

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

DIVISION DE CIENCIAS VETERINARIAS



ESTUDIO COMPARATIVO PARA DETERMINAR BENEFICIO ENTRE EL USO DE HIERRO DEXTRAN PARENTERAL Y HIERRO SOLUBLE ORAL EN LECHONES LACTANTES

TESIS PROFESIONAL QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA
P R E S E N T A N

P.M.V.Z. AVELINO EDUARDO RUIZ JIMÉNEZ

P.M.V.Z. JOSÉ ANTONIO MESTAS JIMÉNEZ

DIRECTOR DE TESIS

M. EN C. DAVID ROMÁN SÁNCHEZ CHIPRES

ASESOR DE TESIS

Q.F.B. YOLANDA LÓPEZ ILLÁN

LAS AGUJAS, NEXTIPAC, ZAPOPAN, JAL. OCTUBRE DE 2000

CONTENIDO

	Página
RESUMEN	x
INTRODUCCION	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
JUSTIFICACION	14
OBJETIVOS	15
HIPOTESIS	16
MATERIAL Y METODOS	17
RESULTADOS	20
GRAFICAS	23
DISCUSION	25
CONCLUSIONES	26
BIBLIOGRAFIA	27

RESUMEN

En el presente trabajo se realizó un estudio comparativo para determinar el beneficio entre el uso de hierro dextran administrado vía parenteral y el uso de hierro soluble administrado vía oral, en lechones lactantes de líneas genéticas terminales de cerdos para producción. Basándose en los niveles de hierro sanguíneo, obtenidos por la técnica de espectrofotometría a partir de suero sanguíneo, la hemoglobina del grupo testigo (36 animales con administración parenteral) registró una concentración de 9.65 *g/dl* v.s. 10.70 *g/dl* del grupo experimental (36 animales con administración oral), observándose una diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$). Con respecto a la capacidad total de fijación de hierro de la transferrina (T.I.B.C.) los resultados fueron favorables en concentración en el grupo experimental (administración oral) v.s. el grupo testigo (administración parenteral) 427.10 *mg* y 386.39 *mg*, respectivamente, valores sin diferencia estadística significativa ($p > 0.05$). De esta manera el presente trabajo sugiere el uso del hierro administrado vía oral como probable alternativa para la prevención de la anemia ferropénica en los lechones, con las inherentes ventajas de este tipo de administración de hierro comparada con la administración parenteral.

INTRODUCCION

La porcicultura como actividad tecnificada, integrada y especializada, surge a partir de los años 70's y después de ese momento se vive un proceso de evolución constante solo comparable con el de la avicultura, la otra actividad pecuaria conceptualizada como industrial. El dinamismo de la porcicultura durante la primera mitad de los 70's, la colocó, como el sistema ganadero más importante, por su aportación a la oferta total de cárnicos, jerarquía que mantiene hasta la fecha (7,9).

El incremento de las exportaciones nacionales y la posibilidad de participar en nuevos mercados dependerá, en gran medida, de que se logren eliminar barreras arancelarias, como son las restricciones sanitarias. La política de comercio exterior plasmada en el tratado de libre comercio con Estados Unidos y Canadá y el convenio comercial con Chile, tiene entre sus objetivos liberar precios e incrementar la participación en los mercados externos, permite asimismo, el acceso a insumos a precios internacionales y tener mayor certidumbre en los precios nacionales.

Recientemente, la tecnificación de la producción porcina se ha incrementado grandemente, lo que ha ocasionado que la explotación del cerdo se efectúe cada vez en mayor confinamiento. Esto trae como consecuencia que los lechones y las cerdas gestantes se vean privados de algunas de sus fuentes naturales de nutrientes, principalmente de los minerales que tomaban del suelo. Esta escasez de minerales, asociada con el mal manejo en confinamiento, pueden ser responsables parciales del incremento de los problemas productivos del cerdo (2,10).

