



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS

**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE HIERRO PARENTERAL
VERSUS ORAL SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE CERDOS
NEONATOS**

Gianfranco Lagos Alvarez

Memoria para optar al Título
Profesional de Médico Veterinario
Departamento de Fomento de la
Producción Animal

PROFESOR GUÍA: CAROLINA PAZ VALENZUELA VENEGAS

Inserción de Capital Humano Avanzado en la Academia 7912010043

SANTIAGO, CHILE
2015



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS

**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE HIERRO PARENTERAL
VERSUS ORAL SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE CERDOS
NEONATOS**

Gianfranco Lagos Alvarez

Memoria para optar al Título
Profesional de Médico Veterinario
Departamento de Fomento de la
Producción Animal

NOTA FINAL:

FIRMA

PROFESOR GUIA: DRA. CAROLINA VALENZUELA.

PROFESOR CORRECTOR: DRA. TAMARA TADICH.

PROFESOR CORRECTOR: DR. RIGOBERTO SOLÍS.

SANTIAGO, CHILE
2015

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA

A la Dra. Carolina Valenzuela, por jugar un verdadero rol de guía en este proceso y por su completa disposición.

A la Dra. Tamara Tadich, por su buena disposición en cada momento que le solicité su ayuda y por cooperar facilitando su oficina como espacio de trabajo.

A los profesores y profesoras que de una u otra forma cooperaron respondiéndome alguna duda o reuniéndose conmigo para comentar el estudio.

Al Proyecto de desarrollo social y agropecuario TVV, por permitirme formar parte de su equipo organizador y por todas las experiencias vividas durante estos años.

A todos y todas que de una u otra manera, directa y/o indirectamente, aportaron un granito de arena para cumplir con esta etapa.

Y finalmente a mi familia por su apoyo incondicional y compañía en todo momento de la vida.

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de la suplementación de hierro (Fe) vía parenteral *versus* oral sobre el comportamiento de cerdos neonatos. Se utilizaron 44 lechones de 24 horas de vida, de peso entre 1,5 a 1,7 kg, similar proporción machos y hembras (50:50), provenientes de hembras entre tercer y cuarto parto, los cuales fueron aleatoriamente distribuidos en dos grupos de tratamiento, el grupo parenteral (22 lechones, 2 camadas de 11 lechones), y el grupo oral (22 lechones, 2 camadas de 11 lechones). Se observaron un total de 8 comportamientos (amamantamiento, interacción positiva, de pie, sentado, reposo, locomoción normal, exploración y fuera de vista), utilizando muestreo de barrido con registro instantáneo cada 150 segundos, en dos periodos, un periodo de 3 horas previas a la suplementación con Fe y un periodo de 3 horas posteriores a ésta. Cada periodo dio un total de 77 puntos muestrales, se registró la conducta de cada lechón en una planilla de registro, para posteriormente analizar los datos mediante una prueba de Wilcoxon ($p < 0,05$) para las diferentes conductas entre los grupos de tratamiento y una prueba de Kruskal Wallis ($p < 0,05$) para comparar diferencias entre horas. Los principales comportamientos de los lechones para ambos grupos de tratamiento fueron reposo con un promedio del presupuesto de tiempo de 46% (parenteral) y 42% (oral), seguido de amamantarse con 25% (parenteral) y 28% (oral). Sólo en los comportamientos reposo y fuera de vista se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre ambos tratamientos posterior a la suplementación de Fe. En conclusión, las conductas más frecuentes fueron reposo y amamantarse; para la conducta reposo, las diferencias significativas entre tratamientos se presentaron solo durante la primera hora posterior a la suplementación y para la conducta fuera de vista solo hasta las 2 horas posteriores a la suplementación. No se recomienda la aplicación oral del suplemento de Fe en la etapa de lactancia de cerdos neonatos, por afectar una de las conductas más frecuente, el reposo.

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the effect of parenteral *versus* oral iron (Fe) supplementation on the behavior of piglets. In this study 44 piglets, 24 hours old, weighing between 1.5 to 1.7 kg, were used equal male and female ratio (50:50), derived from sows between third and fourth birth which were randomly divided into two groups, the parenteral group (22 piglets, 2 litters of 11 piglets), and the oral group (22 piglets, 2 litters of 11 piglets). A total of 8 behaviors (suckling, positive interaction, standing, sitting, rest, normal locomotion, exploration and out of sight) were observed using scan sampling with instantaneous recording every 150 seconds, in two periods, a period of 3 hours before supplementation with Fe and a period of 3 hours after this. Each period gave a total of 77 sample points, the behavior of each piglet was documented in a registration form and all data was later analyzed using a Wilcoxon test ($p < 0.05$) for the different behavior between the treatment groups and Kruskal Wallis test ($p < 0.05$) to compare differences between hours. The main behaviors of piglets for both treatment groups were rest with an average time budget of 46% (parenteral) and 42% (oral), followed by 25% suckling (parenteral) and 28% (oral). Only behaviors rest and out of sight significant differences ($p < 0.05$) between the two treatments subsequent to supplementation Fe were found. In conclusion, most behaviors are performed by rest and suckling piglets; for rest behavior, significant differences between treatments were presented only during the first hour after supplementation and behavior out of sight only until 2 hours after supplementation. The oral Fe supplementation is not recommended in lactation stage of newborn pigs, because it affects one of the most common behaviors, the rest.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el bienestar es un factor importante dentro de la producción animal, ya que repercute sobre los parámetros productivos y el estado sanitario de los animales, además de ser un tema relevante en la elección de productos comestibles por parte de los consumidores. En producciones intensivas de cerdos varias conductas sociales e individuales se pueden ver restringidas. La ausencia o disminución de conductas tales como hozar, girar, revolcarse, morder, y establecer interacciones sociales puede causar diversos problemas de bienestar y salud, principalmente debido a la reducción de espacios y pobre estimulación ambiental, entre otras causas (Arnold-Meeks y McGlone, 1986; Spinka, 2009). El estrés que se puede generar en los cerdos puede traer consecuencias sobre su rendimiento productivo tales como una disminución en el consumo de alimento, lo cual se refleja en la baja de peso de los animales, disminución de la eficiencia productiva, deterioro físico, menor calidad de carne y aumento de la susceptibilidad a diversas enfermedades (Grandin, 1998).

Como eventos estresantes en los cerdos neonatos se pueden mencionar la gran cantidad de manejos realizados en un corto período (1 a 3 días) después del nacimiento. Algunos de estos manejos son destinados a disminuir posibles agresiones entre animales como: el corte de cola y colmillos, y castración. Otros manejos se realizan a esta edad para controlar la producción y prevenir eventos infecciosos o deficiencias nutricionales como: identificación con crotales o tatuajes, administración de antibióticos y suplementos nutricionales, y aplicación parenteral de Fe dextrano (Marchant-Forde *et al.*, 2014). Esto último debido a que los cerdos lechones presentan anemia por deficiencia de Fe de manera habitual, lo que tiene como consecuencias productivas un desarrollo deficiente, obteniendo animales de menor peso, con un mayor índice de conversión alimentaria, junto a una mayor predisposición a infecciones y diarreas. Todo esto puede terminar en la muerte repentina

del animal, pudiendo ser responsable de hasta un 10% de la mortalidad pre-destete, si los animales no son suplementados (Lipiński *et al.*, 2010). Debido a esto se administra generalmente una única dosis de 200 mg Fe dextrano i.m, aplicada los primeros días después del nacimiento. Esta vía de administración posee diversas desventajas como la necesidad de trabajadores capacitados para su aplicación, e insumos como jeringas, algodón, desinfectantes, agujas, que aumentan los costos de producción. Además, se pueden generar infecciones si el procedimiento no se realiza asépticamente, puede dañarse algún tejido o nervio de la zona si no se realiza una buena sujeción del animal en la aplicación (Alonso-Spilsbury *et al.*, 2003), y puede generar toxicidad aguda debido a que el Fe es un mineral tóxico en exceso y con alta capacidad de generar estrés oxidativo (Lipiński *et al.*, 2010). Finalmente, la administración i.m puede generar problemas de bienestar debido al dolor agudo que genera la aplicación, pero también el estrés del procedimiento (Marchant-Forde *et al.*, 2014; Muir, 2008), la posible formación de abscesos, heridas, sangrado, fibrosis y necrosis, entre otros (Rodger y King, 2000). Cualquiera de estas lesiones dificulta la actividad normal de los lechones que puede incidir en una reducción de los parámetros productivos y detrimento de su bienestar. Por ejemplo, podría alterar su conducta de juego, que sirve al animal para ejercitarse, y a su vez también es un importante indicador de bienestar, que se observa cuando el animal no tiene hambre, dolor, estrés o miedo (Spinka, 2009).

