dietas de lechones en las primeras semanas post destete presentaron efectos positivos a que vistos desde el punto económico se considera un factor de ganancia y resulta en producción porcinas con mejores márgenes de ganancias y rentabilidad, dado que se obtienen mayores pesos al momento del sacrificio, y disminuye los gastos por alimentos al existir una mejor conversión alimenticia

La aplicación de ZnO en dosis elevadas de 2.750 y 3.250 ppm no presento resultados satisfactorios, dosis elevadas del fármaco afectan el sistema digestivo de los lechones, factores que pueden reducir la eficiencia en el crecimiento, que se manifiesta en una menor conversión alimenticia y menor ganancia de peso a pesar de poder controlar la diarrea post destete.

## AGRADECIMIENTO

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ESPOCH (Ecuador), donde se logró avanzar en esta investigación, dado el apoyo técnico y logístico para la realización de la misma.

## REFERENCIAS

- Barba-Vidal, E., Martín-Orúe, S. M., & Castillejos, L. (2018). Are we using probiotics correctly in post-weaning piglets?. *Animal*, *12*(12), 2489-2498. <http://dx.doi.org/10.1017/s1751731118000873>
- Bonetti, A., Tugnoli, B., Piva, A., & Grilli, E. (2021). Towards zero zinc oxide: feeding strategies to manage post-weaning diarrhea in piglets. *Animals*, *11*(3), 642. <http://dx.doi.org/10.3390/ani11030642>.
- Canibe, N., Højberg, O., Kongsted, H., Vodolazska, D., Lauridsen, C., Nielsen, T. S., & Schönherz, A. A. (2022). Review on preventive measures to reduce post-weaning diarrhoea in piglets. *Animals*, *12*(19), 2585.. <http://dx.doi.org/10.3390/ani12192585>.
- Dalto, D. B., Guay, F., Martel-Kennes, Y., Talbot, G., Lessard, M., Matte, J., & Lapointe, J. (2020). 289 Effects of supranutritional levels of dietary zinc oxide on zinc, copper, and iron metabolism in post-weaned pigs. *Journal of Animal Science*, *98*(Supplement\_3), 106-107.. <http://dx.doi.org/10.1093/jas/skaa054.18>

- Hao, Y., Xing, M., & Gu, X. (2021). Research progress on oxidative stress and its nutritional regulation strategies in pigs. *Animals*, *11*(5), 1384.. <http://dx.doi.org/10.3390/ani11051384>
- Hu, J., & Kim, I. H. (2022). Effect of *Bacillus subtilis* C-3102 spores as a probiotic feed supplement on growth performance, nutrient digestibility, diarrhea score, intestinal microbiota, and excreta odor contents in weanling piglets. *Animals*, *12*(3), 316. <http://dx.doi.org/10.3390/ani12030316>.
- Jacobson, M. (2022). On the infectious causes of neonatal piglet diarrhoea—a review. *Veterinary Sciences*, *9*(8), 422. <http://dx.doi.org/10.3390/vetsci9080422>.
- Jung, K., Saif, L. J., & Wang, Q. (2020). Porcine epidemic diarrhea virus (PEDV): An update on etiology, transmission, pathogenesis, and prevention and control. *Virus research*, *286*, 198045. <http://dx.doi.org/10.1016/j.virusres.2020.198045>.
- Kaevska, M., Lorencova, A., Videnska, P., Sedlar, K., Provaznik, I., & Trckova, M. (2016). Effect of sodium humate and zinc oxide used in prophylaxis of post-weaning diarrhoea on faecal microbiota composition in weaned piglets. *Veterinárni medicína*, *61*(6):328–36. <http://dx.doi.org/10.17221/54/2016-vetmed>
- Lapointe, J., Roy, C., Deschene, K., Novais, A., Audet, I., Martel-Kennes, Y., ... & Matte, J. J. (2020). 251 Impacts of different levels of dietary zinc oxide on mitochondrial energy metabolism and oxidative stress conditions in post-weaned piglets. *Journal of Animal Science*, *98*(Supplement\_4), 182-183. <http://dx.doi.org/10.1093/jas/skaa278.33>
- Liu, F. F., Azad, M. A. K., Li, Z. H., Li, J., Mo, K. B., & Ni, H. J. (2020). Zinc supplementation forms influenced zinc absorption and accumulation in piglets. *Animals*, *11*(1), 36. <http://dx.doi.org/10.3390/ani11010036>
- Long, L., Chen, J., Zhang, Y., Liang, X., Ni, H., Zhang, B., & Yin, Y. (2017). Comparison of porous and nano zinc oxide for replacing high-dose dietary regular zinc oxide in weaning piglets. *Plos one*, *12*(8), e0182550. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0182550>
- Lucio, A. V., Parrales, E. D. E., Figueroa, T. F., Indacochea, N. O., & del Valle Holguin, W. (2022). Los alimentos alternativos en la cría de cerdos traspatio en la comuna joa del cantón jipijapa: Los alimentos alternativos en la cría de cerdos traspatio. *UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria*, *6*(2), 73-86. <http://dx.doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v6.n2.2022.629>
- Moita, V. H. C., de Abreu, M. L. T., Silva, B. A. N., de Senna Cardoso, D., Chaves, R. F., Cardoso, H. M. C., ... & Duarte, M. E. (2022). Effects of a potentiated zinc oxide on growth performance, incidence of diarrhea, mineral excretion, and bone breaking strength of nursery pigs. *Research, Society and Development*, *11*(16):e514111638715. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i16.38715>
- Novais, A. K., Deschêne, K., Martel-Kennes, Y., Roy, C., Laforest, J. P., Lessard, M., ... & Lapointe, J. (2021). Weaning differentially

