



Original

Empleo de una pre-mezcla mineral a partir de fuentes naturales en dietas para cerdos en crecimiento-ceba

Use of a mineral premix from natural sources in diets for growing-fattening pigs

Mario Reinoso Pérez *, Juan Ramón García Díaz *, Raciél Lima Orozco **, Leonel Lazo Pérez *, Angel Mollineda Trujillo **

*Departamento de Medicina Veterinaria. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Carretera a Camajuaní Km 5 ½ 54830. Santa Clara, Villa Clara. Cuba.

**Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP). Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Carretera a Camajuaní Km 5 ½ 54830. Santa Clara, Villa Clara. Cuba.

Correspondencia: mariorp@uclv.edu.cu

Recibido: Febrero, 2024; Aceptado: Febrero, 2024; Publicado: Marzo, 2024.

RESUMEN

Antecedentes: La nutrición mineral beneficia el comportamiento bioproductivo de los cerdos. **Objetivo.** Evaluar el efecto de inclusión de una pre-mezcla mineral elaborada a partir de fuentes naturales nacionales en dietas para cerdos híbridos YorkLand en crecimiento-ceba. **Métodos:** Se utilizaron 50 cerdos en crecimiento ceba (40 ± 5 kg de peso vivo), hembras y machos castrados, distribuidos aleatoriamente en cinco grupos para ofrecer igual número de dietas experimentales. El grupo I recibió un concentrado elaborado con un núcleo proteico importado, harina de soya importada, harina de maíz amarillo de producción nacional, L-lisina y colina, sin la pre-mezcla mineral. Los restantes cuatro grupos recibieron un concentrado elaborado con harina de soya importada, harina de maíz amarillo de producción nacional, L-lisina y colina, con 0, 1, 2 y 3 % de inclusión de la pre-mezcla mineral, respectivamente. Se determinaron los minerales en suero sanguíneo, el incremento de peso vivo y la ganancia media diaria. **Resultados:** En los grupos I, III, IV y V fue superior ($P < 0,05$) la calcemia; en los grupos III y IV, la cupremia ($P < 0,01$) y en el grupo IV la magnesemia ($P < 0,05$). En estos grupos incrementaron ($P < 0,05$) el peso vivo y la ganancia media diaria. Todos los parámetros fueron menores ($P < 0,05$) en el grupo II. **Conclusión:** La adición en la dieta para cerdos en crecimiento-ceba de la pre-mezcla mineral confeccionada a partir de fuentes naturales nacionales benefició su estado mineral y comportamiento productivo.

Como citar (APA) Reinoso Pérez, M., García Díaz, J., Lima Orozco, R., Lazo Pérez, L., & Mollineda Trujillo, A. (2024). Empleo de una pre-mezcla mineral a partir de fuentes naturales en dietas para cerdos en crecimiento-ceba. *Revista De Producción Animal*, 36(1). <https://rpa.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/e4610>



©El (los) autor (es), Revista de Producción Animal 2020. Este artículo se distribuye bajo los términos de la licencia internacional Attribution-NonCommercial 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), asumida por las colecciones de revistas científicas de acceso abierto, según lo recomendado por la Declaración de Budapest, la que puede consultarse en: Budapest Open Access Initiative's definition of Open Access.

Palabras clave: dietas, ganancia media diaria, peso vivo, minerales naturales (*Fuente: AGROVOC*)