Otra alternativa de administración del Fe en lechones es por vía oral, principalmente en la forma de Fe no-hemínico (sales inorgánicas de Fe) como: pastas orales, incorporación de sulfato ferroso en la ración, solución de sales férricas en los pezones de la madre, acceso a tierra con alto contenido de Fe, y otras (Quintero-Gutierrez *et al.*, 2005; Marchant-Forde *et al.*, 2009; Dal Masetto *et al.*, 2012). Sin embargo, en la actualidad no son comúnmente utilizadas debido al poco éxito que han demostrado en la prevención de la anemia por deficiencia de Fe (Kegley *et al.*, 2002; Dal masetto *et al.*, 2012), por su baja biodisponibilidad y poca expresión de receptores y transportadores de Fe no-hemínico durante la primera semana de los cerdos neonatos (Lipiński *et al.*, 2010). Además, el alto número de dosis y repeticiones que se necesitan entregar (diarias o cada 2 días) para tener un efecto hemático, y la necesidad de capacitar al personal para la entrega de un

suplemento oral (Zimmermann, 1995). El cerdo consume Fe no-hemínico a través de la leche en las tres primeras semanas de vida, y después del destete (21 a 28 días de edad) en la ración. Este tipo de Fe se encuentra en los alimentos de origen vegetal y lácteos, y tiene baja biodisponibilidad, ya que su absorción se ve influenciada por una gran cantidad de factores dietarios como: fibra, fosfatos, taninos, polifenoles, fitatos, y minerales como zinc, cobre y calcio (Henry y Miller, 1995; Stahl *et al.*, 1999). Además de una deficiencia en la maquinaria molecular encargada de la absorción y transporte de esta forma de Fe a nivel intestinal en el lechón, específicamente del transportador de metales divalentes (DMT1) y del exportador ferroportina, los cuales no se expresan hasta el día 4 después del nacimiento (Lipiński *et al.*, 2010). Existe otra forma de Fe contenida en los alimentos de origen animal, es la llamada Fe hemínico, que forma el grupo hemo en la hemoglobina, mioglobina y otras hemoproteínas. Esta forma de Fe generalmente no está presente en la dieta de los cerdos, sin embargo, cuando se utiliza harina de sangre, de carne, de vísceras o sus mezclas en la formulación de las dietas de cerdos destetados se puede encontrar Fe hemínico en una baja proporción (DeRouchey *et al.*, 2003). El Fe hemínico presenta mayor biodisponibilidad en lechones que el Fe no-hemínico (Pfau *et al.*, 1977; Quintero-Gutierrez *et al.*, 2008), ya que casi no es afectado por factores que disminuyen su absorción, con excepción del calcio, cuyo rol es controversial (Henry y Miller, 1995). Incluso se ha descrito en cerdos que alimentos como la carne con un alto contenido de Fe hemínico puede potenciar la absorción del Fe no-hemínico (South *et al.*, 2000). Hay pocos estudios en los cuales se haya utilizado Fe hemínico para suplementación oral de lechones. Quintero-Gutierrez *et al.* (2008) describieron que la forma hemínica en cerdos destetados mejoró los parámetros hematológicos y productivos en comparación al sulfato ferroso.

Para superar las debilidades que presenta la suplementación oral de Fe, es posible utilizar una tecnología emergente en nutrición animal, llamada micro-encapsulación de Fe, que podría contribuir a disminuir las interacciones del Fe no-hemínico a través del paso por el tracto gastrointestinal. A través de esta técnica de micro-empaquetamiento con polímeros naturales o sintéticos, se logra proteger al Fe, disminuyendo su precipitación e insolubilización en estómago e intestino delgado, decrecer la interacción con factores dietéticos que inhiben su absorción, y también generar micropartículas que liberen el Fe de

forma sostenida en el tiempo y a nivel duodenal (Zimmermann, 2004). Otra ventaja de esta técnica es que se puede generar un suplemento que combine ambas formas de Fe encapsuladas, en donde la forma hemínica podría potenciar la absorción del Fe no-hemínico. Aunque esta tecnología ha sido ampliamente usada en nutrición humana y animal (Yuan *et al.*, 2013; Underwood y Van Eps, 2012; Zimmerman, 2004), hasta la fecha, y según nuestro conocimiento, no hay antecedentes de su utilización y aplicación en suplementos orales de Fe para cerdos. Por otra parte, aunque existen varios estudios acerca de la respuesta fisiológica de los parámetros de nutrición de Fe de los cerdos lechones frente a la administración de suplementos orales de Fe no-hemínico (Brown *et al.*, 1996; Zimmerman, 1995), la información sobre los efectos de este tipo de suplementación sobre el comportamiento y bienestar de lechones son escasos. La información existente se centra en la medición de las vocalizaciones y hormonas relacionadas al estrés, pero no a otras variables del comportamiento del animal (Marchant-Forde *et al.*, 2009; Marchant-Forde *et al.*, 2014). Por tanto, el objetivo de la presente memoria de título fue determinar el efecto de la suplementación de Fe parenteral *versus* oral sobre el comportamiento de cerdos neonatos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Lugar

El presente estudio se realizó en una granja comercial llamada Comercial e Industrial El Monte S.A ubicado en la localidad de El Monte perteneciente a la Región Metropolitana, Chile.

Suplemento de Fe parenteral

Se utilizó una dosis única de 200 mg de Fe dextrano 10% i.m (Veterquímica®), que es lo que comúnmente se utiliza en el criadero. Esta dosis fue administrada por personal del criadero que cuenta con 24 años de experiencia.

Suplemento de Fe oral

El suplemento de Fe oral fue generado con anterioridad en el Laboratorio de Nutrición Animal de FAVET. Este suplemento combina dos tipos de Fe encapsulados individualmente; como fuente de Fe hemínico se utilizó eritrocitos de cerdo atomizados (Lican Alimentos S.A) y como fuente de Fe no-hemínico se usó sulfato ferroso (Merk S.A). Para la encapsulación se preparó una solución de maltodextrina (Prinal S.A) al 40% p/v en agua destilada, en la cual se dispersaron 30 g de cada uno de los materiales núcleo/100 mL de solución de maltodextrina. Luego estas dispersiones fueron atomizadas (Spray drying mobile minor Gea Niro, MAP Chile SPA). A cada forma de Fe encapsulada por separado se le determinó el contenido de Fe total según AOAC (1996) por espectrofotometría de absorción atómica (GBC modelo 905AA, Australia). Ambos productos se mezclaron en dosis determinadas para cubrir las necesidades de los lechones descritas por el NRC (2012) para el período de lactancia (21 días), y fueron suspendidos en agua desionizada, a 2 mL (dosis que pueden ingerir los lechones al nacimiento sin mostrar problemas de deglución). Estos requerimientos se sobreestimaron en un 20% para contrarrestar pérdidas provocadas

por devolución del producto por parte del lechón, resultando el contenido total de Fe suplementado a cada individuo en una cantidad de 252 mg de Fe total/cerdo. Las entregas de las dosis se realizaron con una jeringa de 20 mL a la cual se le colocó una cánula larga curvada que evita la devolución del producto por parte de los lechones.

