

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA INCLUSIÓN ALIMENTICIA DE HIERRO Y MANGANESO SOBRE EL RENDIMIENTO PRODUCTIVO Y REPRODUCTIVO EN PORCINOS

EVALUATION OF THE EFFECT OF DIETARY INCLUSION OF IRON AND MANGANESE ON PRODUCTIVE AND REPRODUCTIVE PERFORMANCE IN PIGS

	¹ Lucía Loachamín-Guallichico	lvloachamin@uce.edu.ec
	¹ Eduardo Aragón-Vásquez	earagon@uce.edu.ec
	¹ Renán Mena-Pérez	rpmena@uce.edu.ec
	¹ Jimmy Quisirumbay-Gaibor *	jrquisirumbay@uce.edu.ec

¹ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.

E-mail: * jrquisirumbay@uce.edu.ec

RESUMEN

La suplementación de microminerales en porcinos ha sido variable a lo largo del tiempo generando incertidumbre en los nutricionistas. Esta investigación tuvo como objetivo medir el efecto de la inclusión alimenticia de hierro (Fe) y manganeso (Mn) sobre la ganancia diaria de peso (GDP), consumo diario promedio de alimento (CDPA), conversión alimenticia (CA), eficiencia alimenticia (EA), nivel de hemoglobina (Hb) y hematocrito (Htc), mediante el uso de meta-análisis. Se incluyeron 23 estudios (3189 animales). Se usó el modelo de efectos aleatorios y se determinó tamaño de efecto, heterogeneidad y efecto de moderadores. La suplementación de Fe mejoró la GDP en 22,67 g/d ($p < 0,00001$), el CDPA en 15,46 g/d ($p < 0,00001$), la CA se redujo en 0,078 ($p < 0,00001$), el nivel de Hb fue superior en 1,38 g/dl ($p < 0,00001$), al igual que el valor de Htc en 1,98% ($p < 0,00001$). Se evidenció que la suplementación de Fe en cerdas gestantes incrementó las concentraciones de Hb (1,34 g/dl) y Htc (2,39 %) en lechones de 1 día de edad. En lechones menores de 24 días mejoró la concentración de Hb en 2,32 g/dl. La suplementación de Mn en cerdos en crecimiento-finalización, disminuyó el CDPA en 22,15 g/d ($p = 0,02$), sin embargo, la GDP y EA también disminuyeron. La heterogeneidad fue $> 75\%$ (Fe) y $< 50\%$ (Mn). Se realizaron meta-regresiones considerando nivel y duración de la suplementación. Se concluye que la suplementación dietaria de Fe mejora los parámetros productivos en porcinos al igual que la concentración de Hb y Htc. La suplementación de manganeso no mejoró los parámetros productivos.

Palabras clave: Nutrición, minerales, hierro, manganeso, porcinos, lechones.

ABSTRACT:

The supplementation of microminerals in pigs has been variable over time, generating uncertainty among nutritionists. This research aimed to measure the effect of dietary inclusion of iron (Fe) and manganese (Mn) on daily weight gain (GDP), average daily feed intake (ADAC), feed conversion (FC), feed efficiency (FE), hemoglobin level (Hb) and hematocrit (Htc), by using meta-analysis. 23 studies (3189 animals) were included. The random effects model was used and effect size, heterogeneity and effect of moderators were determined. Fe supplementation improved GDP by 22.67 g/d ($p < 0.00001$), CDPA by 15.46 g/d ($p < 0.00001$), FC was reduced by 0.078 ($p < 0.00001$), the Hb level was higher by 1.38 g/dl ($p < 0.00001$), as was the Htc value by 1.98% ($p < 0.00001$). It was evidenced that Fe supplementation in pregnant sows increased the concentrations of Hb (1.34 g/dl) and Htc (2.39%) in 1-day-old piglets. In piglets under 24 days old, the Hb concentration improved by 2.32 g/dl. Mn supplementation in growing-finishing pigs decreased CDPA by 22.15 g/d ($p = 0.02$), however, GDP and FE also decreased. Heterogeneity was $> 75\%$ (Fe) and $< 50\%$ (Mn). Meta-regressions were performed considering level and duration of supplementation. It is concluded that dietary Fe supplementation improves the productive parameters in pigs as well as the concentration of Hb and Htc. Manganese supplementation did not improve productive parameters.

Keywords: Nutrition, minerals, iron, manganese, pigs, piglets.