ABSTRACT

Background: Mineral nutrition benefits the bioproductive behavior of pigs. **Aim.** To evaluate the effect of including a mineral pre-mixture made from national natural sources in diets for growing-fattening YorkLand hybrid pigs. **Methods:** 50 growing fattening pigs (40 ± 5 kg live weight), females and castrated males, were used, randomly distributed into five groups to offer an equal number of experimental diets. Group I received a concentrate made with an imported protein core, imported soy flour, domestically produced yellow corn flour, L-lysine and choline, without the mineral premix. The remaining four groups received a concentrate made with imported soy flour, domestically produced yellow corn flour, L-lysine and choline, with 0, 1, 2 and 3% inclusion of the mineral pre-mix, respectively. Minerals in blood serum, live weight gain and average daily gain were determined. **Results:** In groups I, III, IV and V, calcemia was higher ($P < 0.05$); in groups III and IV, cupremia ($P < 0.01$) and in group IV, magnesemia ($P < 0.05$). In these groups, live weight and average daily gain increased ($P < 0.05$). All parameters were lower ($P < 0.05$) in group II. **Conclusion:** The addition of the mineral pre-mixture made from national natural sources to the diet for growing-fattening pigs benefited their mineral status and productive behavior.

Keywords: diets, average daily gain, live weight, natural minerals (*Source: AGROVOC*)

INTRODUCCIÓN

Los minerales constituyen el tercer grupo de nutrientes limitantes en la producción animal (Suttle, 2010). La nutrición mineral beneficia el comportamiento bioproductivo de los cerdos y los minerales inorgánicos tienen mayor empleo en la alimentación porcina, aunque tienen tres veces menos absorción y biodisponibilidad que los minerales orgánicos (Martínez *et al.*, 2016), debido a que en estos últimos la fracción orgánica (aminoácidos, proteínas, ácidos orgánicos y sacáridos) protegen al mineral de los efectos antagónicos de nutrientes de la ración diaria (Bruininx *et al.*, 2002).

Las pre-mezclas minerales devienen un componente esencial en la formulación de alimentos balanceados y raciones integrales mezcladas puesto que las completan y equilibran, de tal manera que se puedan cubrir las necesidades zootécnicas de los animales. Las tasas de inclusión en estos alimentos son muy variables, desde 0,1 hasta 10 % dependiendo de los requerimientos de los animales y de las características de las materias primas alimenticias empleadas (Martínez *et al.*, 2016).

En el mercado internacional existe una amplia variedad de pre-mezclas elaboradas con minerales, pero por sus elevados precios hoy en día en Cuba su disponibilidad es baja o nula, por lo que se impone la necesidad de contar con una alternativa nacional basada en el empleo de fuentes minerales cubanas tales como la fosforita, magnesita, dolomita, zeolitas y carbonato de calcio, las cuales ya han sido utilizadas de manera indistinta y en diversas combinaciones como suplemento alimenticio para diferentes especies de animales de interés económico (García-Díaz, Reinoso-Pérez y Lima-Orozco, 2022).

El sector porcino se ha vuelto muy competitivo en los últimos años y una buena nutrición mineral es esencial para lograr una producción rentable (Luna *et al.*, 2022).

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de inclusión de una pre-mezcla mineral confeccionada a partir de fuentes naturales nacional en la dieta de cerdos híbridos YorkLand en crecimiento-ceba.

MATERIALES Y MÉTODOS

Marco espacio-temporal

La investigación se desarrolló en la Unidad Empresarial de Base “Texico”, perteneciente a la Empresa Porcina de Villa Clara, la que está especializada en la ceba porcina y se localiza en el municipio Caibarién, provincia de Villa Clara. El estudio tuvo una duración de 32 días, durante el período comprendido entre el 5 de octubre y el 7 de noviembre de 2023.

Formulación de la pre-mezcla mineral

Se utilizaron seis fuentes minerales naturales extraídas de yacimientos cubanos, cuya procedencia, composición mineral y los aportes de nutrientes para los niveles de inclusión pre-establecidos se exponen en la tabla 1.

Tabla 1. Procedencia y composición mineral de las fuentes minerales naturales empleadas, y aporte de nutrientes de la pre-mezcla formulada.