Cámaras de video

Cuatro cámaras de video infrarrojas dobles (modelo IM-CIR50600NS) fueron instaladas una para cada jaula y cada una conectada a una unidad DVR (digital video record) donde se almacenó la información (Figura 1) en una visita previa al plantel (48 h antes del parto), esto para que el proceso de instalación no alterara la conducta normal de la madre, ni de los lechones, ya sea en el parto o en el comportamiento posterior a este. La ubicación de las cámaras fue por fuera de la jaula de parición, en un punto equidistante al ancho de esta, a una altura de 2,1 m, para tener una visibilidad del sector donde se encuentran los lechones a ambos lados de la madre. Las cámaras comenzaron con el modo de grabación 3 h antes de la suplementación y hasta 3 h después de ésta. Los registros de video fueron descargados desde la unidad DVR a un disco duro externo de 1 terabyte para tener un respaldo de la información y luego fueron copiados a un computador para su posterior análisis a través del software Observer XT 2011 de Noldus®.

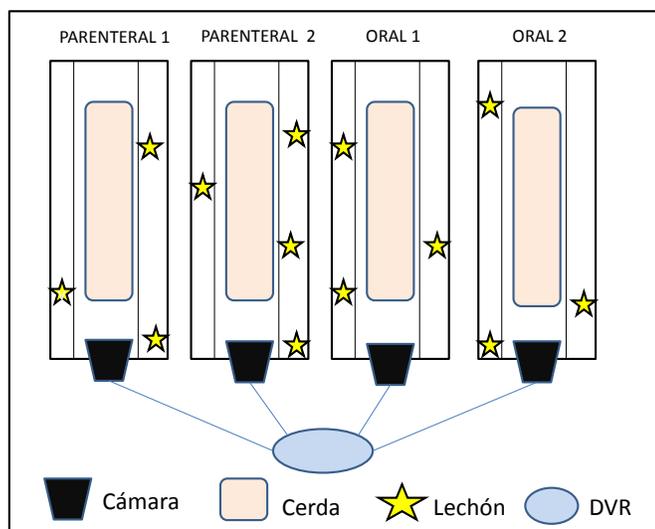


Figura 1. Posición de cámaras en jaula de parición.

DVR: Grabador de video digital

Animales y diseño experimental

Este estudio fue aprobado por el Comité de Bioética de FAVET. Se utilizaron 44 cerdos neonatos machos y hembras, en proporciones similares (50:50), que pesaron entre 1,5 a 1,7 kg, y que nacieron el mismo día, pertenecientes a distintas madres entre tercer y cuarto parto, las cuales estaban alojadas en jaulas parideras individuales. El día 1 (nacimiento) se realizó el corte y desinfección del cordón umbilical, pesaje de los lechones para saber si estaban dentro del rango aceptado para el experimento, de lograr el peso requerido se distribuyeron de forma aleatoria a una de las 4 jaulas para conformar los 2 grupos de tratamiento, de 2 camadas cada uno con 11 lechones cada camada.

1. Grupo parenteral (N=22): Al día 2 después del nacimiento se realizó la aplicación de 200 mg de Fe dextrano i.m. Se inyectó con jeringas de 3 mL con agujas 21G, en la zona de los glúteos.

2. Grupo oral (N=22): Al día 2 después del nacimiento se realizó la aplicación del suplemento oral de Fe.

Análisis conductual

El material obtenido por las cámaras se analizó con el software anteriormente descrito. Se observaron los comportamientos de las 3 h previas y posteriores a la aplicación del suplemento de Fe. Se realizó una revisión del video en base al etograma de la Tabla 1, el cual se definió a través de una revisión de la literatura relacionada tanto a comportamiento normal de cerdos como a comportamiento asociado a estrés. El análisis se realizó con el método de muestreo por barrido con registro instantáneo en el tiempo cada 150 segundos descrito por Martin y Bateson (1993). Con un total de 144 puntos muestrales, 77 previos a la suplementación y 77 posteriores a la misma. Se analizó la camada completa, registrando el comportamiento de cada uno de sus integrantes en cada uno de los puntos muestrales, el registro fue llevado en un documento del programa Excel de Microsoft Office. Con las

frecuencias de presentación de cada comportamiento obtenido luego del periodo de observación se realizó una estimación del tiempo de dedicación a cada actividad registrada.

Tabla 1. Etograma desarrollado para cerdos neonatos en sistema intensivo de producción. Adaptado de Morrison *et al.* (2003) y Fraser y Broom (1998).

Conductas	Descripción
Mantención	
Amamantamiento	Hocico en glándula mamaria de madre para succionar leche.
Sociales	
Interacción positiva	La nariz de un cerdo se acerca a 5 cm de cualquier parte del cuerpo de otro cerdo (detrás de los oídos, nariz, hocico, flanco, cola) y hace contacto físico; Cualquier conducta de juego, como: correr, saltar, girar con otro, etc., establecida entre los cerdos, con la madre o con parte de las partes de la jaula.
Posturas	
De pie	El cerdo está en posición vertical sobre las cuatro patas. El cerdo puede estar estacionario o en movimiento.
Sentado	El cerdo está en posición vertical, con sus patas traseras dobladas de tal manera que el soporte del peso está sobre sus cuartos traseros y tiene sus patas delanteras rectas.
Reposo	El cerdo esta reclinado sobre su vientre (decúbito esternal) o de lado (decúbito lateral).
Locomoción	
Locomoción normal	Movimiento en alguna dirección. Los cuatro miembros están involucrados.
Exploración	El cerdo se encuentra en movimiento explorando cualquier superficie del entorno físico, pudiendo tener contacto táctil entre su hocico y un objeto.
Otras	
Fuera de vista	Individuo fuera del campo visual de la cámara.
Otros comportamientos	Cualquier conducta no incluida en el etograma.

Análisis estadístico

Se analizaron las diferentes conductas por cada hora de observación previas (H-3, H-2, H-1), y posteriores (H1, H2 y H3) a la suplementación con Fe entre los 2 tratamientos (oral y parenteral), aplicando una prueba de Wilcoxon ($p < 0,05$). Luego se utilizó una prueba de

Kruskal Wallis y comparación de múltiples rangos para comparar diferencias entre horas ($p < 0,05$). Todos los análisis fueron procesados con el programa Statistix 8.

RESULTADOS

Presupuestos de tiempo

En la Tabla 2 se muestran los porcentajes de presupuestos de tiempo para el grupo parenteral y oral de todas las conductas analizadas para las 3 horas previas y posteriores a la suplementación. También se muestran sus promedios. Las conductas con mayor dedicación de tiempo obtenido por los cerdos neonatos del grupo parenteral fueron: 46% reposo y 25% amamantamiento. Las dos conductas a las que menos dedicaron tiempo fueron: 0,7% de pie y 0,06% sentado. Por otro lado, para el grupo oral las conductas que ocuparon un mayor porcentaje de tiempo por los cerdos neonatos del grupo oral fueron: 42% reposo y 28% amamantamiento. Las dos conductas a las que menos dedicaron tiempo fueron: 0,4% interacción positiva y 0,2% sentado.

