

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

Ingeniería Agronómica



Proyecto Especial de Graduación

**Evaluación del efecto de la suplementación de sulfato de cobre en
dietas alternativas de cerdos en etapa de crecimiento**

Estudiantes

Luis Fernando López Padilla

Fernando David Romero Raudales

Asesores

Rogel Castillo, M.Sc

Yordan Martínez, D.Sc

Honduras, agosto 2022

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

CELIA ODILA TREJO RAMOS

Directora Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	4
Índice de Anexo.....	5
Resumen	6
Abstract.....	7
Introducción.....	8
Materiales y Métodos	11
Ubicación	11
Unidades Experimentales	11
Tratamientos.....	11
Tratamiento 1	11
Tratamiento 2	11
Tratamiento 3	11
Variables Evaluadas	12
Ganancia Diaria de Peso (GDP)	12
Consumo Diario de Alimento (CDA).....	12
Índice de Conversión Alimenticia (ICA).....	12
Análisis de Costos.....	12
Diseño Experimental y Análisis Estadístico	13
Resultados y Discusión.....	14
Consumo Diario de Alimento (CDA).....	14
Ganancia Diaria de Peso (GDP)	14
Efecto del Sulfato de Cobre en los Costos de Alimentación	17
Conclusiones	18
Recomendaciones	19
Referencias.....	20
Anexo	22

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Formulación y costos de los diferentes tratamientos utilizados.....	12
Cuadro 2 Efecto de la suplementación de sulfato de cobre en las concentraciones de 125 y 250 g/tm en la dieta control sobre el consumo diario de los cerdos en la etapa de crecimiento.	14
Cuadro 3 Efecto de la suplementación de sulfato de cobre en las concentraciones de 125 y 250 g/tm en la dieta control sobre la ganancia diaria de peso en los cerdos en la etapa de crecimiento.	15
Cuadro 4 Efecto de la suplementación de sulfato de cobre en las concentraciones de 125 y 250 g/tm en la dieta control sobre el índice de conversión alimenticia de los cerdos en la etapa de crecimiento	16
Cuadro 5 Costos por tratamiento (US\$/Kg) en la alimentación de cerdos en la etapa de crecimiento	17

Índice de Anexo

Anexo A Pesaje de los cerdos.....	22
-----------------------------------	----

Resumen

El cobre es un micromineral necesario de origen inorgánico, que a través de los años se ha demostrado ser un promotor de crecimiento. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del sulfato de cobre en dietas alternativas en cerdos en etapa de crecimiento. Se utilizaron 159 cerdos de 77 a 105 días de edad, de las razas Yorkshire, Landrace, Duroc y sus cruces. Distribuidos en 12 corrales de 3 × 5 m. Se estudiaron tres tratamientos: T1: Dieta Control, T2: Dieta con 125 g/tm de cobre y T3: Dieta con 250 g/tm de cobre. Se utilizó un diseño de Bloques completos al azar (BCA), con tres tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento, se consideró cada corral como una unidad experimental. Las variables evaluadas fueron consumo diario de alimento (CDA), ganancia diaria de peso (GDP) e índice de conversión alimenticia (ICA). No se encontraron diferencias para el consumo de alimento (2,070; 2,460 y 2,250 g/día/cerdo) ni para el índice de conversión alimenticia (2.82; 3.03 y 2.85) para T1, T2 y T3, respectivamente. Para la variable ganancia diaria de peso se observaron diferencias significativas con 730, 750 y 790 g/cerdo/ día para T1, T2 y T3, respectivamente. Las dietas suplementadas con sulfato de cobre demostraron ser más costosas que la dieta control.

Palabras clave: Consumo diario de alimento, ganancia diaria de peso, índice de conversión alimenticia, micro mineral.