Fuentes minerales	Ubicación de los yacimientos de procedencia	Composición mineral						
		Mg	Ca	P	K	Fe		
		(g/kg)						
Magnesita	Municipio Minas, provincia de Camagüey	204,72	19,78	0,00	1,24	0,00		
Fosforita Mena Tipo II	Trinidad de Guedes, municipio Unión de Reyes, provincia de Matanzas	20,00	156,83	180,00	1,16	73,50		
Carbonato de calcio	Tanque Viñas, municipio Remedios, provincia de Villa Clara.	3,86	396,48	1,75	0,24	0,00		
Zeolita	Tasajeras, San Juan de los Yeras, municipio Ranchuelos, provincia de Villa Clara.	5,55	41,27	0,39	12,37	0,00		
Dolomita Natural 5	Municipio Remedios, provincia de Villa Clara.	108,57	242,76	0,00	0,07	0,01		
Fuentes minerales	Aporte de minerales de la pre-mezcla formulada							
	Ca (g)	P (g)	K (g)	Na (g)	Cl (g)	Mg (g)	Fe (g)	
Zeolita	2063,50	19,50	618,50	0,00	0,00	277,50	0,00	
Carbonato de calcio	99120,00	437,50	60,00	0,00	0,00	965,00	0,00	
Fosforita Mena Tipo II	70573,50	81000,00	522,00	0,00	0,00	9000,00	33075,00	
Magnesita	989,00	0,00	62,00	0,00	0,00	10236,00	0,00	
Cloruro de sodio	0,00	0,00	0,00	59010,00	90990,00	0,00	0,00	
Dolomita Natural 5	12138,00	0,00	3,32	0,00	0,00	5428,53	0,40	
Total	184884,00	81457,00	1265,82	59010,00	90990,00	25907,03	33075,40	
Composición porcentual	%	18,49	8,15	0,13	5,90	9,10	2,59	3,31
Concentración	g/kg	184,88	81,46	1,27	59,01	90,99	25,91	33,08

Diseño experimental

Se utilizaron 50 cerdos en crecimiento-ceba en la categoría de inicio ceba, tanto hembras como machos castrados, con una edad de 75 ± 5 días, un peso vivo inicial de $40,0 \pm 5,0$ kg, todos del genotipo comercial YorkLand, procedentes del Centro Multiplicador “El Negrito”, perteneciente a la referida empresa porcina.

Criterios de inclusión. Animales clínicamente sanos, según el diagnóstico de salud realizado aplicando las invariantes funcionales del método clínico sugeridas por Cuesta, Montejo y Duvergel, (2007).

Criterios de exclusión. Animales que no cumplieron con los requisitos mencionados, además como criterio de salida se estableció el sacrificio o muerte del animal y el incumplimiento de las indicaciones médicas preestablecidas.

Se conformaron cinco grupos experimentales de diez animales cada uno a los que se les ofrecieron igual número de dietas formuladas según los niveles de inclusión en base húmeda explicitados en la tabla 2.

Tabla 2. Niveles de inclusión, en base húmeda, de los diferentes ingredientes de las dietas experimentales.

Ingredientes	Grupos				
	I	II	III	IV	V
Pre-mezcla objeto de estudio	0,00	0,00	0,90	1,81	2,71
L-lisina	0,00	0,40	0,40	0,40	0,40
Colina	0,00	0,08	0,08	0,08	0,08
Concentrado de importación con 45 % de PC	7,93	0,00	0,00	0,00	0,00
Maíz amarillo de producción nacional	80,60	81,63	80,45	79,26	78,07
Harina de soya importada	11,47	17,88	18,17	18,45	18,73
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Proteína cruda (% en base seca)	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Energía digestible (MJ/kg de MS)	14	14	14	14	14

Las cinco dietas experimentales evaluadas fueron iso-proteicas (15 % PB en base seca) e iso-energéticas (14 MJ ED/kg MS). La alimentación fue acorde a sus requerimientos nutricionales según la NRC 2012, y se garantizó una oferta diaria de 3,43 kg por animal/día hasta los 20 días y de 3,49 kg por animal/día a partir de los 21 días hasta la culminación del estudio.