1. INTRODUCCIÓN

Los microminerales son elementos esenciales que se incluyen en las dietas de porcinos en pequeñas cantidades (<100 mg/kg MS) como premezclas (1). Estos son necesarios para el funcionamiento normal de casi todos los procesos bioquímicos en el organismo (2). Además, forman parte de numerosas enzimas y participan en la síntesis de hormonas, función inmunitaria, crecimiento, y en consecuencia son imprescindibles para mantener la salud animal y asegurar el rendimiento productivo (3).

Cabe destacar que existen varios microminerales como el cobre, hierro, manganeso, zinc, yodo, selenio, flúor y cromo que son necesarios en la dieta de los porcinos (4). No obstante, el presente trabajo de investigación se enfocó en el hierro (Fe) y manganeso (Mn), debido a sus múltiples funciones. El Fe es un componente esencial en animales y humanos (5), forma parte de numerosas metaloenzimas e interviene en la formación de la hemoglobina, previene la anemia, mejora el sistema inmunitario, participa en la eritropoyesis entre otros (6).

Ciertos estudios han comprobado que la suplementación de Fe puede mejorar la capacidad antioxidante de las cerdas, mejorando el rendimiento reproductivo (7). Sin embargo, la deficiencia de este micromineral en lechones recién nacidos produce anemia ferropénica, generando disminución de crecimiento fetal, bajo peso al nacimiento y menor ganancia de peso (8) (9).

En cuanto al Mn, actúa como activador de numerosas enzimas y es esencial para la síntesis de sulfato de condroitina, componente esencial en el desarrollo óseo. Además, el Mn participa en el proceso reproductivo y ayuda al metabolismo de lípidos y carbohidratos (1). Se ha comprobado que la inclusión de manganeso en la dieta de los cerdos mejora su rendimiento productivo (10). No obstante, una deficiencia de este micromineral provoca claudicaciones, retraso en el crecimiento, entre otras alteraciones (11). Por otro lado, su exceso reduce la ingesta de alimento, afectando a la ganancia de peso (12).

Varios son los niveles de inclusión alimenticia de estos microminerales que se han usado a lo largo del tiempo, creando cierto nivel de incertidumbre en los nutricionistas de porcinos. Tomando en cuenta cada uno de estos aspectos, la presente investigación está orientada a determinar el efecto de la inclusión alimenticia de hierro y manganeso en la etapa productiva y reproductiva, sobre la ganancia diaria de peso (GDP), consumo diario promedio de alimento (CDPA), conversión alimenticia (CA), eficiencia alimenticia (EA), nivel de hemoglobina y hematocrito. Así como el efecto del nivel de inclusión y la duración de la suplementación mediante el uso de meta-

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una búsqueda electrónica entre enero y abril del año 2023 de artículos científicos en Google Scholar, Scopus, PubMed, Science Direct (Journal), Elsevier biobase-CABS. Para ello, se consideraron las siguientes palabras claves en español: “{rendimiento productivo}, mineral traza, oligoelementos, hierro, manganeso, dieta, alimento, nutrición, porcinos, lechones y cerdas”. También se utilizaron las siguientes palabras claves en inglés: “{reproductive performance}, iron, manganese, nutrition, minerals, weaned piglets, newborn piglets, sows, pig, {rendimiento productivo}”.

Asimismo, se emplearon las siguientes palabras claves en portugués: “{desempenho produtivo}, micro mineral, nutrição, porcos y leitões”. Solo se incluyeron artículos en español, inglés y portugués sin restricción de fecha, sin embargo, el periodo de años que incluyó la búsqueda fue entre 1987 al 2023.

Se incluyeron 23 artículos experimentales en español, inglés y portugués, siguiendo las recomendaciones de Palencia et al., (13) y Rufino et., (14). Los artículos debían contener las variables dependientes de interés junto a sus valores de media (promedio), desviación estándar (SD), coeficiente de variación (CV), error estándar de la media (SEM) del tratamiento y control de la variable estudiada. Asimismo, los artículos incluidos debían presentar el número de repeticiones por tratamiento. En el caso del hierro, se registraron 2503 repeticiones, y para el manganeso, 686 repeticiones, con un total de 3189.

Para cada variable dependiente se ejecutó un meta-análisis (MA), considerando la etapa productiva. Esta fue dividida en 4 categorías: cerdos crecimiento-finalización, cerdas reproductoras, lechones menores a 24 días y lechones destetados. En el caso de la inclusión de hierro, las variables analizadas en cerdos en crecimiento-finalización fueron: ganancia diaria de peso (GDP) y consumo diario promedio de alimento (CDPA). En cerdas reproductoras se analizó 2 variables: hemoglobina y hematocrito en lechones de 1 día. Mientras que en lechones neonatos se analizó 1 variable hemoglobina en lechones < 24 días. Por último, en lechones destetados se analizó 6 variables entre ellas: ganancia diaria de peso (GDA), consumo diario promedio de alimentos (CDPA), conversión alimenticia (CA), eficiencia alimentaria (EA), nivel de hemoglobina (Hb) y hematocrito (Htc).