Los minerales son necesarios para un adecuado desarrollo embrionario en la gestación de las hembras, así como para un buen crecimiento de los animales, ya que preservan la integridad celular por procesos osmóticos y son componentes de muchos sistemas enzimáticos, las cuales catalizan las reacciones metabólicas en el organismo (5,10).

FUNCIONES DEL HIERRO

El hierro ejerce en el organismo numerosas funciones importantes. En primer lugar, como componente de la hemoglobina. Tiene una misión esencial en el transporte de oxígeno, en forma de mioglobina proporciona una reserva de oxígeno al músculo. Entra también en la estructura de importantes enzimas de las oxidaciones biológicas, citocromoxidasas, citocromos, peroxidasas y catalasas (5).

El organismo contiene aproximadamente un 0.004 % de Hierro, del cual un 60% a 70% se localiza en la hemoglobina de las células rojas sanguíneas y en la mioglobina de músculo, el 20% se almacena en forma lábil en el hígado, bazo y médula ósea, donde se encuentra disponible para la formación de hemoglobina, y del 10% 20% restante se fija firmemente en los tejidos como un componente de la miosina muscular y actinmiosina muscular como constituyente de enzimas y asociado con las metaloenzimas (1,5,6).

La hemoglobina es un complejo compuesto orgánico formado por cuatro pigmentos rojos de porfirina hemes, cada uno de los cuáles contiene un átomo de hierro, mas globina, que es una proteína globular constituida por cuatro cadenas de aminoácidos (4).

La hemoglobina capta oxígeno contenido en el aire de los pulmones, con el que forma oxihemoglobina, sustancia que con facilidad cede su oxígeno a los tejidos con los que entra en contacto (4).

El oxígeno procedente de los pulmones forma una débil combinación con cada hierro de hemoglobina (Hb), y el producto es oxihemoglobina (HbO₂). Este proceso es una oxigenación y no una verdadera oxidación, para que ésta ocurra se requiere la presencia de hierro ferroso en la molécula de hemoglobina. La cantidad de oxígeno combinado es proporcional a la del hierro presente, con dos átomos de oxígeno combinados con cada uno de hierro (4).

La mioglobina que tiene una cuarta parte del peso molecular de la hemoglobina (16,500), se encuentra presente en el músculo, con mayor afinidad por el oxígeno que la hemoglobina (1).

Las enzimas heme, catalasas y peroxidadas, contienen hierro en el estado férrico (Fe^{***}). Cada una de esta clase de enzima, liberan oxígeno de las peroxidadas (1).

Las enzimas citocrómicas son enzimas heme de la mitocondria celular y actúan en la transferencia de electrones por medio de la oxidación reversible del hierro (1).

METABOLISMO DEL HIERRO

Absorción. El hierro oral trivalente, divalente consumido en agua de bebida o en el alimento, es ionizado por el ácido clorhídrico del jugo gástrico en el estómago, reduciendo el hierro de férrico a ferroso. Por lo cual la absorción es mucho más eficaz bajo condiciones ácidas (pH 2-3.5). El hierro se absorbe principalmente en el duodeno y generalmente un 5 10% en el estómago y partes distales del intestino delgado, donde también pueden tomar cierta cantidad (1,5,6).

La absorción depende de la concentración de hierro en las células mucosas intestinales, es decir, del hierro captado por las células mucosas, solamente una pequeña porción se transfiere de las células a la sangre, la mayor parte se retiene en la célula y se pierde a la luz intestinal, cuando la célula se descama durante el proceso normal de regeneración del epitelio intestinal. En animales deficientes, el hierro se transfiere mucho más fácilmente de la célula mucosa a la sangre, hasta que se obtiene una saturación de los tejidos que trae como consecuencia un retorno a la retención normal del hierro en la célula mucosa (1,6).