Abstract

Copper is a necessary micromineral of inorganic origin that over the years has been shown to be a growth promoter. The objective of this study was to evaluate the effect of copper sulfate in alternative diets in growing pigs. A total of 159 pigs from 77 to 105 days of age, of Yorkshire, Landrace, Duroc breeds and their crosses, were used. They were distributed in 12 - 3 × 5 m pens. Three treatments were studied: T1: Control diet, T2: Diet with 125 g/tm copper and T3: Diet with 250 g/tm copper. A randomized complete block design (BCA) was used, with three treatments and four replicates per treatment, considering each pen as an experimental unit. The variables evaluated were daily feed intake (DAI), daily weight gain (DWG) and feed conversion ratio (FCR). For daily feed intake, with data of 2,070; 2,460 and 2,250 for T1, T2 and T3, respectively, there were no significant differences between treatments, as was the case for the feed conversion index, which showed indices of 2.82; 3.03 and 2.85 again for T1, T2 and T3. For the daily weight gain variable, there were significant differences with 730, 750 and 790 g/pig/day for T1, T2 and T3, respectively. The diets supplemented with copper sulfate proved to be more expensive than the control diet.

Keywords: Daily feed intake, daily weight gain, feed conversion ratio, micromineral.

Introducción

La producción de carne de cerdo en la última década ha sido de grande impacto, debido a que la demanda mundial ha ido en ascenso. Los cerdos han contribuido al desarrollo del subsector pecuario por el crecimiento rápido y su bajo índice de conversión alimenticia (FAO 2014). Latinoamérica presentó un crecimiento de un 4.6% en la producción de carne de cerdos (Cubillos 2019). En los países de la región Centroamericana, se espera un crecimiento significativo en la cadena agroalimentaria en los próximos años. Por lo que es importante reforzar las industrias de manera que las pequeñas y medianas granjas porcinas se desarrollen y sean el sustento económico de la región (Cubillos 2016).

La alimentación es el factor de mayor importancia económicamente en la producción de cerdos, ocupando más del 65% de costos (García AC. et al. 2012). Uno de los ingredientes principales para el alimento de cerdos es el maíz, pero debido al cambio de clima, la sequía presentada por la niña y la pandemia a causa de COVID-19 en los países de mayor producción que son EE. UU. y Brasil, se ha presentado un alza en los costos de producción del maíz (Aguilar 2021). Lo que incide esto en los costos de la producción porcina.

El precio del maíz blanco cada vez incrementa, lo que afecta los pequeños productores en Honduras. Según el Sistema de Información de Mercados de Productos Agrícolas de Honduras (SIMPAH 2022) el precio del maíz blanco en Honduras registrado en mayo de 2022 es de US\$573.77 por tonelada. Según la FAO el precio del maíz ha bajado a partir del mes de julio del presente año, sin embargo, aún se posicionan por encima de los precios de hace un año, para agosto del 2021 el precio registrado era de US\$254.30 por tonelada. Por otro lado, según los precios oficiales de la Bolsa de Cereales el precio de la soya registrado en septiembre del 2021 era de US\$554 por tonelada. Por otro lado, según los precios oficiales de la Bolsa de Cereales el precio de la soya registrado en septiembre del 2021 era de US\$554 por tonelada (Aguilar 2021).

Los medianos y pequeños productores no cuentan con los recursos económico – financieros para la adquisición de los insumos necesarios para la producción y comercialización de carne porcina, debido principalmente a los altos precios de los piensos industriales de alto valor nutricional (concentrados) necesarios para la alimentación de los cerdos (Ortega 2012). Uno de los subproductos agrícolas más utilizados para la alimentación de cerdos es la semolina de arroz (Gomez Lema 2019). La semolina de arroz es un producto resultante del proceso de fricciónado y pulido para la obtención del arroz blanco para el consumo humano. Es un material alto en extracto etéreo, evidenciando este que es un material alto en energía con un contenido aproximado de 13.7% de proteína cruda (Campos-Granados y Arce-Vega 2016).

Los minerales son esenciales para los animales ya que no son producidos en el cuerpo. El cobre siendo un micromineral debe ser absorbido por el cerdo desde el medio ambiente para abastecer sus requerimientos nutricionales (Badillo 2016). La digestibilidad del cobre para un cerdo oscila entre el 30 y 55% expresándose como una baja digestibilidad. La absorción del cobre varía según su fuente (orgánico e inorgánico), según Colin (2021) el cobre de origen orgánico tiene una mayor absorción y retención que el cobre de origen inorgánico (Espinosa y Stein 2021). La insuficiencia de este micro mineral puede resultar en un retardo del crecimiento, anorexia, desordenes nerviosos como ataxia e incoordinación, malformación de huesos, anemia hipocrómica microcítica, niveles bajos de ceruloplasmina y hemoglobina y deficiente pigmentación en la piel (Badillo 2017).