En cuanto a la inclusión de manganeso en cerdos en crecimiento-finalización se analizó 3 variables

ganancia diaria de peso (GDA), consumo diario promedio de alimento (CDPA) y eficiencia alimentaria (EA), mientras que en cerdas reproductoras se evaluaron 2 variables: peso promedio al nacimiento y peso promedio al destete de forma descriptiva debido a las circunstancias citadas previamente. Se usaron dos moderadores (covariables) nivel y duración de suplementación de hierro y manganeso en la dieta. En el caso de cerdos en crecimiento- finalización, el nivel de inclusión de hierro fue de 50 a 600 mg/kg; en cerdas reproductoras, de 40 a 114 mg/kg; para los lechones menores de 24 días, de 30 a 200 mg/kg; y en lechones destetados, de 10 a 5000 mg/kg. Mientras que en la inclusión dietaria de manganeso para cerdos en etapa de crecimiento-finalización fue de 8 a 700 mg/kg.

Análisis estadístico

Se utilizó el programa MIX 2.0 (15), con el modelo de efectos aleatorios según las recomendaciones de Borenstein et al., (16) y Sauvant et al., (17) Las variables analizadas fueron ganancia diaria de peso, consumo diario promedio de alimento, conversión alimenticia, eficiencia alimentaria, hemoglobina y hematocrito

a partir de 23 artículos científicos. Se determinó el tamaño de efecto por diferencia de medias (DM) (18). También, se calculó la heterogeneidad por medio del índice de inconsistencia (I²) (19).

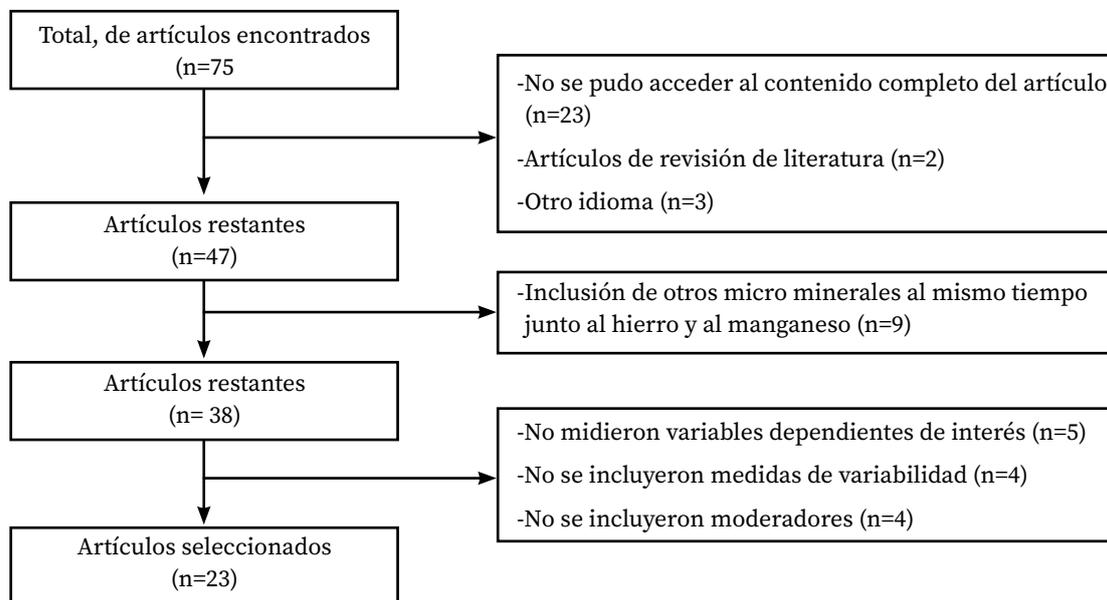
Para los casos de mediana y alta heterogeneidad, se realizó meta-regresiones utilizando como covariables (moderadores) nivel y duración de inclusión de Fe, sobre la ganancia diaria de peso, consumo diario promedio de alimento, conversión alimenticia, eficiencia alimenticia, niveles de hemoglobina y hematocrito. Mientras que para el caso del manganeso se utilizó la covariable nivel de inclusión de Mn sobre la ganancia diaria de peso, consumo diario promedio de alimento y eficiencia alimentaria.

3. RESULTADOS

Selección y descarte de artículos

En la Figura 1 se ilustra el proceso de selección y descarte de artículos científicos. La búsqueda arrojó un total de 75 artículos. Fueron seleccionados 23 artículos en total (20 para hierro y 3 para manganeso).