La absorción depende del grado de saturación en que se encuentre el organismo con respecto a este elemento, por ejemplo:

- A necesidades elevadas de hierro (desarrollo) mayor aprovechamiento de hierro.
- Al existir reservas férricas, disminuye el coeficiente de absorción (5).
- Algunos aminoácidos (v. gr., valina, histamina), aumentan la absorción de hierro, lo mismo que el ácido ascórbico, algunos ácidos orgánicos como el láctico, pirúvico, cítrico y ciertos azúcares como la fructuosa y sorbitol, probablemente cuando forman quelatos solubles con el hierro (1).

Los niveles elevados de fosfatos inorgánicos disminuyen la absorción de hierro al formar sales insolubles, también el fitato, los niveles elevados de otros minerales traza, como el Zinc, Magnesio, Cobre y Cadmio, también reducen la necesidad del hierro, presumiblemente al competir por los sitios de enlace de proteínas en la mucosa intestinal (1).

Transporte. El hierro férrico (Fe^{***}) se une a una proteína, la beta globulina denominada transferrina (Siderofilina), la cual en linfa y sangre se encarga de transportar el hierro hacia su almacenamiento o lugares de consumo. El transporte es limitado por la transferrina disponible, además, de que es saturada normalmente sólo en un tercio por el hierro (1,5).

ALMACEN Y LUGARES DE CONSUMO

Medula ósea. El hierro se incorpora a la hemoglobina para formar el componente más importante de los glóbulos rojos y sirve para el transporte del oxígeno.

Músculo. El hierro se encuentra como colorante (mioglobina).

Células. (Heminas celulares), dirigen los procesos vitales de cada célula (respiración, metabolismo).

Hígado, Bazo, Sistema Reticulo Endotelial. El hierro es almacenado como ferritina principalmente y como hemosiderina, en forma intracelular. El hierro constituye el 20 % del complejo de ferritina y hierro y se encuentra presente en estado férrico. La hemosiderina contiene el 35 % del hierro como hidróxido férrico, se encuentra en los tejidos como un pigmento granulado de color café (1,5).

La ferritina se considera la forma soluble y la hemosiderina como la forma insoluble del hierro almacenado, bajo condiciones normales y una deficiencia de hierro, éste se almacena aproximadamente en iguales proporciones en cada forma, en presencia de un exceso de hierro, predomina en forma de hemosiderina (1).

La hemosiderina cumple una función importante en la desintoxicación de toxinas bacterianas y de productos de desintoxicación propios del cuerpo.

En la eliminación de los eritrocitos, cuyo hierro formando hemosiderina, queda ampliamente conservado para el organismo (1,5).

El hígado regula el nivel de hierro en el plasma sanguíneo (Sideremia):

- A mayor concentración de hierro en sangre → El hígado capta mayor cantidad de dicho elemento
- A menor concentración de hierro en sangre → Se moviliza hierro de los depósitos en gran cuantía (5).

Origen del hierro plasmático.

- Desdoblamiento de la hemoglobina.
- Absorción efectuada en el canal gastrointestinal.
- Hierro liberado en la degradación de otras sustancias férricas (mioglobina, citocromos, etc.) (5).

DEFICIENCIA DE HIERRO

La deficiencia de hierro puede variar desde una anemia dudosa crónica, hasta una anemia aguda. El signo más común es la anemia microcítica hipocrómica, la cual disminuye el crecimiento, la vitalidad y la capacidad de defensa de los lechones (1,5).

Los signos son desgano, pelo áspero, piel arrugada y pálida, mucosas pálidas, dificultad en la respiración o movimiento espasmódico del diafragma después del ejercicio (thumps), además, el rápido crecimiento de los lechones hace que puedan morir de repente, debido a la falta de oxígeno (1,5,6,11).

La anemia disminuye la resistencia del cerdo a las enfermedades, a los problemas respiratorios y la enteritis puede aparecer más frecuente en cerdos crónicamente anémicos (5).