El sulfato de cobre ha demostrado ser un promotor de crecimiento desde hace décadas. Es usado como reemplazo para antibióticos que se usan con mismo fin. El sulfato de cobre en concentraciones de 150 a 250 g/tm suministrado en el alimento estimula el desarrollo de los animales, mejorando el consumo de alimento, conversión alimenticia y ganancia de peso diario. Sin embargo, el sobre uso de este mineral puede resultar en efectos negativos en el cerdo. Al usar una dosis mayor a 250 g/tm de sulfato de cobre en la dieta se pueden observar síntomas como caída en el rendimiento, hiperexcitabilidad, disminución del apetito, dolor abdominal, gastroenteritis, diarreas de color

negruzco, anemia, hipertrofia hepática, presencia de sangre en la orina (Badillo 2017). Así, el sulfato de cobre pentahidratado es la forma química de origen inorgánico más utilizada en la industria de alimentos para porcinos con estos fines (Badillo 2016).

El cobre desde hace muchos años se ha usado para diferentes propósitos ya que posee propiedades bactericidas, alguicidas y fungicidas. La ausencia de cobre en los animales resulta en animales susceptibles a diferentes virus y bacterias como la *Escherichia coli*. Sus requerimientos fisiológicos detallan que el cobre es requerido para la síntesis de hemoglobina, asistiendo este a la absorción del hierro. También, promueve la formación de huesos y refuerza el sistema nervioso central (Badillo 2017).

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del sulfato de cobre en las concentraciones de 125 y 250 g/tm en dietas alternativas de cerdos en etapa de crecimiento sobre el consumo de alimento, ganancia diaria de peso e índice de conversión alimenticia, así mismo, evaluar los costos de la dieta con la suplementación.

Materiales y Métodos

Ubicación

El estudio se realizó en la Granja Porcina Educativa de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, la cual se encuentra ubicada en el Valle del río Yeguary, con altura de 785 msnm y temperatura promedio de 24 °C, a 32 km al sureste de Tegucigalpa, municipio de San Antonio de Oriente, Francisco Morazán, Honduras. La investigación se desarrolló entre enero a marzo del año 2022.

Unidades Experimentales

Se utilizaron 12 corrales con 159 cerdos de 77 a 105 días de edad, de las razas Yorkshire, Landrace, Duroc y sus cruces, los que fueron alojados en corrales de 3 × 5 m, con pisos de cemento, comederos de tolva y bebederos tipo chupete.

Tratamientos

Tratamiento 1

Se suministró una dieta con 20% de semolina de arroz, sin la adición del sulfato de cobre (Cuadro 1).

Tratamiento 2

Dieta del tratamiento 1 con la adición de 125 g/tm de cobre.

Tratamiento 3

Dieta del tratamiento 1 con la adición de 250 g/tm de cobre.

Cuadro 1

Formulación y costos de dietas para cerdos en la etapa de crecimiento, con o sin la inclusión de sulfato de cobre.

Ingredientes	Costo/kg	Dieta Control	Dieta con 125 g/tm de Cobre	Dieta con 250 g/tm de Cobre	Costo/Tratamiento US\$/kg		
					Dieta Control	Dieta con 125 g/tm de Cobre	Dieta con 250 g/tm de Cobre
Maíz	0.49	19.19	19.17	19.15	9.40	9.39	9.38
Aceite	1.23	1.81	1.81	1.81	2.22	2.22	2.22
Semolina de Arroz	0.43	9.09	9.09	9.09	3.90	3.90	3.90
H. de Soya	0.70	12.68	12.68	12.68	8.87	8.87	8.87
Carbonato Ca	1.13	0.7	0.7	0.7	0.79	0.79	0.79
Sulfato Cobre	5.71	0	0.02	0.04	0.00	0.11	0.22
Lisina	4.24	0.12	0.12	0.12	0.50	0.50	0.50
Melaza	0.13	1.36	1.36	1.36	0.17	0.17	0.17
Metionina	5.55	0.07	0.07	0.07	0.38	0.38	0.38
Sal común	0.17	0.22	0.22	0.22	0.03	0.03	0.03
Treonina	3.59	0.04	0.04	0.04	0.14	0.14	0.14
Vit. cerdos	7.51	0.13	0.13	0.13	0.97	0.97	0.97
Total, kg		45	45	45			
Costo US\$/45 kg					27.37	27.47	27.57

Nota. Tasa de cambio: L.24.5 / US\$.