Figura 1. Flujograma de selección y descarte de artículos científicos.



Variables respuesta

En la Tabla 1 se evidencia que la Hb y Htc aumentan significativamente ($p < 0,00001$), en lechones de 1 día en 1,34 g/d y en lechones menores de 24 días 2,32 g/dl. Además, en los lechones de 1 día, se observa un incremento de 2,4% de Htc ($p < 0,00001$) en el grupo tratado.

En cuanto a los lechones destetados, se obtuvo un aumento de ganancia diaria de peso (22,67 g/d; $p < 0,00001$), consumo diario promedio de alimento (15,46 g/d; $p < 0,00001$), Hb (1,38 g/dl; $p = 0,00001$) y Htc (1,98%; $p < 0,00001$) en el grupo tratado. Respecto a la conversión alimenticia (CA) se evidencia que el grupo

tratado requirió consumir 0,078 kg ($p < 0,00001$) menos para convertir 1 kilo de peso corporal.

No obstante, en la tabla 1 se observa que para la ganancia diaria de peso y consumo diario de alimento en cerdos en crecimiento-finalización y eficiencia alimentaria en lechones destetados no presentaron

diferencias significativas. Sin embargo, es importante destacar que los resultados obtenidos en todas las categorías se obtuvo una alta heterogeneidad ($>75\%$) en las variables analizadas. Esto significa que hay una gran variabilidad entre los resultados de los artículos incluidos en este meta-análisis.

Tabla 1. Resumen variables respuestas, tamaño de efecto e índice de inconsistencia (del efecto de la inclusión de hierro sobre la ganancia diaria de peso (GDP), consumo diario promedio de alimento (CDPA), eficiencia alimentaria (EA), conversión alimenticia (CA), nivel de hemoglobina (H) y hematocrito (Htc) en porcinos.

Etapa productiva	Variable analizada	Tratamiento	Control	Tamaño de efecto	I ² (%)
		x ±DE	x ±DE	MD (p valor)	
Cerdos crecimiento-finalización	GDP (g/día)	818,57 ±101,74	815 ±88,21	7,64 (0,46)	76,36
	CDPA (g/día)	2132,14 ± 465,37	2072,14 ±398,02	62,32 (0,30)	83,63
Cerdas reproductoras	Hb en lechones de 1 día (g/dl)	9,50 ±0,60	8,31 ±0,54	1,34 (<0,00001)	99,99
	Hematocrito en lechones de 1 día (%)	34,66 ±1,64	32,14 ±1,93	2,39 (<0,00001)	99,96
Lechones neonatos	Hb (hemoglobina) en lechones <24 días (g/dl)	9,30 ±1,04	6,97 ±1,64	2,32 (<0,00001)	89,18
	GDP (g/día)	316,61 ±108,42	261,37 ±96,91	22,67 (<0,00001)	99,99
	CDPA (g/día)	472,47 ±186,42	403,85 ±152,59	15,46 (<0,00001)	100
	CA (kg/kg)	1,55 ±0,22	1,72 ±0,43	-0,078 (<0,00001)	83,84
Lechones destetados	EA (kg/kg)	0,65 ±0,07	0,59 ±0,049	0,009 (0,34)	66,37
	Hb (g/dl)	9,97 ±3,80	8,63 ±2,40	1,38 (0,00001)	97,78
	Hematocrito (%)	35,29 ±6,38	33,05 ±7,67	1,98 (<0,00001)	99,78

Nota. DE: Desviación Estándar; DM: Diferencia de Medias; P: Valor de p; I2: Índice de inconsistencia.

Efecto del nivel alimenticio de hierro

En la tabla 2, se evidencia que por cada mg/kg de hierro que se aumenta en la dieta de la madre, el Htc en lechones de 1 día se incrementa en 0,032 % ($p < 0,01$). Mientras que en lechones < de 24 días cada mg/kg de Fe incrementó la Hb en 0,00007g/dl ($p = 0,97$).

En lechones destetados, cada mg/kg extra de hierro

mejoró la ganancia diaria de peso (0,00276 g/d; $p = 0,003$), Htc (-0,00044%; $p < 0,001$), pero disminuyó la eficiencia alimentaria (-0,00021; $p < 0,001$), conversión alimenticia (-0,00006; $p < 0,001$) y hemoglobina (-0,0002 g/dl; $p = 0,002$). No obstante, el nivel de hierro no afectó significativamente a la ganancia de peso, consumo de alimento en cerdos en crecimiento-finalización, hemoglobina en lechones de 1 día y menores de 24 días, ni al consumo diario promedio en lechones destetados.