Tabla 2. Porcentaje de presupuesto de tiempo para las conductas del grupo parenteral y oral, previo (pre), y posterior (post) a la suplementación con Fe, y expresado como promedio (P).

Conductas	Parenteral			Oral		
	Pre (%)	Post (%)	P (%)	Pre (%)	Post (%)	P (%)
Fuera de vista	27	20	24	24	27	25
Exploración	1	1	1	0,5	2	1
Locomoción normal	0,4	3	2	2	2	2
De pie	0,7	0,7	0,7	1	1	1
Sentado	0,06	0,06	0,06	0,2	0,2	0,2
Reposo	44	49	46	38	46	42
Interacción positiva	0,9	2	1	0,3	0,4	0,4
Amamantamiento	25	25	25	34	22	28
Total	100	100	100	100	100	100

Tiempo de dedicación a cada comportamiento

En la Figura 2 se presenta la conducta de amamantamiento de los cerdos lechones 3 horas previas y posteriores a la suplementación oral y parenteral de Fe. Se observa que en la hora H-2 y H-1 los cerdos del grupo oral presentaron significativamente mayor tiempo dedicado a amamantarse. Entre horas para el grupo oral se observó que la conducta de amamantamiento en la hora previa a la suplementación con Fe fue significativamente superior a la H2 y H3 posterior al tratamiento.

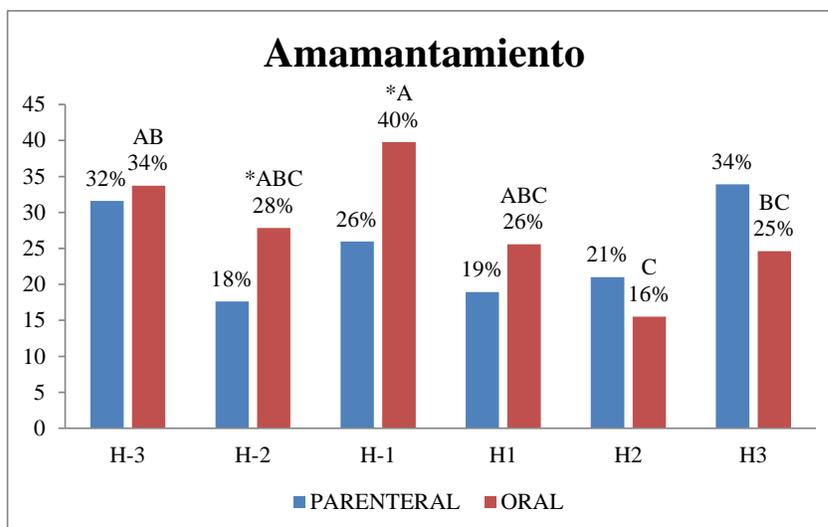


Figura 2. Porcentaje de tiempo dedicado a la conducta de amamantamiento de cerdos lechones (N=44) 3 horas antes y después de la aplicación de las distintas formas de suplementación de Fe.

*Indica diferencias significativas entre grupos de tratamiento por cada hora de observación (Wilcoxon, $p < 0,05$). Letras distintas indican diferencias significativas dentro de tratamiento entre horas (Kruskal Wallis, $p < 0,05$).

En la Figura 3 se presenta la conducta de reposo de los cerdos lechones 3 horas previas y posteriores a la suplementación oral y parenteral de Fe. Se observa que solamente en la hora H1 los cerdos del grupo oral presentaron un significativamente menor porcentaje de su presupuesto de tiempo dedicado a estar en reposo frente al grupo parenteral. Al comparar entre las distintas horas para el grupo oral se observó que el porcentaje del presupuesto de tiempo que dedicaron a estar en reposo la hora H-1 fue significativamente inferior a la H2 y H3 posterior a la suplementación.

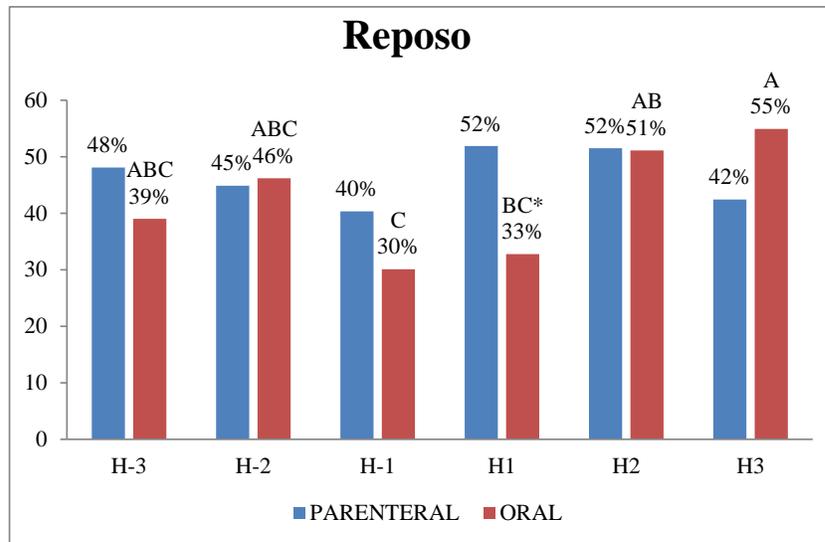


Figura 3. Porcentaje de tiempo dedicado a la conducta reposo de cerdos lechones (N=44) 3 horas antes y después de la aplicación de las distintas formas de suplementación de Fe.

*Indica diferencias significativas entre grupos de tratamiento por cada hora de observación (Wilcoxon, $p < 0,05$). Letras distintas indican diferencias significativas dentro de tratamiento entre horas (Kruskal Wallis, $p < 0,05$).

En la Figura 4 se observa la conducta de pie de los cerdos lechones 3 horas previas y posteriores a la suplementación oral y parenteral de Fe. Al comparar los presupuestos de tiempo para esta conducta entre los dos tratamientos, se encontraron diferencias significativas en H-2, donde el grupo parenteral ocupa un mayor porcentaje del presupuesto de tiempo en estar de pie que el grupo oral. Entre horas no se observaron diferencias significativas en ninguno de los dos tratamientos.

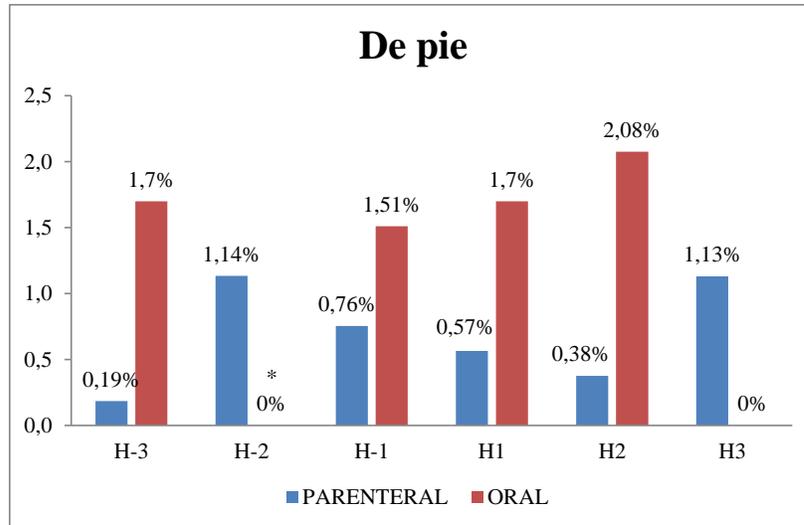


Figura 4. Porcentaje de tiempo dedicado a la conducta de pie en cerdos lechones (N=44) 3 horas antes y después de la aplicación de las distintas formas de suplementación de Fe.