Variables Evaluadas***Ganancia Diaria de Peso (GDP)***

Los cerdos fueron pesados al inicio y final del tratamiento (77 a 105 días de edad) y se dividió entre los 28 días que duró el tratamiento.

Consumo Diario de Alimento (CDA)

Se le administró el alimento ad-libitum y se pesó la cantidad proporcionada diariamente. Al final del tratamiento se pesó el rechazo y se dividió entre los 28 días que duró el tratamiento.

Índice de Conversión Alimenticia (ICA)

Se midió el ICA dividiendo el consumo diario de alimento entre la ganancia diaria de peso del cerdo.

Análisis de Costos

se determinaron los costos de alimentación en cada uno de los tratamientos.

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), con tres tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento, considerando cada corral como una unidad experimental. Para el análisis de los datos se realizó un análisis de varianzas y una separación de medias con la prueba Duncan, utilizando el paquete estadístico “Statistical Analysis System” (SAS, 2013), con un nivel de significancia de $P \leq 0.05$.

Resultados y Discusión

Consumo Diario de Alimento (CDA)

Al día 105 de la etapa de crecimiento se presentaron datos estadísticamente similares ($P > 0.05$) para la variable de consumo diario de alimento entre los tres tratamientos (Cuadro 2). Yang W et al. (2012) expresan en sus resultados que el consumo diario de alimento se ve afectado de manera positiva para los cerdos bajo la suplementación de 125 g/tm de cobre en la dieta, situación que difiere a lo encontrado en el presente trabajo, cabe recalcar que en este estudio se utilizó una dieta alternativa a la de maíz/soya, sustituyendo el maíz en un 20% por semolina de arroz. Un estudio realizado por Zhou et al. (1994) demostró un mayor consumo de alimento por parte de los cerdos con dietas suplementadas con 215 g/tm de cobre. Esto es debido por la mejora del metabolismo de los lípidos con el mejoramiento de utilización de energía.

Cuadro 2

Efecto de la suplementación de sulfato de cobre en las concentraciones de 125 y 250 g/tm en la dieta control sobre el consumo diario de los cerdos en la etapa de crecimiento.

Tratamiento	Consumo, g/día/cerdo
Dieta control	2,070 $\pm$ 0.18
Dieta con 125 g/tm de cobre	2,460 $\pm$ 0.68
Dieta con 250 g/tm de cobre	2,250 $\pm$ 0.12
Probabilidad	0.4466
Coefficiente de variación, %	17.82

Un mayor consumo de alimento en los cerdos se debe posiblemente al rol que tiene el cobre en el aumento del ARNm del neuropéptido, lo cual es considerado como un inductor al consumo de alimento (Espinosa y Stein 2021).

Ganancia Diaria de Peso (GDP)

En el día final de la etapa de crecimiento se presentaron diferencias en los tratamientos ($P \leq 0.05$), siendo el tratamiento con 250 g/tm de cobre el que presentó una mayor GDP comparado con el control y una ganancia similar al tratamiento con 125 g/tm de cobre. La ganancia de peso fue similar

entre el tratamiento control y 125 g/tm de cobre. Estudios han demostrado que la ganancia diaria de peso en cerdos en etapa de crecimiento con dietas con 20% de inclusión de semolina de arroz es de 650 g. Se obtuvo una mayor ganancia diaria de peso en este estudio con 750 y 790 g para el T2 y T3 respectivamente debido a la suplementación de cobre.

Cuadro 3

Efecto de la suplementación de sulfato de cobre en las concentraciones de 125 y 250 g/tm en la dieta control sobre la ganancia diaria de peso en los cerdos en la etapa de crecimiento.

Tratamiento	GDP
Dieta control	730±0.10 ^b
Dieta con 125 g/tm de cobre	750±0.11 ^{ab}
Dieta con 250 g/tm de cobre	790±0.12 ^a
Probabilidad	0.0017
Coeficiente de variación, %	16.25

Nota. GDP: Ganancia diaria de peso; ab: medias seguidas con letras distintas en cada columna indican diferencia significativa entre tratamientos ($P \leq 0.05$).