Los animales pertenecientes a cada grupo experimental se mantuvieron alojados en cubículos colectivos ubicados en una misma nave, con piso y paredes de cemento, y techo de fibrocemento, a dos aguas y una orientación norte-sur, garantizándose un espacio vital de $0,75 \text{ m}^2$ por animal, un frente comedero de 28 cm.

Mediciones realizadas

Muestreo de sangre y determinaciones del perfil mineral en suero sanguíneo

Se extrajeron 5 mL de sangre por venopunción del seno ocular y se depositaron en tubos de ensayo de fondo cónico con tapa de rosca sin anticoagulante, esterilizados y desmineralizados.

Para la obtención del suero sanguíneo las muestras se centrifugaron a 3500 g durante 15 minutos y se congelaron a -10 °C hasta su análisis en el laboratorio de espectroscopia del CIAP. Los macro y microelementos se determinaron por absorción atómica, en un equipo SP-9 de la firma PYE UNICAM, según los procedimientos del fabricante y Miles, Wilkinson y McDowell, (2001).

Pesaje de los animales

A todos los animales se les determinó el peso vivo antes (día 0) y después (día 32) de consumir las dietas experimentales. Para ello se empleó una balanza digital de precisión BPE 250 (Pexac, Cuba). Con estos datos primarios se determinó el incremento de peso y la ganancia media diaria (GMD).

Procesamiento estadístico

Se compararon los minerales en suero sanguíneo entre grupos, al inicio y al final del experimento mediante un análisis de varianza de clasificación simple (ANOVA) y en los casos en que existieron diferencias estadísticas significativas se utilizó la prueba de LSD para comparar las medias, previa comprobación de la homogeneidad de varianza y la distribución normal.

El aumento de peso entre grupos se comparó mediante un análisis de covarianza (ANCOVA), utilizando el grupo como efecto principal y el peso vivo inicial como co-variable. En los casos que el efecto principal fue significativo ($P < 0,05$) las medias se compararon mediante LSD, previa comprobación de la homogeneidad de varianza. En tanto las medias se ajustaron cuando la co-variable fue significativa ($P < 0,05$).

En todos los procesamientos se utilizó el paquete estadístico StatgraphisCenturion XV.II (StatisticalGraphic Corp., USA) de 2006.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Perfil mineral en suero sanguíneo

En la Tabla 3 se exponen los niveles de minerales en suero sanguíneo de los cerdos, evaluados al inicio y final del experimento. Nótese que al inicio del experimento las concentraciones de Ca, Mg y Cu en suero sanguíneo no difirieron entre grupos; sin embargo, a los 32 días de suplementación fueron superiores ($P < 0,01$) las de Ca en los grupos I, III, IV y V; y las de Cu en los grupos III y IV ($P < 0,01$); mientras que las de Mg fueron superiores ($P < 0,05$) en el grupo IV. Estos minerales tuvieron sus valores más bajos en suero sanguíneo en el grupo II, que no recibió suplementación mineral.

Tabla 3. Concentraciones promedio de minerales en suero sanguíneo de los cerdos, al inicio y final del experimento.