Por qué suplementar hierro. La anemia en los lechones ha sido un problema potencial desde que los porcicultores hicieron que la marrana pariera sus camadas en confinamiento, negando a los lechones el acceso al hierro de la tierra. La anemia resultante es obviamente, debido a la falta de materia prima (hierro) (6,11).

Los primeros síntomas de carencia de hierro, se manifiestan en la formación de hemoglobina y en la disminución de la síntesis de enzimas que la contienen (5).

La hemoglobina que se encuentra en los glóbulos rojos tiene la función única de transportar oxígeno de los pulmones a los tejidos del cuerpo para apoyar el metabolismo celular y transportar el bióxido de carbono resultante del metabolismo celular de regreso a los pulmones. Por lo tanto, la anemia en los lechones es una condición de la sangre en la cual, la capacidad de transportar oxígeno, se ve sumamente reducida, generalmente por la deficiencia de hierro (11).

La anemia ferrotípica se presenta en los lechones entre 1 y 4 semanas de edad. En la aparición de esta anemia intervienen varios factores:

a) Reservas relativamente bajas de hierro en los lechones al nacimiento.

Las reservas ascienden a 35 mg de los cuales 16 mg forman parte de la hemoglobina y 8 mg están en los depósitos del hígado. A causa del rápido desarrollo del animal, son necesarios en las 3 primeras semanas de vida de 300 a 350 mg de hierro (5).

Las reservas del neonato se ven afectadas por:

- La dieta de la madre durante su gestación.
- Si el nacimiento es prematuro (mayor absorción del hierro al final de la gestación).
- El número de neonatos (a mayor número de lechones la reserva tiende a ser menor) (6).

Mitchell en sus estudios demostró, que una cerda que produce una camada de 8 lechones almacena 580 mg de hierro en los productos de la concepción. Durante la última semana de preñez, el almacenamiento diario fue de 12.3 mg de hierro y la cifra promedio para todo el periodo fue de 5.5 mg de hierro, cifra que excede las necesidades de mantenimiento (6).

b) Rápido crecimiento de los lechones.

Durante los primeros días de vida, se produce una declinación fisiológica de los valores de hemoglobina en sangre hasta 8 g por decilitro (12).

Durante las 4 primeras semanas de vida, el peso corporal de los lechones, puede llegar a quintuplicarse, como consecuencia de ello, la recuperación de los valores normales de hemoglobina en sangre (12-14 g por dl); requiere que exista una activa hematopoyesis (12).

A falta de materia prima (hierro), necesaria para la formación de hemoglobina no se lleva a cabo el incremento en número requerido de eritrocitos para aumentar el suministro de sangre durante el crecimiento, por lo cual, aparece la anemia.

El requerimiento de hierro se considera la cantidad necesaria para mantener un nivel de hemoglobina normal y proveer un balance positivo apropiado (15 mg/día), durante las primeras 4 semanas de vida (6,10).

El tiempo que tarda en manifestarse la anemia en un animal que sólo es alimentado a base de leche, depende del nivel de sus reservas hepáticas de hierro al nacer. El largo periodo de lactancia agota las reservas de hierro a menos que se supla este elemento (6, 10, 12).

c) Escaso contenido de hierro en la leche de la cerda.

Independientemente del grado de suplementación con hierro que reciba la cerda, la leche de ésta, sólo suministra 1 mg de hierro por día. La leche tiene un bajo contenido de hierro, 3 mg por Kg (6).

El requerimiento de hierro para lechones durante las 4 primeras semanas de vida, es de 15 mg por día (12).

En granjas que llevan a cabo un sistema de manejo intensivo, el requerimiento de hierro supera la provisión del mineral en la leche y desarrolla anemia, a menos que le sea suministrado hierro (6).