Tabla 2. Meta-regresión para nivel de suplementación de hierro en la dieta.

Categoría productiva	Variable analizada	Nivel de suplementación mg/kg			
		Intercepto (Bo)		Pendiente (B1)	
		Estimado	P-valor	Estimado	P-valor
Cerdos en crecimiento-finalización	GDP (g/día)	2,64	0,79	0,02	0,34
	CDPA (g/día)	44,12	0,06	0,05	0,35
	Hb (hemoglobina) en lechones de 1 día (g/dl)	1,31	0,10	0,008	0,51
Cerdas reproductoras	Hematocrito en lechones de 1 día (%)	-0,24	<0.001	0,03	<0.001
	Hb (hemoglobina) en lechones <24 días (g/dl)	2,29	<0.001	0,00007	0,97
Lechones destetados	GDP (g/día)	26,79	<0.001	0,003	0,003
	CDPA (g/día)	-0,14	0,83	-0,002	0,19
	CA	-0,05	<0.001	-0,00006	<0.001
	EA	0,02	0,006	-0,0002	<0.001
	Hb (g/dl)	0,94	<0.001	-0,0002	0,002
	Hematocrito (%)	-1,20	<0.001	0,00044	<0.001

Duración de la suplementación de hierro

En la Tabla 3, se observa que a mayor duración de suplementación de hierro en lechones destetados, disminuyó el consumo de alimento (-0,88643 g/d; p<0,001), la conversión alimenticia (-0,002; p<0,001), la Hb (-0,017 g/dl; p=0,015) y el Htc (-0,154%; p<0,001),

pero aumentó la ganancia diaria de peso (1,55 g/día; p<0,001). No obstante, para la concentración de Hb en lechones de 1 día y la eficiencia alimentaria en lechones destetados no tuvieron efecto significativo.

Tabla 3. Meta-regresión para la duración de la suplementación.

Categoría productiva	Variable analizada	Duración de la suplementación días.			
		Intercepto (Bo)		Pendiente (B1)	
		Estimado	P-valor	Estimado	P-valor
Cerdas reproductoras	Hb (g/dl) en lechones de 1 día	2,19	<0.001	-0.013	0,12
	GDP (g/día)	-39,95	<0.001	1,55072	<0.001
	CDPA (g/día)	36,28	<0.001	-0,88643	<0.001
Lechones destetados	CA	0,021	0,43	-0,0021	0,0020
	EA	-0,00107	0,98	0,00003	0,98
	Hb (g/dl)	1,43	<0.001	-0,017	0,015
	Hematocrito (%)	6,504	<0.001	-0,154	<0.001

Manganeso

Variables respuesta

En la Tabla 4, en cerdos en crecimiento-finalización, el

grupo suplementado con hierro tuvo menor consumo de alimento (-22,15g/d; p=0,019). El consumo diario promedio de alimento y la eficiencia alimentaria no fueron significativos. No hubo heterogeneidad para ganancia diaria de peso y eficiencia alimentaria, pero

Tabla 4. Resumen variables dependientes, tamaño de efecto y índice de inconsistencia para el MA del efecto de la inclusión alimenticia de manganeso sobre GDP, CDPA y EA en porcinos.

Etapa productiva	Variable analizada	Tratamiento	Control	Tamaño de efecto	I2
		Media (DE)	Media (DE)	DM (p)	I2(%)
Cerdos crecimiento-finalización	GDP (g/día)	872,06 (±353,11)	880 (±364,90)	-5,17 (0,13)	0
	CDPA (g/día)	2154,41 (±995,86)	2155,88 (±1016,03)	-22,15 (0,019)	43,61
	EA	0,41 (±0,08)	0,42 (±0,09)	-0,015 (0,34)	0

Nota. DE: Desviación Estándar; DM: Diferencia de Medias; p: Valor de p; I2: Índice de inconsistencia.

Efecto del nivel de suplementación dietaria de Mn

En la tabla 5 se aprecia que el nivel de suplementación de manganeso en cerdos en crecimiento-finalización afectó la ganancia diaria de peso (-0,044; p=0,15), por cada mg/kg de hierro que se aumenta en la dieta. Mientras que consumo diario promedio de alimento (0,019; p=0,34) y eficiencia alimentaria (0,00001; p=0,647) no fueron afectados.

No obstante, no se pudo realizar el meta-análisis de las variables reproductivas, debido a que solo se localizó

un solo artículo, pero se va a detallar de una forma descriptiva.