Variables	M	Grupos					±EE	Sig.
		I	II	III	IV	V		
Ca (mmol/L)	I	3,13 ^a	2,93 ^a	3,07 ^a	3,19 ^a	3,34 ^a	0,14	NS
	F	2,66 ^a	2,34 ^b	2,79 ^a	2,80 ^a	2,75 ^a	0,08	**
Mg (mmol/L)	I	0,86 ^a	0,78 ^a	0,80 ^a	0,76 ^a	0,83 ^a	0,03	NS
	F	0,82 ^{ab}	0,75 ^b	0,84 ^{ab}	0,90 ^a	0,84 ^{ab}	0,04	*
Na (mmol/L)	I	136,60 ^{ab}	128,00 ^c	141,00 ^a	134,00 ^b	131,50 ^{bc}	2,44	*
	F	127,60 ^a	127,00 ^a	134,40 ^a	126,20 ^a	132,75 ^a	3,67	NS
K (mmol/L)	I	3,38 ^b	3,90 ^a	3,12 ^b	3,62 ^{ab}	3,40 ^{ab}	0,18	*
	F	3,40 ^a	3,10 ^a	3,04 ^a	3,48 ^a	3,45 ^a	0,23	NS
Cu (µmol/L)	I	24,25 ^a	23,13 ^a	22,35 ^a	25,47 ^a	25,58 ^a	1,19	NS
	F	23,99 ^b	23,89 ^b	28,50 ^a	28,87 ^a	27,58 ^{ab}	1,18	**
Zn (µmol/L)	I	12,05 ^a	11,46 ^a	11,78 ^a	10,60 ^{ab}	9,23 ^b	0,70	*
	F	12,02 ^a	12,82 ^a	12,10 ^a	11,71 ^a	10,47 ^a	1,34	NS

M: Momento. I: Inicial. F: Final. ^{a,b,c}: letras diferentes en las filas difieren significativamente (LSD). *: $P < 0,05$. **: $P < 0,01$. NS: diferencias no significativas.

Los incrementos del Ca y el Mg se justifican por la inclusión en la pre-mezcla y posterior suplementación de ambos minerales, los del Cu (que no se incluyó en la pre mezcla, como se muestra en la tabla 1); por el beneficio de los minerales suplementados para el metabolismo del Cu, especialmente el Fe, con el cual mantiene una constante interacción ya que favorece la absorción del Cu de la dieta (Suttle, 2010; Hill, 2022).

Al inicio del experimento fueron superiores las concentraciones de Na en suero sanguíneo en los grupos I y III, las de K en el grupo II y las de Zn en los grupos I, II y III, pero éstas no difirieron al final del experimento (Tabla 3). En los mismos el efecto beneficioso de la suplementación puede estar sesgado por las concentraciones iniciales de Na, K y Zn.

El nivel de inclusión más satisfactorio de la pre-mezcla mineral es el que se utilizó en el grupo IV, en el que se produjeron los incrementos significativos ($P < 0,05$) de Ca, Mg y Cu. Las concentraciones de Zn en suero sanguíneo no aumentaron, aunque no significativamente (Tabla 3); esto es muy importante porque indica que con los por ciento de inclusión en la dieta de la pre mezcla se mantiene la relación Zn:Ca y no generan excesos de Ca y principal antagonista del Zn,

que bloquea canales inespecíficos de Zn y disminuye su absorción, e induce la deficiencia de Zn (Lonnerdal, 2000; NRC, 2012).

Ganancia de peso vivo de los animales

El análisis de covarianza (Tabla 4) indica que el grupo/tratamiento o niveles de inclusión de la pre-mezcla de minerales, que se usó como efecto principal, influyó significativamente ($P < 0,05$) sobre el incremento de peso vivo y la GMD de los cerdos; en cambio, estos parámetros no se afectaron por el peso vivo inicial de los cerdos, que se utilizó como co-variable. Consecuentemente las medias de ambos indicadores se compararon entre los grupos.

Tabla 4. Análisis de covarianza para evaluar el efecto de la suplementación mineral y el peso inicial sobre el aumento de peso y la GMD en cerdos.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Incremento de peso (kg)					
Co-variable					
Peso vivo inicial	20,43	1	20,43	0,63	0,4320
Efecto principal					
Grupo/tratamiento	574,71	4	143,67	4,43	0,0045
Residuos	1363,39	42	32,46		
Total (corregido)	2001,92	47			
GMD (g)					
Co-variable					
Peso vivo inicial	19957,80	1	19957,80	0,63	0,4843
Efecto principal					
Grupo/tratamiento	561240,00	4	140310,00	4,43	0,0037
Residuos	1,33E6	42	31700,70		
Total (corregido)	1,95E6	47			

En la Tabla 5 se puede apreciar que el aumento de peso y la ganancia media diaria fueron menores ($P < 0,05$) en el grupo II el cual no recibió suplementación mineral, en comparación con los grupos I, III, IV y V, cuyos indicadores no difirieron entre ellos.