Una comparación entre los componentes minerales de la leche y los del cuerpo de los recién nacidos, mostraron que, aunque el resto de los componentes se encontraban en concentraciones semejantes, el porcentaje de hierro en la ceniza de la leche fue sólo una sexta parte de hierro contenida en la ceniza de los recién nacidos.

Además se observó que el porcentaje de hierro presentado en los neonatos fue mucho mayor que en los animales de mayor edad. La naturaleza provee los requerimientos de hierro proveyendo a estos de un depósito o reserva a la etapa de lactante, donde, la leche es baja en su contenido de hierro (6).

Los cerditos recién nacidos, obtendrán en promedio 500 ml de leche por día, así pues, para mantener una camada de 10 cerditos, las cerdas deben producir al inicio de la lactancia aproximadamente, 5 l de leche por día (3).

Composición del calostro y leche de la cerda.

	Sólidos totales (%)	Lactosa (%)	Grasa (%)	Proteína (%)	Ceniza (%)
Calostro	30.0	4.5	8.5	17.0	1.0
Leche	20.0	4.5	8.5	5.5	1.0

English P.R., Smith W.J., Maclean A. La Cerda, Segunda Edición., Manual Moderno 1982.

d) *Eliminación del contacto con el hierro del suelo.*

El lechón por naturaleza anatómica posee un hocico con el cual puede desenterrar hierro de la tierra casi desde el momento en que nace. Por lo tanto, bajo condiciones naturales el lechón, puede obtener el hierro que necesita del suelo. Al ser criado en concreto o jaula de parición, se le niega esta oportunidad (11).

Fuentes de hierro. Existen diversas maneras para administrar el hierro suplementario a los lechones, ya sea en forma oral o parenteral, satisfaciendo así las necesidades del mineral. Gran parte del hierro administrado en forma oral no es absorbido y se elimina por heces. El que es absorbido aparece primero como hierro del plasma (transferrin), el cual es transportado a la médula ósea, para la producción de la hemoglobina, de los glóbulos rojos al músculo, para la mioglobina la cual ayuda en el metabolismo del músculo, al hígado y al bazo para almacenamiento del hierro como ferritina y hemosiderina y a todos los tejidos del cuerpo para las enzimas férricas que son necesarias en el metabolismo celular (11).

Inyectado intramuscularmente el hierro-dextran, es recogido del músculo por los ganglios linfáticos cercanos y depositados en el plasma como hierro dextran intacto y usado para la formación de la hemoglobina, mioglobina o almacenado como ferritina o hemosiderina. (11).

HIERRO ORAL

1. Es un método efectivo de proporcionar hierro si la tierra es remplazada frecuentemente y esta libre de huevecillos de parásitos del cerdo. Esto tiene como desventaja el empleo de la mano de obra.
2. Untar las tetas de la marrana una solución de hierro. En este método se aplica una solución de hierro a las tetas de la marrana diariamente durante la lactancia, se prevendrá efectivamente la anemia. Desventaja: exceso de mano de obra (11).
3. Dosificación de píldoras, pasta o líquidos de hierro al cerdito. La administración semanal de píldoras, pastas o líquidos si evita la anemia. Desventaja: Exceso de mano de obra y no es seguro que los lechones la consuman (11).
4. Colocación de preparaciones en el área de pre-iniciación (Líquidas, pasta, pelets o bloques), algunas presentaciones consisten en soluciones de hierro, sales de hierro mezcladas con fuentes de minerales, endulzadas, pasta, pelets o bloques diseñados para ser fijados en las paredes de división entre los corrales del parto adyacentes. La mayoría de estas preparaciones comerciales de hierro son efectivas en la prevención de la anemia si están debidamente colocadas. La efectividad de los bloques de hierro es cuestionable ya que algunos lechones no pueden consumirlos (11).
5. Administrando altos niveles de hierro en la ración de la cerda y permitiendo a los lechones el acceso al alimento y a las heces. Como se ha dicho anteriormente, hay muy poco aumento en la transferencia de hierro al feto o a la leche de la hembra,. Sin embargo, los cerdos pueden obtener una cantidad adecuada de hierro de los alimentos y de las heces de la marrana, cuando se les permite el acceso (11).