Los resultados obtenidos en el estudio de Edmunds et al., (20), demuestran que la suplementación con 20 mg/kg de Mn en la dieta de la cerda, obtuvo un mayor peso al nacimiento de 1,57 kg (p<0,01), en referencia a los lechones del grupo control que obtuvieron un peso de 1,23 kg. Además, el peso promedio al destete del grupo tratado fue de 5,5 kg (p<0,05) en comparación al grupo control (5,18 kg).

Tabla 5. Meta-regresión para nivel de suplementación de manganeso en la dieta.

Categoría productiva	Variable analizada	Nivel de suplementación mg/kg			
		Intercepto (Bo)		Intercepto (Bo)	
		Estimado	P-valor	Estimado	P-valor
Crecimiento-Finalización	GDP (g/día)	7,39	0,05096	-0,044	0,1522
	CDPA (g/día)	32,073	<0,001	0,019	0,34
	EA	0,00114	0,51514	0,00001	0,64738

4. DISCUSIÓN

En cuanto al hierro, de acuerdo con los resultados obtenidos en este meta-análisis, se evidenció que su inclusión en la dieta de cerdas gestantes incrementó el nivel de Hb y Htc en lechones recién nacidos. Estos resultados se atribuyen a que han sido suplementadas con fuentes orgánicas de Fe (21).

Estas fuentes mejoran la biodisponibilidad de hierro en el organismo y optimizan la transferencia de Fe de la madre hacia la progenie, incrementando las

concentraciones de Hb y Htc en el nacimiento (8) (22). Estos parámetros permiten verificar si la reserva de Fe en el lechón es adecuada para su desarrollo (23).

Sin embargo, la suplementación de dosis altas de Fe no mejoran las reservas de este micromineral en los lechones, debido a que sus requerimientos son mayores a lo que les provee la leche materna (1 gramo/día / lechón), aunque esto no es suficiente para los lechones que necesitan 7 y 16 mg de Fe diariamente (24).

Por este motivo, se sugiere la suplementación por vía parenteral, entre los primeros días para minimizar la anemia y evitar efectos negativos en el crecimiento, ganancia de peso, y disminución de Hb y Htc (22).

En cuanto a los lechones menores de 24 días, el hierro dietario mejoró los niveles de Hb, debido a que aumenta los niveles de este micro mineral en el torrente sanguíneo, mejora la producción de Hb que facilita el transporte de oxígeno al organismo (25).

Sin embargo, los efectos del Fe dietario en lechones se vieron afectados por la inclusión y edad, debido a que las reservas de micromineral en los lechones disminuyen rápidamente por su acelerado crecimiento, siendo así que los lechones de 7 días tuvieron una mejor concentración de Hb (26). Mientras que, entre los 14 y 24 días, las reservas de Fe disminuyeron rápidamente, reduciendo la Hb (27). Es decir, a medida que crecen requieren más Fe para mantener los niveles de Hb (10).

Asimismo, en lechones destetados, el hierro mejoró la ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia, Htc y Hb. Esto se debió a que el hierro aumenta las reservas hepáticas, promueve la producción de ácido clorhídrico y el desarrollo de microvellosidades, permitiendo la maduración del sistema digestivo y mejorando tanto la digestibilidad de aminoácidos como la absorción de nutrientes, elevando así los niveles de Hb, Htc y el rendimiento productivo (28) (29).

No obstante, se requiere considerar que las dosis excesivas de hierro en la dieta de lechones son perjudiciales para su salud, rendimiento productivo y biodisponibilidad de minerales. Puesto que, alteran el microbiota intestinal, causan infecciones, irritación e incrementan las bacterias en el organismo provocando diarrea. Esto disminuye la ganancia de peso, Htc, consumo, conversión y eficiencia alimenticia y Htc (30) (31).

Además, se ha evidenciado que la interacción antagonista de Fe con P, Ca, Cu, Zn y Mn, inhiben la participación del Fe en el organismo, interfiriendo en su absorción y biodisponibilidad, afectando negativamente a los parámetros productivos (32).

Por otro lado, la duración de días de suplementación de hierro, disminuye la ganancia de peso, consumo, conversión alimenticia, hemoglobina y hematocrito en lechones destetados, sin embargo, no se justifica la razón de estos hallazgos (33).

El último aspecto a destacar acerca del Fe, es que, a

pesar de haber obtenido resultados positivos en los parámetros productivos, en las diferentes categorías de los cerdos, se evidencia una alta heterogeneidad (mayor al 75%) en todas las variables analizadas. Esto se debió al hecho de que los artículos provienen de diferentes años y países, ya que las condiciones y prácticas varían en función del contexto temporal y geográfico (34) (35).

Además, la heterogeneidad puede verse afectada por el nivel y duración de la suplementación de hierro, ya que estos efectos pueden manifestarse de manera distinta en cada etapa de desarrollo (19). Asimismo, cuando las poblaciones de los individuos no son exactamente iguales, ya sea en términos de línea genética o condiciones ambientales (35).