*Indica diferencias significativas entre grupos de tratamiento por cada hora de observación (Wilcoxon, $p < 0,05$).

En la Figura 5 se observa que al comparar entre tratamientos en la hora H-2 y H-1 los cerdos del grupo oral presentaron un porcentaje de su presupuesto de tiempo significativamente menor para la conducta de fuera de vista. Por otro lado en las horas H1 y H2, el porcentaje del presupuesto de tiempo que ocupó el grupo oral fuera de vista fue significativamente mayor ($p < 0,001$) que el grupo parenteral. Entre horas para el grupo oral se observó que estar fuera de vista en la primera hora del estudio (H-3) fue significativamente superior a H3 pero a la vez significativamente menor que en H2 .

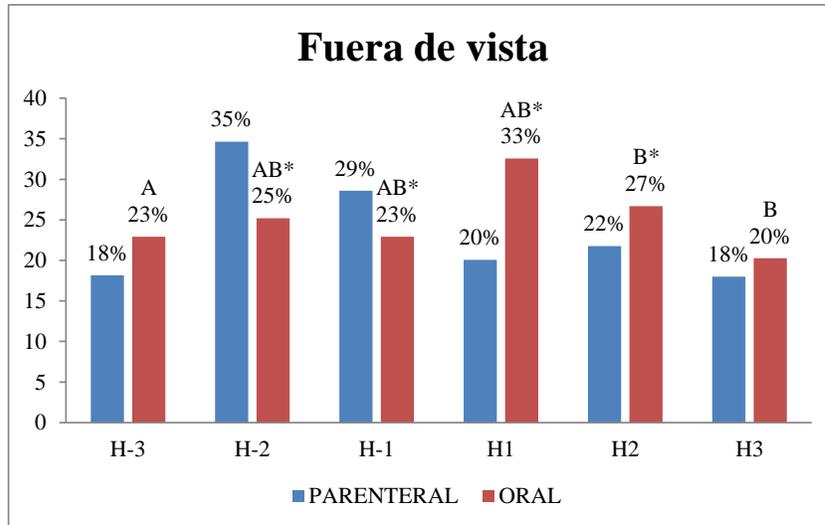


Figura 5. Porcentaje de tiempo dedicado a la conducta fuera de vista de cerdos lechones (N=44) 3 horas antes y después de la aplicación de las distintas formas de suplementación de Fe.

*Indica diferencias significativas entre grupos de tratamiento por cada hora de observación (Wilcoxon, $p < 0,05$). Letras distintas indican diferencias significativas dentro de tratamiento entre horas (Kruskal Wallis, $p < 0,05$).

A continuación en la Figura 6, 7, 8 y 9 se muestran los porcentajes de los presupuestos de tiempo de las conductas: interacción positiva, sentado, exploración y locomoción normal, respectivamente. Al realizar la comparación entre tratamientos y entre las distintas horas para cada tratamiento no se encontraron diferencias significativas para ninguna de estas 4 conductas.

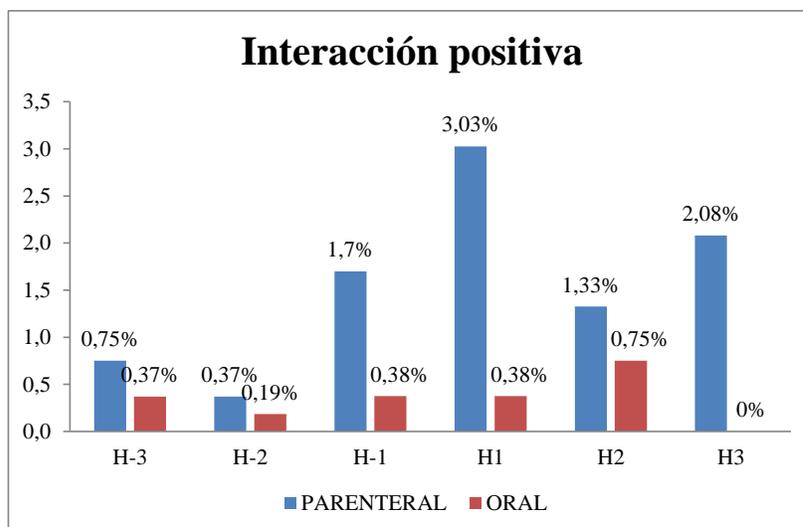


Figura 6. Porcentaje de tiempo dedicado a la conducta de interacción positiva de cerdos lechones (N=44) 3 horas antes y después de la aplicación de las distintas formas de suplementación de Fe.

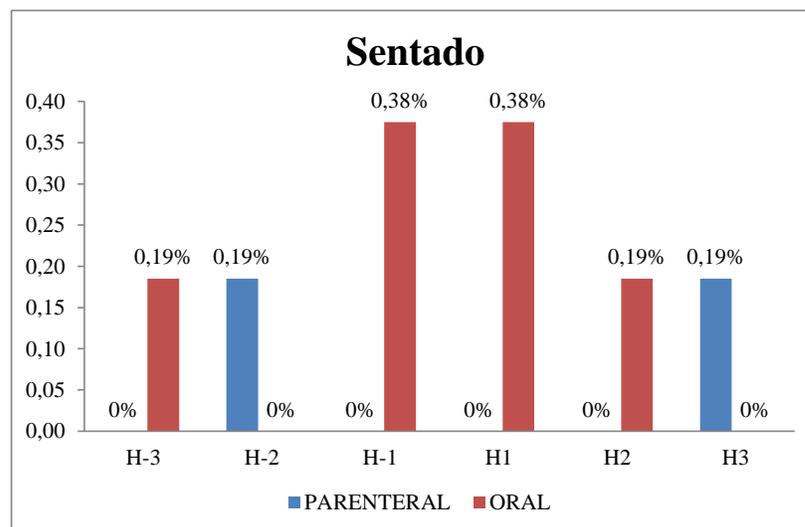


Figura 7. Porcentaje de tiempo dedicado a la conducta sentado para cerdos lechones (N=44) 3 horas antes y después de la aplicación de las distintas formas de suplementación de Fe.

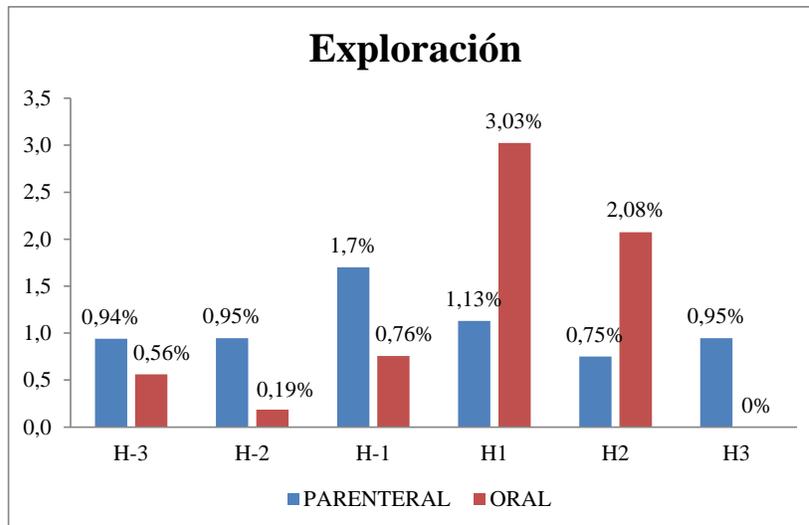


Figura 8. Porcentaje de tiempo dedicado a la conducta de exploración en 3 horas antes y después de la aplicación de las distintas formas de suplementación de Fe.