Según Espinosa et al. (2020) la mayor ganancia diaria de peso de los cerdos suplementados con cobre es debido a una mejor utilización de la energía y de los ácidos grasos como resultado de la suplementación de cobre. Carpenter et al. (2019) informan que la ganancia diaria de peso en cerdos suplementados con sulfato de cobre en las concentraciones de 70 y 130 g/tm en los días 43 a 105 es de 850 gramos, utilizando dietas a base de maíz y harina de soya, superiores a los obtenidos en este estudio en el que se incluyó un 20% de semolina de arroz. Coble et al. (2017) realizaron un estudio en el que alimentaron un total de 1,143 cerdos con dietas que contenían sulfato de cobre en las concentraciones de 75 y 150 g/tm, en el cual reportaron una mayor ganancia diaria de peso por parte de los cerdos suplementados con las altas concentraciones de sulfato de cobre, resultados similares a los encontrados en el presente estudio.

Blavi et al. (2021) plantean que los cerdos en fase 3 (día 61 al 96), bajo la suplementación de 125 g/tm de cobre, obtuvieron una ganancia diaria de peso de 1,020 g, mientras que los cerdos en esta misma etapa bajo la suplementación de 250 g/tm de cobre es de 1,010 g. En la fase 4 (día 96 al

116) de este mismo estudio se observó una disminución en la ganancia diaria de peso, con datos de 870 g para los cerdos suplementados con 125 g/tm de cobre y 960 g para los cerdos suplementados con 250 g/tm de cobre.

Índice de Conversión Alimenticia (ICA)

Mavromichalis (2016), indica que la razón principal de usar los niveles límites del sulfato de cobre corresponde a que se observó una mejora lineal a este nivel como lo pueden ser el crecimiento animal y la eficiencia del alimento, por lo tanto, cualquier concentración baja se considera potencial desperdiciado. Por esta razón se definieron las concentraciones de 125 y 250 g/tm. Espinosa y Stein (2021) indican que la solubilidad del cobre durante la digestión estomacal simulada en cerdos aumenta si se incluyen 250 g/tm de cobre por lo que, el suplemento de sulfato de cobre puede aumentar la proporción de cobre disponible para la disolución en el estómago de los cerdos.

Cuadro 4

Efecto de la suplementación de sulfato de cobre en las concentraciones de 125 y 250 g/tm en la dieta control sobre el índice de conversión alimenticia de los cerdos en la etapa de crecimiento.

Tratamiento	ICA
Dieta control	2.82 ± 0.11
Dieta con 125 g/tm de cobre	3.03 ± 0.84
Dieta con 250 g/tm de cobre	2.85 ± 0.18
Probabilidad	0.3084
Coefficiente de variación, %	14.40

Nota. ICA: Índice de conversión alimenticia.

Los índices de conversión alimenticia (ICA) en los tres tratamientos de este estudio no presentaron diferencia ($P > 0.05$). Mavromichalis (2016) comparte que la razón por la que se necesita la dosis de 250 g/tm de cobre para obtener los resultados completos y un mínimo de 150 g/tm de cobre para empezar a ver un efecto. Miranda (2000) demuestra un ICA de 2.4 para cerdos alimentados con dietas conteniendo 150 g/tm de cobre en la etapa de crecimiento mientras que los cerdos alimentados con dietas conteniendo 225 g/tm de cobre en la misma etapa fue de 2.7.

Efecto del Sulfato de Cobre en los Costos de Alimentación

Los costos por kilogramo presentados por las dietas suplementadas con cobre demostraron ser más costosas que la dieta control. Sin embargo, la dieta con la adición de cobre en la concentración de 250 g/tm resultó ser de menor costo por kg de peso ganado que la dieta con 125 g/tm de cobre. Esto es debido a la variación que existe entre los tratamientos con respecto a la ganancia diaria de peso.

Cuadro 5

Costos del alimento (US\$/Kg) y costos por kg de peso ganado (US\$/Kg) en la alimentación de cerdos en la etapa de crecimiento, con o sin la inclusión de sulfato de cobre en la dieta.