Tabla 5. Incremento de peso y GMD ($\bar{X} \pm EE$) en los cerdos suplementados con diferentes niveles de inclusión de la pre-mezcla mineral.

Grupo	n	Incremento de peso (kg)	GMD (g)
I	10	18,19 \pm 2,19 ^a	568,73 \pm 68,72 ^a
II	9	12,75 \pm 2,03 ^b	398,68 \pm 63,52 ^b
III	10	22,16 \pm 1,82 ^a	692,64 \pm 57,06 ^a
IV	10	23,47 \pm 1,83 ^a	733,57 \pm 57,33 ^a
V	9	24,08 \pm 2,81 ^a	752,75 \pm 87,82 ^a

^{ab} letras diferentes en los superíndices dentro de la misma columna indican diferencias estadísticas ($P < 0,05$) (LSD).

Los superiores incrementos de peso vivo y GMD en los animales suplementados se relacionan con los incrementos ($P < 0,05$) en suero sanguíneo de las concentraciones de Ca, Mg y Cu (Tabla 3). Estos minerales se requieren para la formación de hueso y otras funciones biológicas

importantes y consecuentemente favorecen el crecimiento y engorde de los cerdos (García-Contreras *et al.*, 2012).

En Ecuador, la suplementación de un compuesto de minerales y vitaminas en lechones lactantes tuvieron mayor ($P<0,05$) aumento de peso y la GMD en comparación con los animales no suplementados. Estos indicadores fueron 21,01 kg y 690 g, respectivamente (Muñoz, 2023).

La suplementación con dos niveles de minerales trazas, orgánicos e inorgánicos, mejoró el rendimiento productivo de los lechones destetados a los 21 días de edad, con un peso corporal inicial promedio de $6,70 \pm 0,38$ kg, independientemente del nivel y la fuente (Thomaz *et al.*, 2015).

En las últimas décadas, el crecimiento de los cerdos comerciales ha aumentado; lo que demanda que las dietas proporcionen niveles más altos de suplementos de Ca y P que los recomendados actualmente (Selle *et al.*, 2012).

El incremento de peso en los cerdos suplementados se relaciona el incremento de la as concentraciones de Ca en suero sanguíneo (Tabla 3). Este macroelemento, junto al P, son limitantes en la nutrición porcina comercial (Jeon *et al.*, 2021). En este experimento no se determinaron las concentraciones de P en suero sanguíneo, por lo que no se puede discutir sobre el efecto de la suplementación sobre las mismas, ni sobre las implicaciones que estas pudieron tener sobre la ganancia de peso de los animales.

Considerando la relación entre el Ca y el P, y entre estos minerales y la ganancia de peso; el incremento del mismo en los animales suplementados también puede deberse a la inclusión del P en la pre mezcla y su posterior suplementación, lo que corrobora que todas las raciones de los cerdos deben suplementarse con Ca y P pues las dietas con niveles inadecuados de Ca y P, conllevan a deficiencias orgánicas de ambos macroelementos y constituyen factores limitantes del crecimiento (Zouaoui, Létourneau-Montminy y Guay, 2018) ya que afectan la eficiencia biológica y la mineralización ósea (Schlegel y Gutzwiller, 2020).

También debió influir en el aumento de peso de los animales suplementados (Tabla 5), el incremento de las concentraciones de Mg en suero sanguíneo de los mismos (Tabla 3). Lo anterior se justifica porque el Mg es cofactor de más de 300 enzimas por lo que con la suplementación de este macroelemento se garantiza el crecimiento y salud adecuada de los animales de granja (Pinotti *et al.*, 2021). Además, estos autores plantean que la suplementación con Mg en cerdos aumenta la calidad de la carne y la fertilidad de las cerdas.