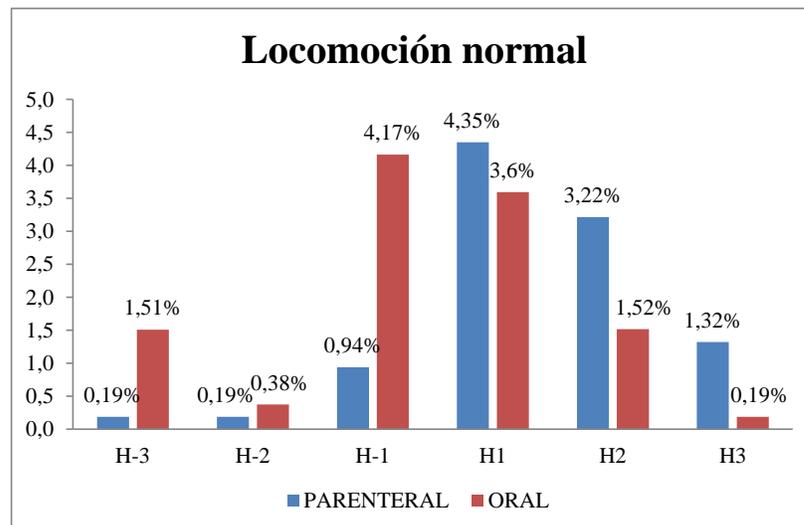


Figura 9. Porcentaje de tiempo dedicado a la conducta de locomoción 3 horas antes y después de la aplicación de las distintas formas de suplementación de Fe.

DISCUSIÓN

Dentro de los procedimientos rutinarios en la industria porcina actual (corte de cola, corte de colmillos, administración de antibióticos y suplementos, identificación y castración), ha existido un creciente interés por conocer los efectos de estos procedimientos. Primero fue por un tema netamente productivo, con estudios de ganancia de peso diaria, de morbilidad, indicadores de salud animal (Ulrey *et al.*, 1959; Wang y Kim, 2012). Unos años más tarde estas mismas intervenciones se estudiaron también para conocer su efecto sobre el bienestar de los animales, lo que se tradujo en datos sobre los niveles hormonales asociados al estrés, descripción de las vocalizaciones, conductas (Brown *et al.*, 1996; Taylor y Weary, 2000; Rault *et al.*, 2011). Pero siempre enfocados en los procedimientos que se pueden percibir por el humano como más invasivos para el animal, principalmente la castración, corte de cola y de colmillos.

En el presente estudio centrado en el comportamiento de los lechones asociado a diferentes vías de administración del suplemento de Fe, los cerdos lechones ocuparon los mayores porcentajes de su presupuesto de tiempo en las conductas de amamantamiento y estar en reposo. Estas dos conductas son las que se presentan con más frecuencia en los cerdos neonatos en esta etapa, donde pueden tomar más del 70% del presupuesto de tiempo diario (Alonso, 2004; Fraser, 1984; Fraser y Broom, 1998). Ekesbo (2011) concuerda con que la alimentación es uno de las conductas que más realizan los cerdos lactantes, pero con un porcentaje del presupuesto de tiempo mayor que lo descrito en este experimento (52%), similar a lo descrito por Alonso (2004), donde los lechones dedicaban el 50% de su presupuesto de tiempo para amamantarse, además agrega que la camada lo hace sincronizadamente, ya que es un comportamiento social, o sea se ve incentivado y motivado por influencias del grupo, hecho que fue reafirmado por Spinka (2009). Conforme los lechones van creciendo, la duración de los episodios de amamantamiento disminuye. Una vez establecida la dinámica de lactancia de la camada (24 a 48 horas luego

de nacer), el amamantamiento se puede dar en intervalos de 29 a 96 min (Drake *et al.*, 2008; Houpt, 2010; Jensen *et al.*, 1991; Spinka *et al.*, 1997; Wechsler y Brodmann, 1996).

La conducta de reposo fue la que presentó el mayor tiempo de dedicación. Esto coincide con reportes que describen al cerdo neonato como el animal de granja que más descansa, lo que suelen hacer de forma sincronizada y periódica (al igual que la conducta de amamantamiento), pudiendo destinar 19 horas diarias para esta conducta (Alonso, 2004; Fraser, 1984; Fraser y Broom, 1998). Los lechones en sus primeros días de vida pueden quedarse dormidos sobre la glándula mamaria o a su lado (Haupt, 2010). Leslie *et al.* (2010) describió en un experimento realizado con 120 lechones un presupuesto de tiempo para la conducta de descanso, de un 51% (en un período de observación de 3 horas), que fue la conducta más observada en estos animales, que es levemente superior a los descrito en el presente estudio (42%).

La diferencia en el mayor porcentaje para la conducta reposo del grupo parenteral *versus* el grupo oral en H1, encontrado en el presente estudio podría deberse al estado en el que quedaban los lechones al recibir la suplementación oral, donde se mantenían de pie, boqueando y moviendo la lengua, mordiendo y buscando la viruta del suelo, posiblemente por el sabor metálico desagradable que se describe del suplemento de Fe, especialmente del sulfato ferroso (Hooser, 2012; Hurrell, 2002; Lym y Lawless, 2005; Stevens *et al.*, 2006). A pesar que ambas formas de Fe entregadas en el suplemento oral para los lechones se encontraban encapsuladas y esta técnica, se ha descrito disminuye los sabores y características organolépticas desagradables generados por el Fe (Hurrell, 2002; Li *et al.*, 2014), la dosis utilizada en la presente investigación para cubrir los requerimientos de Fe de los lechones en este periodo es bastante alta, por lo que a pesar de estar encapsulado el sabor metálico aún está presente. Por este motivo, minutos posteriores a la suplementación con Fe los lechones se encontraron preocupados principalmente de lo que tenían en su hocico que de volver a su comportamiento normal como reposar o amamantarse. Esto también podría explicar el aumento y máximo alcanzado en el porcentaje del presupuesto de tiempo para la conducta de exploración posterior a la suplementación del grupo oral.

En las conductas amamantamiento, fuera de vista y de pie se encontraron diferencias significativas entre los grupos de tratamiento, pero en las horas previas a la suplementación, por lo que la entrega oral no tuvo influencia en estas conductas. Las distintas camadas de ambos tratamientos fueron conformadas homogéneamente, contando con lechones nacidos el mismo día, en el mismo galpón, bajo las mismas condiciones, y los grupos fueron conformados en similares proporciones de machos y hembras (50:50 aproximadamente), y los grupos fueron de pesos homogéneos ($1,61 \pm 0,08$ kg para el grupo parenteral y $1,62 \pm 0,09$ kg para el oral). Todos los animales también tuvieron los mismos manejos (pesaje, corte de cola, administración de antibiótico, etc.), exceptuando el suplemento de Fe que recibieron. El estudio se realizó filmando a todos los lechones al mismo tiempo, en el mismo horario del mismo día. Por lo que quizás estas diferencias significativas entre tratamientos previas a la suplementación se debieron a la cantidad de lechones utilizados. Posiblemente, si el número de individuos del experimento fuese mayor, estos resultados hubiesen sido más balanceados y las diferencias previas podrían desaparecer. Una propuesta de estudio futuro sería el analizar el material obtenido de las cámaras con un registro continuo y así conseguir los presupuestos de tiempo verdaderos para cada conducta y poder compararlas con el presente estudio.