HIERRO PARENTERAL

El suplemento del hierro para prevenir la anemia también puede administrarse por medio de inyección; para que la aplicación parenteral de hierro sea efectiva se debe usar:

1. *La forma de hierro adecuado.*

- 1.1. Que sea usada efectivamente por el cerdo para la formación de hemoglobina durante el periodo de lactancia y que sea administrado en una sola inyección.
- 1.2. Que sea competitiva con los fluidos y tejidos del cerdo y que no sea tóxica en los niveles necesarios de administración.
- 1.3. Que no cause dolor en el lugar de la inyección.
- 1.4. Que sea administrado con el mínimo volumen de fluido, y con la viscosidad adecuada para permitir el uso de una aguja pequeña (11).

Cuando el hierro dextran y el hierro dextrin se producen adecuadamente, satisfacen todos estos criterios y son las mejores formas que hay en el mercado (11).

2. *Cantidad de hierro.*

La cantidad de hierro a administrar depende de la edad a la cual los lechones serán destetados. Al ser destetados a las 3 semanas de edad, son necesarios 100 mg de hierro. Si se desteta después de 3 semanas de edad la cantidad necesaria es de 150-200 mg de hierro (11).

3. *Método de inyección de hierro.*

La vía de administración deberá ser muscular preferentemente, tomando en cuenta que es correcto la vía intraperitoneal o subcutánea. El sitio de administración es en el área que corresponde al jamón o músculo del cuello, limpiando con alcohol etílico al 70% previamente. La aguja debe ser calibre 18 y de 1 pulgada de longitud. Para evitar el regreso del hierro se debe forzar la piel hacia un lado antes de aplicar la inyección (penetrar la piel). (11)

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Desde hace más de 100 años, se sabe que el hierro es un nutrimento indispensable para los animales, sin embargo, a pesar de este conocimiento, la deficiencia de hierro continua en la actualidad como un problema importante en la producción animal (11).

En los lechones la anemia ferropénica ha sido un problema potencial, donde participan varios factores como son:

- a) Reservas relativamente bajas de hierro en los lechones al nacimiento.
- b) El rápido crecimiento de los lechones.
- c) El escaso contenido de hierro en el calostro de la leche de la cerda.
- d) Eliminación del contacto con el hierro del suelo (explotaciones con manejo intensivo). Por lo tanto es necesario proporcionar este mineral dentro de las primeras 72 horas de vida. (5,6,11)

Se han probado numerosas formas de suplementación de hierro, que van desde el contacto directo con la tierra, hasta untar pasta de hierro (sulfato ferroso con agua) en las tetas de la madre o emplear hierro inyectable.

La aplicación de hierro dextran inyectado es la aplicación mas utilizada en el suplemento de este mineral, tiene el problema que además del estrés al que se somete al lechón, aumentan los riesgos de infecciones por introducción de la aguja hipodérmica, causando problemas de artritis, abscesos en el sitio de inyección y manchado del área de aplicación (5,6).

Quizá debido al poco tiempo disponible para inyectar en las granjas porcinas de gran tamaño, estos daños causados por inyecciones están apareciendo con mayor frecuencia. Es recomendable que el productor tenga mucho cuidado para no disminuir el número de animales sanos a la venta (8).

La alternativa de suplementación de hierro oral en forma líquida, es una atractiva forma de llenar los requisitos nutricionales del animal, ya que es una manera segura y sin riesgo por ser reservorio natural de este elemento el intestino delgado (5).

JUSTIFICACION

Para evitar la anemia ferropénica es necesario administrar o suplementar a los lechones con hierro.

En este trabajo se utilizará la suplementación oral líquida de hierro, la cual se evaluará y comparará con la suplementación parenteral (hierro dextran).