Con respecto al manganeso, se observó que la inclusión de este micromineral en la dieta de cerdos en crecimiento-finalización disminuyó la ganancia diaria de peso (GDP), pero no significativamente. Esto puede deberse a los diferentes niveles de Mn utilizados. Por ejemplo, 16 mg/kg de Mn redujo la GDP y el consumo diario promedio de alimento (CDPA), este nivel fue alto en comparación con las recomendaciones del NRC (36) de 2-4 mg/kg que disminuyen acorde al peso corporal.

Mientras que cuando el Mn es suministrado en cantidades excesivas puede reducir la ingesta, afectar la ganancia de peso y la biodisponibilidad de otros micro minerales, disminuyendo los parámetros productivos (12) (31).

Por otra parte, otros estudios mencionan que la interacción del Mn y Mg favorece la GDP, CDPA, conversión alimenticia (CA) y el rendimiento a la canal (10).

Finalmente, se evidenció un incremento de peso al nacimiento de los lechones y peso promedio al destete. Debido a que el Mn se transfiere fácilmente a través de la placenta, acumulándose en mayor cantidad en el feto y permitiendo tanto su desarrollo como crecimiento fetal (20). Además, estimula el agotamiento de dopamina, aumentando la prolactina y su propia concentración circulante, lo cual incrementa la producción de leche (37).

5. CONCLUSIONES

La inclusión de hierro tiene efecto sobre consumo diario promedio de alimento, conversión alimenticia, ganancia diaria de peso, eficiencia alimentaria y hematocrito en lechones destetados. Además, en lechones de 1 día, favorece la concentración de

hemoglobina y hematocrito. En lechones de 24 días, mejora la concentración de hemoglobina. La inclusión dietaria del manganeso en cerdos en etapa de crecimiento-finalización no favorece el consumo diario promedio de alimento.

7. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Mateos G, García D, Jiménez E. Microminerales en Alimentación de Monogástricos. Aspectos Técnicos y Consideraciones Legales: Asociación Española de Ciencia Avícola ; 2004.
- Sampath V, Sureshkumar S, Seok WJ, Kim IH. Role and functions of micro and macro-minerals in swine nutrition: a short review. *Journal of Animal Science and Technology*. 2023; 65(3): p. 479.
- Huang C, Stein H, Zhang L, Defa Li LC. Concentrations of minerals in pig feed ingredients commonly used in China. *Translational Animal Science*. 2017; 1(2): p. 126-136.
- Hill GM. Sustainable swine nutrition. Second edition ed. Chiba. LI, editor.: John Wiley & Sons Ltd.; 2023.
- Campabadal C. Guía técnica para la alimentación de cerdos: Fundación para el Fomento y Promoción de la Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria ; 2009.
- Rapp C. Mejora optimizada con hierro y zinc en el rendimiento de lechones destetados. *porciNews*. 2021.
- Xing X, Zhang C, Ji P, Yang J, Li Q, Pan H, et al. Effects of Different Iron Supplements on Reproductive Performance and Antioxidant Capacity of Pregnant Sows as Well as Iron Content and Antioxidant Gene Expression in Newborn Piglets. *Animals*. 2023; 13: p. 1-14.
- Li Y, Yang W, Dong D, Jiang S, Yang Z, Wang Y. Effect of different sources and levels of iron in the diet of sows on iron status in neonatal pigs. *Animal Nutrition*. 2018; 4: p. 197-202.
- Szudzik M, Starzyński R, Jończy A, Mazgaj R, Lenartowicz M, Lipiński P. Iron Supplementation in Suckling Piglets: an Ostensibly Easy Therapy of Neonatal Iron Deficiency Anemia. *Pharmaceuticals*. 2018; 11(128): p. 1-18.
- Kerkaert H, Woodworth J, DeRouchey J, Dritz S, Tokach M, Goodband R, et al. Determining the effects of manganese source and level on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs. *Animal Science*. 2021; 5(2): p. 1-7.
- Kim JC, Wilcock P, Bedford MR. Iron status of piglets and impact of phytase superdosing on iron physiology: A review. *Animal Feed Science and Technology*. 2018; 235: p. 8-14.
- Pimentel E, Lozano M, Ramírez G. Pimentel. BM Editores. 2019.
- Palencia J, Lemes M, Garbossa C, Abreu M, Pe-reira L, Zangeronimo M. Arginine for gestating sows and foetal development: A systematic review. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2017;; p. 1-10.
- Rufino R, Cardosa V, Palencia J, Caputo L. Variability of piglet birth weights: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2019;; p. 1-10.
- Bax L. MIX 2.0 - Professional software for meta-analysis in Excel. Version 2.0.1.5. 2016..
- Borenstein M, Hedges L, Higgins J, Rothstein H. Introduction to meta-analysis. 2011.
- Sauvant , D , Schmidely P, St-Pierre N. Meta-analyses of experimental data in animal nutrition. *Animal*. 2008; 2(8): p. 1203-1214.
- Hedges L, Olkin I. Statistical methods for meta-analysis. Segunda ed.; 2014.
- Pineda M, Zapata J. Abordaje práctico de la heterogeneidad en la lectura crítica de revisiones sistemáticas y metanálisis. *Universitas Medica*. 2022; 63(1): p. 1-10.
- Edmunds C, Cornelison A, Farmer C, Rapp C, Ryman V, Schweer W, et al. The Effect of Increasing Dietary Manganese from an Organic Source on the Reproductive Performance of Sows. *Agriculture*. 2022; 12(12): p. 1-16.
- Wan D, Zhang Y, Wu X, Lin X, Shu X, Zhou X, et al. Maternal dietary supplementation with ferrous N-carbamylglycinate chelate affects sow reproductive performance and iron status of neonatal piglets. *Anima*. 2018; 12(7): p. 1372-1379.
- Novais A, Abércio C, Kássia R, Pazinato C, Callegari M, Oliveira E. The effect of supplementing sow and piglet diets with different forms of iron. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2016; 45(10): p. 615-621.
- Barros C, Pascoal L, Watanabe P, Matins T, Andrade T, Ribeiro J. Dietary iron chelate for sows and effects on iron supplementation in piglets.