Un aumento del Cu en el organismo aumenta la actividad de la lipasa, estimula la secreción de la hormona del crecimiento, regula el sistema antioxidante, mejora indirectamente la respuesta inmune y aumenta la abundancia de ARNm de genes implicados en el metabolismo post

absortivo de los lípidos en cerdos (Espinosa y Stein, 2021). Consecuentemente, mejora el consumo, la eficiencia alimenticia, el crecimiento y la salud (Manto, 2014; Hill, 2022).

CONCLUSIÓN

La adición de la pre-mezcla mineral confeccionada a partir de fuentes naturales nacionales en la dieta para cerdos en crecimiento-ceba benefició su estado mineral y comportamiento productivo; los mejores resultados se obtuvieron con el 2% de inclusión, con el cual se incrementaron el Ca, Cu, Mg en suero sanguíneo, el aumento de peso vivo y la ganancia media diaria de peso.

REFERENCIAS

- Bruininx, E. M. A. M., Binnendijk, G. P., Van der Peet-Schwering, C. M. C., Schrama, J. W., Den Hartog, L. A., Everts, H., & Beynen, A. C. (2002). Effect of creep feed consumption on individual feed intake characteristics and performance of group-housed weanling pigs. *Journal of animal science*, 80(6), 1413-1418. <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/80/6/1413/4789528?login=false>
- Cuesta, M., Montejo, E., & Duvergel, J. (2007). Medicina Interna Veterinaria. Tomos I y II. La Habana: Editorial Félix Varela. Ministerio de Educación Superior. *Tomo I*, 2, 978-959. <https://isbn.cloud/9789590704970/medicina-interna-veterinaria-tomo-i/>
- Espinosa, C. D., & Stein, H. H. (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, 1-12. <https://doi.org/10.1186/s40104-020-00533-3>
- García-Contreras, A., De Loera Ortega, Y., Yagüe, A., Guevara González, J., & García Artiga, C. (2012). Alimentación práctica del cerdo feeding practices for pigs. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, 6(1), 21-50. <https://go.gale.com/ps/i.do?id=GALE%7CA310150441&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=19882688&p=IFME&sw=w&userGroupName=anon%7Ee865fa99&aty=open-web-entry>
- García-Díaz, J., Reinoso-Pérez, M., & Lima-Orozco, R. (2022). Fuentes minerales cubanas. Experiencias en la crianza animal. *Centro Agrícola*, 49(3), 56-52. <http://cagricola.uclv.edu.cu/index.php/es/volumen-49-2022/no-3-jul-sep-2022/1356-fuentes-minerales-cubanas-experiencias-en-la-crianza-anim>
- Hill, G. M. (2022). Minerals and mineral utilization in swine. *Sustainable swine nutrition*, 229-244. <https://doi.org/10.1002/9781119583998.ch8>