Es preferida la administración de hierro a los lechones, vía oral en forma líquida, ya que limita el manejo excesivo del lechón evitando el estrés a que se somete al animal cuando se administra vía parenteral, además de controlar las posibles infecciones introducidas a través de la aguja hipodérmica, que causan problemas de artritis, accesos en el sitio de inyección y manchado del jamón respectivo.

En el metabolismo del hierro el aparato digestivo desempeña un importante papel en la absorción, así como un sitio de depósito. Mientras que el músculo no es un reservorio natural, provocando en este manchado del músculo.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Comparar la efectividad nutricional y la seguridad de hierro administrado vía oral en forma líquida *versus* la administración vía parenteral de hierro dextran.

OBJETIVOS PARTICULARES

1. Determinar la concentración de hierro sérico en lechones suplementados con hierro administrado vía oral.
2. Obtener la ganancia del peso de los lechones.
3. Determinar la efectividad de la suplementación con hierro administrado vía oral basándose en los parámetros analizados.

HIPOTESIS

Si el intestino delgado es un reservorio y sitio de absorción del hierro en lechones, entonces la utilización de hierro oral líquido prevendrá la anemia ferropénica.

MATERIAL Y METODOS

La realización de este estudio se llevó a cabo en el rancho Cofradía localizado en San Isidro Mazatepec, municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, propiedad de la Universidad de Guadalajara.

La prueba se realizó con líneas genéticas terminales de cerdos para producción (♂ Ham Duroc X ♀ Landrace York). Esta consistió de 2 tratamientos con 4 repeticiones por tratamiento.

Tratamiento 1.

Grupo testigo.

Se utilizaron 4 camadas de lechones de la misma sala de partos, éstas recibieron el manejo normalmente utilizado en la granja, incluida la aplicación de hierro por vía intramuscular.

Tratamiento 2.

Se utilizaron 4 camadas de la misma sala que el grupo de tratamiento 1, los animales fueron sometidos al mismo manejo que al grupo testigo, excepto la aplicación de hierro por vía intramuscular, ésta fue substituida por el producto a probar (opti-iron™), éste se administró diluyendo 80 ml en 4 l de agua, a partir del 2do día de nacido, hasta el día del destete como única fuente de bebida, (se tuvo cuidado de suprimir cualquier otra fuente de agua como abastecimiento para el lechón), determinando el consumo de agua por lechón. El número de lechones por tratamiento fue de 36. De los lechones se obtuvieron muestras de sangre y peso al primer día, a los 7, 14 y 21 días de edad, tanto para el grupo de prueba como del grupo testigo. Estas muestras se procesaron en Laboratorio de Físico-Química del Centro de Estudios de Higiene y Tecnología de los Alimentos del Departamento de Salud Pública del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, con la finalidad de determinar hierro sérico, hemoglobina y hierro de fijación.

Las muestras se procesaron mediante la técnica de espectrofotometría (espectrofotómetro Spectronic®).

La prueba se aplicó a cada una de las muestras de suero de los animales de ambos tratamientos, para la obtención de Hierro Total Sérico, se procedió de la siguiente manera:

1. A tubos etiquetados como blanco, estándar y testigo se les agregó 2.5 ml del reactivo buffer hierro.
2. Al tubo etiquetado como blanco se le agregó 0.5 ml de hierro disuelto en agua.
 - Al tubo etiquetado como estándar se le agregó 0.5 ml de hierro estándar.
 - Al tubo testigo se le agregó 0.5 ml de suero.
 - Se mezcló cada tubo suavemente.
3. Se procedió a leer y registrar la absorbencia (A) del testigo y del estándar v.s. la del blanco como referencia en 560 nm. Este es la inicial A.
4. A cada tubo se le agregó 0.05 ml (50 μ l) de reactivo de coloración hierro. Se mezcló suavemente y posteriormente se coló el tubo en baño María a 37 °C por 10 minutos.
5. Se procedió a leer y registrar la absorbencia del testigo y el estándar v.s. el blanco como referencia en 560 nm. Este es el final A.
6. Para los cálculos se considero la siguiente formula:
 - $\Delta A \text{ testigo} = \Delta A \text{ testigo final} - A \text{ testigo inicial.}$
 - $\Delta A \text{ testigo} = \Delta A \text{ estándar final} - \Delta A \text{ estándar inicial.}$
 - Hierro total en suero ($\mu\text{g}/\text{dl}$) = $\frac{\Delta A \text{ testigo}}{\Delta A \text{ estándar}} \times 500$