- Anais da Academia Brasileira de Ciências. 2019; 91(4): p. 1-9.
24. Liu Y, Ma Y, Zhao J, Vazquez M, Stein H. Digestibility and retention of zinc, copper, manganese, iron, calcium, and phosphorus in pigs fed diets containing inorganic or organic minerals. *J ANIM SCI*. 2014; 92: p. 3407-3415.
 25. Quiles A, Hevia M. Anemia de los lechones. Universidad de Murcia. 2003;: p. 1-4.
 26. Knight LC, Dilger RN. Longitudinal effects of iron deficiency anemia and subsequent repletion on blood parameters and the rate and composition of growth in pigs. *Nutrients*. 2018; 10(5): p. 632.
 27. Rincker M, Hill G, Link J, Rowntree J. Effects of dietary iron supplementation on growth performance, hematological. *Journal of Animal Science*. 2004; 82: p. 3189-3197.
 28. Lee S, Shinde P, Choi J, Park M, Ohh S, Kwon K, et al. Effects of Dietary Iron Levels on Growth Performance, Hematological Status, Liver Mineral Concentration, Fecal Microflora, and Diarrhea Incidence in Weanling Pigs. *Biol Trace Elem Res*. 2008; 126(1): p. 57-68.
 29. Martínez A, Chamorro J, Calvo J, Ramon J. Efecto de suplementación mineral en el desempeño productivo de cerdas gestantes y su camada. *Agriculture and Animal Sciences*. 2016; 5(1): p. 1-8.
 30. Ding H, Yu X, Feng J. Iron homeostasis disorder in piglet intestine. *Metallomics*. 2020; 12: p. 1494-1507.
 31. Pallauf J, Kauer C, Most E, Habicht D, Moch J. Impact of dietary manganese concentration on status criteria to determine manganese requirement in piglets. *Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2011;: p. 1-10.
 32. Valenzuela C, Antileo R, Lagos GPA. El cerdo como modelo experimental. *Revista Chilena de Nutrición*. 2015; 42(2): p. 191-198.
 33. Etle T, Schlegel P, Roth F. Investigations on iron bioavailability of different sources and supply levels in piglets. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2007; 92: p. 35-43.
 34. Oliveros H. La heterogeneidad en los metaanálisis, ¿es nuestra mejor aliada? *Rev Colomb Anestesiol*. 2015; 43(3): p. 176-178.
 35. Escrig V, Lluca J, Villach L, Bellver M. Metaanálisis: una forma básica de entender e interpretar su evidencia. *Elsevier*. 2021; 34: p. 44-51.
 36. National Research Council. Nutrient requirements of swine. Onceava ed.: National Academy Press; 2012.
 37. Farmer C. Altering prolactin concentrations in sows. *Domest. Anim. Endocrinol*. 2016; 56: p. 155-164.
 38. Ho Lee Y. An overview of meta-analysis for clinicians. *Korean J Intern Med*. 2018; 33(2): p. 277-283.