- affects mitochondrial function, oxidative stress, inflammation and apoptosis in normal and low birth weight piglets. *PLoS One*, 16(2), e0247188. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0247188>
- Oh, H. J., Kim, M. H., Song, M. H., Lee, J. H., Kim, Y. J., Chang, S. Y., ... & Cho, J. H. (2021). Effects of replacing medical zinc oxide with different ratios of inorganic: organic zinc or reducing crude protein diet with mixed feed additives in weaned piglet diets. *Animals*, 11(11), 3132. <http://dx.doi.org/10.3390/ani11113132>.
- Pei, X., Xiao, Z., Liu, L., Wang, G., Tao, W., Wang, M., ... & Leng, D. (2019). Effects of dietary zinc oxide nanoparticles supplementation on growth performance, zinc status, intestinal morphology, microflora population, and immune response in weaned pigs. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(3), 1366-1374. <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.9312>
- Pejsak, Z., Kaźmierczak, P., Butkiewicz, A. F., Wojciechowski, J., & Woźniakowski, G. (2023). Alternatives to zinc oxide in pig production. *Polish Journal of Veterinary Sciences*, 319-330. <http://dx.doi.org/10.24425/pjvs.2023.145033>.
- Ren, W., Yu, B., Yu, J., Zheng, P., Huang, Z., Luo, J., ... & Luo, Y. (2022). Lower abundance of Bacteroides and metabolic dysfunction are highly associated with the post-weaning diarrhea in piglets. *Science China Life Sciences*, 65(10), 2062-2075. <http://dx.doi.org/10.1007/s11427-021-2068-6>.
- Satessa, G. D., Kjeldsen, N. J., Mansouryar, M., Hansen, H. H., Bache, J. K., & Nielsen, M. O. (2020). Effects of alternative feed additives to medicinal zinc oxide on productivity, diarrhoea incidence and gutdevelopment in weaned piglets. *Animal*, 14(8), 1638-1646. <http://dx.doi.org/10.1017/s1751731120000154>
- Sirelkhatim, A., Mahmud, S., Seeni, A., Kaus, N. H. M., Ann, L. C., Bakhori, S. K. M., ... & Mohamad, D. (2015). Review on zinc oxide nanoparticles: antibacterial activity and toxicity mechanism. *Nano-micro letters*, 7, 219-242. <http://dx.doi.org/10.1007/s40820-015-0040-x>.
- Su, W., Gong, T., Jiang, Z., Lu, Z., & Wang, Y. (2022). The role of probiotics in alleviating postweaning diarrhea in piglets from the perspective of intestinal barriers. *Frontiers in cellular and infection microbiology*, 12, 883107. <http://10.3389/fcimb.2022.883107/full>.
- Szuba-Trznadel, A., Rzaśa, A., Hikawczuk, T., & Fuchs, B. (2021). Effect of zinc source and level on growth performance and zinc status of weaned piglets. *Animals*, 11(7), 2030. <http://dx.doi.org/10.3390/ani11072030>
- Wang, J., Li, C., Yin, Y., Zhang, S., Li, X., Sun, Q., & Wan, D. (2021). Effects of zinc oxide/zeolite on intestinal morphology, intestinal microflora, and diarrhea rates in weaned piglets. *Biological Trace Element Research*, 199, 1405-1413. <http://dx.doi.org/10.1007/s12011-020-02262-0>.