Tratamiento	Costo del alimento (US\$/kg)	ICA	Costo/kg de peso ganado
Dieta control	0.593	2.82±0.11	1.67
Dieta con 125 g/tm de cobre	0.595	3.03±0.84	1.8
Dieta con 250 g/tm de cobre	0.598	2.85±0.18	1.7

Nota. ICA: Índice de conversión alimenticia; Tasa de cambio Lempira L.24.5 / US\$.

En general el tratamiento menos costoso fue la dieta control con valores de US\$ 1.67 por kg de peso ganado, no obstante, la dieta con 250 g/tm fue de US\$ 1.70 siendo solo US\$ 0.03 más costosa. La dieta más costosa fue la suplementada con 125 g/tm de cobre con precios de US\$ 1.80 por kg de peso ganado, siendo US\$ 0.13 más costoso que la dieta control y US\$ 0.1 más que la dieta con 250 g/tm de cobre.

Conclusiones

La suplementación de sulfato de cobre en la dieta mejora la ganancia diaria de peso de los cerdos de 77 a los 105 días de edad, sin embargo, no tiene efecto en el índice de conversión alimenticia ni el consumo diario de alimento en la etapa de crecimiento.

Las dietas con la suplementación de cobre tuvieron un costo por kg de peso ganado similar a la dieta control.

Recomendaciones

Suplementar el sulfato de cobre en la concentración de 250 g/tm en la dieta alternativa de semolina de arroz con la inclusión del 20% en cerdos en la etapa de desarrollo.

Evaluar los residuos fecales generados por los cerdos en la granja con la inclusión a la dieta de 125 y 250 g/tm de sulfato de cobre para evaluar el impacto en el medio ambiente.

Evaluar la adición de sulfato de cobre en las otras etapas del engorde de los cerdos.

Referencias

- Aguilar J. 2021. Maíz 2021: su precio aumenta y hace más caro el alimento de animales en granjas. Porcicultura.com; [consultado el 30 de may. de 2022]. <https://www.porcicultura.com/destacado/Maiz-2021:-su-precio-aumenta-y-hace-mas-caro-el-alimento-de-animales-en-granjas>.
- Badillo T. 2016. Utilización de fuentes orgánicas y fuentes inorgánicas de Cobre en lechones como promotor de crecimiento. Porcicultura.com; [consultado el 10 de ago. de 2022]. <https://www.porcicultura.com/micrositio/Novus-Nutrition-S.A-de-C.V/Utilizaci%C3%B3n-de-fuentes-org%C3%A1nicas-y-fuentes-inorg%C3%A1nicas-de-Cobre-en-lechones-como-promotor-de-crecimiento>.
- Badillo T. may. 2017. Comparación de fuentes orgánicas e inorgánicas de Cobre como promotor de crecimiento en lechones [Proyecto de tesis]. Argentina: Universidad Nacional de la Plata; [consultado el 10 de ago. de 2022]. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/66355/Documento_completo.Vet_Thiago_Badillo.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Blavi L, Solà D, Monteiro A, Pérez JF, Stein HH. 2021. Inclusion of dicopper oxide instead of copper sulfate in diets for growing-finishing pigs results in greater final body weight and bone mineralization, but reduced accumulation of copper in the liver. *J Anim Sci.* 99(6). doi:10.1093/jas/skab127.
- Campos-Granados CM, Arce-Vega J. 2016. Sustitutos de maíz utilizados en la alimentación animal en Costa Rica. *Nutrición Animal Tropical*; [consultado el 10 de ago. de 2022]. 10(2):91–113. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/nutrianimal/article/view/27327/27443>.
- Carpenter CB, Woodworth JC, Derouchey JM, Tokach MD, Goodband RD, Dritz SS, Wu F, Rambo ZJ. 2019. Effects of increasing copper from either copper sulfate or combinations of copper sulfate and a copper–amino acid complex on finishing pig growth performance and carcass characteristics. *Translational Animal Science*; [consultado el 10 de ago. de 2022]. 3(4):1263–1269. <https://academic.oup.com/tas/article/3/4/1263/5531711>.
- Coble KF, DeRouchey JM, Tokach MD, Dritz SS, Goodband RD, Woodworth JC, Usry JL. 2017. The effects of copper source and concentration on growth performance, carcass characteristics, and pen cleanliness in finishing pigs. *J Anim Sci.* 95(9):4052–4059. eng. doi:10.2527/jas2017.1624.
- Cubillos R. 2016. Los consumos internos de carne de cerdo incentivan la producción porcina en Latinoamérica. 3tres3; [consultado el 10 de ago. de 2022]. https://www.3tres3.com/articulos/los-consumos-internos-de-carne-de-cerdo-incentivan-la-produccion-porci_37153/.
- Cubillos R. 2019. Situación del mercado porcino en Latinoamérica durante el 2019 y perspectivas para 2020. 3tres3; [consultado el 10 de ago. de 2022]. https://www.3tres3.com/articulos/mercado-porcino-en-latinoamerica-en-2019-y-perspectivas-para-2020_42029/https://www.3tres3.com/articulos/mercado-porcino-en-latinoamerica-en-2019-y-perspectivas-para-2020_42029/.
- Espinosa CD, Fry RS, Kocher ME, Stein HH. 2020. Effects of copper hydroxychloride on growth performance and abundance of genes involved in lipid metabolism of growing pigs. *J Anim Sci.* 98(1). eng. doi:10.1093/jas/skz369.
- Espinosa CD, Stein HH. 2021. Digestibility and metabolism of copper in diets for pigs and influence of dietary copper on growth performance, intestinal health, and overall immune status: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology.* 12(13). doi:10.1186/s40104-020-00533-3.