- Jeon, S. M., Hosseindoust, A., Ha, S. H., Kim, T. G., Mun, J. Y., Moturi, J., ... & Kim, J. S. (2021). Prediction of calcium and phosphorus requirements for pigs in different bodyweight ranges using a meta-analysis. *Journal of Animal Science and Technology*, 63(4), 827. DOI: [10.5187/jast.2021.e70](https://doi.org/10.5187/jast.2021.e70)
- Lonnerdal, B. (2000). Dietary factors influencing zinc absorption. *The Journal of nutrition*, 130(5), 1378S-1383S. <https://jn.nutrition.org/>
- Luna, M.L., Varaldo J.A., Bellezze, J., Campa M., Agosto, M., Ribero, G., Eluk, D., Storani, G., Silvetti, J., & Roldán V.P.E. (2022). Determinación de cobre, hierro y cinc en alimentos de cerdas gestantes y lactantes de una granja de Santa Fe. Primer Encuentro Virtual de Divulgación y Comunicación de Ciencias Veterinarias. Facultad de Ciencias Veterinarias. Univ. Nacional de Rosario. 9, 10 y 11 de diciembre de 2020. https://www.engormix.com/porcicultura/minerales-cerdos/determinacion-cobre-hierro-cinc_a49880/
- Manto, M. (2014). Abnormal copper homeostasis: mechanisms and roles in neurodegeneration. *Toxics*, 2(2), 327-345. <https://www.mdpi.com/2305-6304/2/2/327>
- Martínez, A. C. M., Chamorro, J., Cardona, S. J. C., & Estevez, J. N. R. (2016). Efecto de suplementación mineral en el desempeño productivo de cerdas gestantes y su camada. *Journal of Agriculture and Animal Sciences*, 5(1). <https://www.uco.edu.co/AcreditacionZootecnia/Investigacion/Art%C3%ADculo%20Somex%20Samir%20Calvo%202016.pdf>
- Miles, P. H., Wilkinson, N. S., & McDowell, L. R. (2001). Analysis of minerals for animal nutrition research. *Department of animal science, University of Florida, Gainesville, USA*, 117.
- Muñoz, J.J. (2023). Efecto del suplemento vitamínico mineral sobre el comportamiento productivo de lechones del centro de apoyo UPSE-Manglar alto provincia Santa Elena. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Estatal de la Península de Santa Elena, Ecuador. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/9738>
- NRC (National Research Council). (2012). Nutrient Requirements of Swine: Eleventh Revised Edition. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13298>
- Pinotti, L., Manoni, M., Ferrari, L., Tretola, M., Cazzola, R., & Givens, I. (2021). The contribution of dietary magnesium in farm animals and human nutrition. *Nutrients*, 13(2), 509. <https://doi.org/10.3390/nu13020509>

Schlegel, P., & Gutzwiller A. (2020). Dietary calcium to digestible phosphorus ratio for optimal growth performance and bone mineralization in growing and finishing pigs. *Animals*, 10, 178. DOI: [10.3390/ani10020178](https://doi.org/10.3390/ani10020178)

Selle, P. H., Cowieson, A. J., Cowieson, N. P., & Ravindran, V. (2012). Protein–phytate interactions in pig and poultry nutrition: a reappraisal. *Nutrition research reviews*, 25(1), 1-17. DOI: [10.1017/S0954422411000151](https://doi.org/10.1017/S0954422411000151)

Statgraphis Centurion Ver. XV.II. (2006). Edición Multilingüe. StatPoint, Inc. Statistical Graphic Corp. Warrenton, Virginia.

Suttle, N. F. (2022). *Mineral nutrition of livestock*. Cabi. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/abs/10.1079/9781789240924.0006>

Thomaz, M. C., Watanabe, P. H., Pascoal, L. A., Assis, M. M., Ruiz, U. S., Amorim, A. B., ... & Robles-Huaynate, R. A. (2015). Inorganic and organic trace mineral supplementation in weanling pig diets. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 87, 1071-1081. <https://www.scielo.br/j/aabc/a/qWj84VPqnNvNYTBPK7Lr4Tt/?lang=en&format=html>

Zouaoui, M., Létourneau-Montminy, M. P., & Guay, F. (2018). Effect of phytase on amino acid digestibility in pig: a meta-analysis. *Animal Feed Science and Technology*, 238, 18-28. DOI: [10.1016/j.anifeedsci.2018.01.019](https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.01.019)

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Concepción y diseño de la investigación: MRP, JRGD, RLO, LLP, AMT; análisis e interpretación de los datos: MRP, JRGD, RLO, LLP, AMT; redacción del artículo: MRP, JRGD, RLO, LLP, AMT.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existen conflicto de intereses.