Para la conducta fuera de vista, se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para H-2, H-1, H1 y H2, las cuales se podrían atribuir a la cantidad de cámaras utilizadas en el experimento, ya que al usar solamente una cámara por camada en cada jaula paridera, se perdían de vista varios lechones en los puntos muestrales, ya que a pesar de que el campo visual de la cámara abarcaba en su totalidad la jaula paridera, los lechones muchas veces se acostaban a dormir o reposar muy apegados entre ellos, para aumentar la temperatura corporal, lo que es común en los cerdos en esta etapa (Herpin *et al.*, 2002), por lo que varios quedaban fuera de vista. En la conducta de amamantamiento se observó la misma situación. Además, en algunos momentos la cerda al levantarse obstaculizaba la visión de algunos lechones por lo que se debían registrar también en la conducta fuera de vista. Esto se vio aumentado, al momento de realizar la aplicación del suplemento de Fe oral, ya que la sujeción de los cerdos y la aplicación del suplemento, fue realizada por 3 personas (entre ellos 2 personas totalmente desconocidas para la madre), lo que pudo haber generado algún

grado de nerviosismo en ella. Esto ocasionó que la cerda se pusiera de pie por mayor tiempo, lo que aumentó el porcentaje del presupuesto de tiempo de la conducta fuera de vista posterior a la suplementación. Ambas situaciones podrían explicar el alto porcentaje ocupado del presupuesto de tiempo para esta conducta en cada una de las horas analizadas y las diferencias significativas entre tratamientos que resultaron en las horas previas y posteriores a la suplementación con Fe.

En lo que respecta a la conducta de pie y locomoción normal, Leslie *et al.* (2010) reportaron presupuestos de tiempo de 9% y 7% para cada conducta, respectivamente, los cuales fueron mayores a los obtenidos en este estudio, pero que también demuestran el bajo tiempo que le dedican los cerdos a actividades distintas a comer y descansar. Hay *et al.* (2003), reportó un presupuesto de tiempo de 1% para la conducta locomoción normal en cerdos lechones en un periodo de 2 horas y 30 minutos de observación. Hotzel *et al.* (2004), reportó presupuestos de tiempo para la locomoción normal de 5%.

Las leves diferencias en el comportamiento de los lechones según la vía de administración para la suplementación de Fe puede tener alguna relación con la velocidad y la cantidad de tiempo utilizada para la suplementación oral *versus* parenteral. En el presente estudio la aplicación parenteral fue realizada por un operario del mismo criadero con 24 años de experiencia, por lo que ésta fue muy rápida y poco invasiva. Noonan *et al.* (1994) señaló que cuando se aplica un tratamiento de rutina, el solo hecho de restringir al animal en su movimiento natural, y entre más demore el procedimiento, más estresante será para el animal. Para Marchant-Forde *et al.* (2009) la administración de una dosis de suplemento de Fe oral es más difícil de llevar a cabo, a pesar de no haberlo medido de manera cuantitativa. Polner *et al.* (2002) propone que la administración i.m del Fe es más eficaz y más fácil de llevar a cabo que la oral. La aplicación del suplemento de Fe vía oral, implica la persecución de los lechones para tomarlos, se deben sujetar con la fuerza necesaria para que no escapen y se queden lo suficientemente quietos para introducir el aplicador por el hocico, en todo este proceso se evidencian más vocalizaciones y agitación de los lechones, y mayor estrés en la madre (Marchant-Forde *et al.*, 2009).

CONCLUSIONES

En el presente estudio, la administración vía oral de Fe, solo resultó en cambios significativos en 2 conductas, las cuales fueron: reposo y fuera de vista. Para reposo a la segunda hora posterior a la suplementación ya no existían diferencias significativas y para fuera de vista a la tercera hora posterior ya no existían diferencias significativas entre tratamientos.

En base a los resultados obtenidos se concluye que en el periodo previo (3 horas) y posterior (3 horas), a la suplementación con Fe oral y parenteral, al día 2 de vida de cerdos neonatos, la conducta que ocupó el mayor porcentaje del presupuesto de tiempo fue reposo y amamantarse para ambos grupos de tratamiento.

Finalmente, no se recomienda la administración vía oral del suplemento de Fe en cerdos neonatos en período de lactancia, por verse afectada significativamente una de las conductas más importantes en este periodo para los lechones, como es el reposo. Se recomienda evaluar nuevas formulaciones para el suplemento oral, con el fin de disminuir sus condiciones organolépticas indeseadas y mejorar la capacitación de los operadores de las granjas en esta vía de aplicación del suplemento. Además, se propone la realización de un estudio futuro con un registro continuo del material audiovisual para así lograr obtener los presupuestos de tiempo exactos del comportamiento de los lechones previo y posterior a la suplementación con Fe, a fin de poder compararlos con los resultados obtenidos en este estudio y poder seguir profundizando en ellos.

BIBLIOGRAFÍA

- **ALONSO, M.** 2004. Etología aplicada en los porcinos. **In:** Galindo, F.; Orihuela, A. Etología aplicada. U.N.A.M. Ciudad de Méjico. pp. 181-218.

- **ALONSO-SPILSBURY, M.; RAMÍREZ-NECOECHEA, R.; MOTA, D.; AGUILAR, P.** 2003. A case of iatrogenic myositis in piglets. Arch. Med. Vet. 35(1):115-118.

- **AOAC.** 1996. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. 16th ed. International. Gaithersburg, USA.

- **ARNOLD-MEEKS, C.; MCGLONE, J.** 1986. Validating techniques to sample behavior of confined, young pigs. Appl. Anim. Behav. Sci. 16(2):149-155.

- **BROWN, J.; EDWARDS, S.; SMITH, W.; THOMPSON, E.; DUNCAN, J.** 1996. Welfare and production implications of teeth clipping and iron injection of piglets in outdoor systems in Scotland. Prev. Vet. Med. 27:95-105.

- **DAL MASETTO, M.; VIDALES, G.; ECHEVERRIA, L.; BERETERBIDE, J.** 2012. Evaluación de los niveles de hemoglobina en lechones lactantes provenientes de sistemas de producción en cerdos de ciclo completo a campo y en confinamiento. Vet. Arg. 19(289):2-10.

- **DEROUCHEY, J.; TOKACH, M.; NELSEN, J.; GOODBAND, R.; DRITZ, S.; WOODWORTH, J.; WEBSTER, M.; JAMES, B.** 2003. Effects of blood meal pH and irradiation on nursery pig performance. J. Anim. Sci. 81:1013-1022.

- **DRAKE, A.; FRASER, D.; WEARY, D.** 2008. Parent-offspring resource allocation in domestic pigs. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 62:309-319.

- **EKESBO, I.** 2011. Farm animal behavior: characteristic for assessment of health and welfare. CABI. 1st edition. pp. 237.

- **FRASER, A.** 1984. Comportamiento de los animales de granja. Acribia. España. pp. 291.

- **FRASER, A.; BROOM, D.** 1998. Farm animal behaviour and welfare. Bailliere. Tindall and Cassell. London. pp. 448.

- **GRANDIN, T.** 1998. Reducing handling stress improves both productivity and welfare. *Prof. Anim. Sci.* 14(1):1-10.

- **HAY, M.; VULIN, A.; GÉNIN, S.; SALES, P.; PRUNIER, A.** 2003. Assessment of pain induced by castration in piglets: behavioral and physiological responses over the subsequent 5 days. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 82:201-218.

- **HENRY, P.; MILLER, E.** 1995. Iron availability. **In:** Ammerman, C.; Baker, B.; Lewis, D. Bioavailability of nutrients for animals. Academic Press. San Diego. pp. 169-199.

- **HERPIN, P.; DAMON, M.; LE DIVIDICH, J.** 2002. Development of thermoregulation and neonatal survival in pigs. *Livest. Prod. Sci.* 78:25-42.

- **HOOSER, S.** 2012. Iron. **In:** Gupta, R. Veterinary toxicology, basic and clinical principles. 2nd edition. Elsevier inc. pp. 433-437.

- **HOUPT, K.** 2010. Domestic animal behavior for veterinarians and animal scientists. 5th edition. Wiley-Blackwell. pp. 576.