- [FAO] Food and Agriculture of the United Nations. 2014. Cerdos y la producción animal. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 10 de ago. de 2022]. <https://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/pigs/production.html>.
- García AC, De Loera Ortega YG, Yagüe AP, Guevara JA, García C. 2012. Alimentación práctica del cerdo. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*; [consultado el 10 de ago. de 2022]. 6(1):21–50. <https://revistas.ucm.es/index.php/RCCV/article/view/38718/37437>.
- Gomez Lema KD. 2019. Identificación de tres sub-productos agrícolas como una alternativa nutricional en la producción de cerdos durante la fase final de engorde [Trabajo de titulación]. Ecuador: Universidad Técnica de Babahoyo; [consultado el 10 de ago. de 2022]. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/6866/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000056.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Mavromichalis I. 2016. Adding copper sulfate to antibiotic-free piglet diets: From my attendance at the EAAP-Animine Academy in Paris last September, I am offering some thoughts regarding the use of an old feed additive that comes to the rescue of zinc oxide. *Feed Strategy*; [consultado el 10 de ago. de 2022]. <https://www.feedstrategy.com/pig-nutrition/adding-copper-sulfate-to-antibiotic-free-piglet-diets/>.
- Miranda E. 2000. El sulfato de cobre como promotor de crecimiento en cerdos en engorde. Francisco Morazán: Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Departamento de ciencia y producción agropecuaria. <https://fddocuments.ec/document/el-sulfato-de-cobre-como-promotor-de-crecimiento-en-el-sulfato-de-cobre-como.html?page=4>.
- Ortega E. 2012. Evaluación de alimentos fibrosos tropicales para la alimentación de cerdos en crecimiento en Nicaragua [Tesis de posgrado]. Cuba: Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas; [consultado el 10 de ago. de 2022]. https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/2790/120712-Tesis_Final._Einar.%5b1%5d.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- [SIMPAH] Sistema de Información de Mercados de Productos Agrícolas de Honduras. 2022. Reporte diario de precios de venta al por mayor de granos básicos. Honduras: SAG; [consultado el 10 de ago. de 2022]. http://www.fhia.org.hn/descargas/simpah/1.1.reporte_diario_precios_granos_Zonal_Belen.pdf.
- Yang W, Wang J, Zhu X, Gao Y, Liu Z, Zhang L, Chen H, Shi X, Yang L, Liu G. 2012. High lever dietary copper promote ghrelin gene expression in the fundic gland of growing pigs. *Biol Trace Elem Res*. 150(1-3):154–157. eng. doi:10.1007/s12011-012-9477-7.
- Zhou W, Kornegay ET, van Laar H, Swinkels JW, Wong EA, Lindemann MD. 1994. The role of feed consumption and feed efficiency in copper-stimulated growth. *J Anim Sci*. 72(9):2385–2394. eng. doi:10.2527/1994.7292385x.

Anexo

Anexo A

Pesaje de los cerdos