- **HOTZEL, M.; PINHEIRO, L.; MACHADO, F.; DALLA, O.** 2004. Behaviour of sows and piglets reared in intensive outdoor or indoor systems. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 86(1):27-39.

- **HURRELL, R.** 2002. Fortification: overcoming technical and practical barriers. *J. Nutr.* 132(4):8065-8125.

- **JENSEN, P.; STANGEL, G.; ALGERS, B.** 1991. Nursing and suckling behavior of seminaturally kept pigs during the first 10 days postpartum. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 31:195-209.

- **KEGLEY, E.; SPEARS, J.; FLOWERS, W.; SCHOENHERR, W.** 2002. Iron methionine as a source of iron for the neonatal pig. *Nutr. Res.* 22(10):1209-1217.

- **LESLIE, E.; HERNANDEZ, M.; NEWMAN, R.; HOLYOAKE, P.** 2010. Assessment of acute pain experienced by piglets from ear tagging, ear notching and intraperitoneal injectable transponders. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 127:86-95.

- **LI, Y.; DUEIK, V.; DIOSADY, L.** 2014. Microencapsulation of vitamins, minerals, and nutraceuticals for food applications. **In:** Gaonkar, A.; Vasisht, N.; Khare, A.; Sobel, R. *Microencapsulation in the food industry, a practical implementation guide.* Academic press. San Diego. pp. 501-522.

- **LIPÍŃSKI, P.; STARZYŃSKI, R.; CANONNE-HERGAUX, F.; TUDEK, B; OLINSKI, R.; KOWALCZYK, P; DZIAMAN, T.; THILBAUDEAU, O.; GRALAK, M.; SMUDA, E.; WOLINSKI, J.; USINSKA, A.; ZABIELSKI, R.** 2010. Benefits and risks of iron supplementarion in anemic neonatal pigs. *Am. J. Pathol.* 177(3):1233-1243.

- **LYM, J.; LAWLESS, H.** 2005. Qualitative differences of divalent salts: Multidimensional scaling and cluster analysis. *Chem. Senses.* 30(9):719-726.

- **MARCHANT-FORDE, J.; LAY, D.; MCMUNN, K.; CHENG, H.; PAJOR, E. MARCHANT-FORDE, R.** 2009. Postnatal piglet husbandry practices and well-being: The effects of alternative techniques delivered separately. *J. Anim. Sci.* 87: 1479-1492.

- **MARCHANT-FORDE, J.; LAY, D.; MCMUNN, K.; CHENG, H.; PAJOR, E. MARCHANT-FORDE, R.** 2014. Postnatal piglet husbandry practices and well-being: The effects of alternative techniques delivered combination. *J. Anim. Sci.* 92:1150-1160.

- **MARTIN, P.; BATESON, P.** 1993. Recording methods. **In:** *Measuring behaviour: an introductory guide.* 2nd edition. Cambridge university press. pp. 85-100.

- **MORRISON, R.; HEMSWORTH, P.; CRONIN, G.; CAMPBELL, R.** 2003. The social and feeding behavior of growing pigs in deep-litter, large group housing systems. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 82:172-188.

- **MUIR, W.** 2008. Selecting analgesic drugs and routes of drug administration. **In:** *Muir, W.; Gaynor, J. Handbook of Veterinary Pain Management.* Mosby inc. pp. 337- 352.

- **NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC).** 2012. Nutrient requirements of swine: eleventh revised edition. Washington, DC: The National Academies Press. pp. 400.

- **NOONAN, G.; RAND, J.; PRIEST, J.; AINSCOW, J.; BLACKSHAW, J.** 1994. Behavioural observations of piglets undergoing tail docking, teeth clipping and ear notching. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 39(3):203-213.

- **PFAU, A.; RUDOLPHI, K.; HEINRICK, H.** 1977. Dosisabhängigkeit der intestinalen eisenabsorption beim saugironkel. *Zentbl. Vet. Med. A.* 24:140-148.

- **POLNER, A.; SUMEGHY, L.; GAAL, T.** 2002. Examination of the effect of intramuscular and single peroral iron supplementation in suckling piglets. *Mag. Allator. Lap.* 124:273-280.

- **QUINTERO-GUTIERREZ, A.; GONZALEZ, G.; POLO, J.; RODRIGUEZ, J.** 2005. Biodisponibilidad de lactato ferroso adicionado a caramelos de goma. *Rev. Esp. Nutr. Com.* 11(3):146-151.

- **QUINTERO-GUTIERREZ, A.; GONZALEZ, G.; SANCHEZ, J.; POLO, J.; RODRIGUEZ, J.** 2008. Bioavailability of heme iron in biscuit filling using piglets as an animal model for humans. *Int. J. Biol. Sci.* 4(1):58-62.

- **RAULT, J.; LAY, D.; MARCHANT-FORDE, J.** 2011. Castration induced pain in pigs and other livestock. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 135:214-225.

- **RODGER, M.; KING, L.** 2000. Drawing up and administering intramuscular injections: a review of the literature. *J. Adv. Nurs.* 31(3):574-582.

- **SOUTH, P.; LEI, X.; MILLER, D.** 2000. Meat enhances nonheme iron absorption in pigs. *Nutr. Res.* 20(12):1749-1759.

- **SPINKA, M.** 2009. Behaviour of pigs. **In:** Jensen, P. *The ethology of domestic animals.* 2^{da} edición. CABI. pp. 177-191.

- **SPINKA, M.; ILLMANN, G.; ALGERS, B.; STETKOVA, Z.** 1997. The role of nursing frequency in milk production in domestic pig. *J. Anim. Sci.* 75:1223-1228.

- **STAHL, C.; HAN, Y.; RONEKER, K.; HOUSE, W.; LEI, X.** 1999. Phytase improves iron bioavailability for hemoglobin synthesis in young pigs. *J. Anim. Sci.* 77:2135-2142.

- **STEVENS, D.; SMITH, R.; LAWLESS, H.** 2006. Multidimensional scaling of ferrous sulfate and basic tastes. *Physiol. Behav.* 87(2):272-279.

- **TAYLOR, A.; WEARY, D.** 2000. Vocal responses of piglets to castration: identifying procedural sources of pain. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 70:17-26.

- **ULRREY, D.; MILLER, E.; WEST, D.; SCHMIDT, A.; SEERLEY, R.; HOEFER, J.; LUECKE, R.** 1959. Oral and parenteral administration of iron in the prevention and treatment of baby pig anemia. *J. Anim. Sci.* 18:256-263.

- **UNDERWOOD, C.; VAN EPS, W.** 2012. Nanomedicine and veterinary science: The reality and the practicality. *Vet. J.* 193(1):12-23.

- **YUAN, L.; GENG, L.; GE, L.; YU, P.; DUAN, J.; CHANG, Y.** 2013. Effect of iron liposomes on anemia of inflammation. *Int. J. Pharm.* 454(1):82-89.

- **WANG, J.; KIM, I.** 2012. Effects of iron injection at birth on neonatal iron status in young pigs from first-parity sows fed delta-aminolevulinic acid. *Anim. Feed Sci. Tech.* 178(3):151-157.

- **WECHSLER, B.; BRODMANN, N.** 1996. The synchronization of nursing bouts in group housed sows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 97:191-199.

- **ZIMMERMANN, W.** 1995. Effects of different anemia prevention forms on the blood parameters of the suckling piglet. *Dtsch. Tierarztl. Wochenschr.* 102:32-38.

- **ZIMMERMANN, M.** 2004. The potential of encapsulated iron compounds in food fortification: a review. *Int. J. Vitam. Nutr. Res.* 74:453-461.