En tanto que para la obtención de Capacidad no Utilizada de Fijación de Hierro del Suero (UIBC) se procedió de la siguiente manera:

1. A tubos etiquetados como blanco, estándar y testigo se les agregó 2.0 ml del reactivo buffer UIBC.
2. Al tubo etiquetado como blanco se le agregó 1.0 ml de hierro disuelto en agua.
 - Al tubo etiquetado como estándar se le agregó 0.5 ml de hierro disuelto en agua y 0.5 ml de hierro estándar.
 - Al tubo testigo se le agregó 0.5 ml de suero y 0.5 ml di hierro estándar.
 - Se mezcló cada tubo suavemente.

3. Se procedió a leer y registrar la absorbencia (A) del testigo y del estándar v.s. la del blanco como referencia en 560 nm. Este es el inicial A.
4. A cada tubo se le agregó 0.05 ml (50µl) de reactivo de coloración hierro. Se mezcló suavemente y posteriormente se coló el tubo en baño María a 37 °C por 10 minutos.
5. Se procedió a leer y registrar la absorbencia del testigo y el estándar v.s. el blanco como referencia en 560 nm. Este es el final A.
6. Para los cálculos se considero la siguiente formula:
 - $\Delta A \text{ testigo} = \Delta A \text{ testigo final} - A \text{ testigo inicial.}$
 - $\Delta A \text{ estándar} = \Delta A \text{ estándar final} - \Delta A \text{ estándar inicial.}$
 - $$\text{Suero UIBC } (\mu\text{g/dl}) = 500 - \left[\frac{\Delta A \text{ testigo} \times 500}{\Delta A \text{ estándar}} \right]$$

Los resultados se examinarán por análisis estadístico, utilizando desviación estándar y t de student para analizar medias.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos, en lo que se refiere a parámetros productivos para los grupos testigo y experimental son mostrados en el Cuadro 1 basándose en los siguientes aspectos:

Cuadro 1 Comportamiento productivo de cerdos utilizando hierro oral y parenteral.

Parámetros	Hierro parenteral	Hierro oral
Lechones destetados	10	8.75
Peso camada al destete (Kg)	63	57.87
Peso promedio al destete (Kg)	6.3	6.6

El peso individual del lechón al destete tuvo una diferencia de 300 g a favor de hierro oral; ya que su promedio fue de 6.6 Kg contra 6.3 Kg del hierro testigo.

Los valores obtenidos al analizar las muestras sanguíneas y determinar niveles de hierro en sangre fueron:

Con respecto a hemoglobina el grupo testigo (hierro parenteral) registró una concentración de 9.65 g/dl. contra 10.70 g/dl del grupo experimental (hierro oral); el cual obtuvo una mayor concentración con una diferencia de 1.05 g/dl, mostrando diferencia estadística significativa ($p < 0.05$).

En cuanto a hierro total las concentraciones favorecieron al grupo testigo (hierro parenteral) con una mínima cantidad de 2.43 mg ya que este presenta una concentración de 142.19 mg contra 139.76 mg del grupo experimental (hierro oral).

En la capacidad no utilizada de fijación de hierro del suero (U.I.B.C) se mostró con mayor concentración en el grupo experimental (hierro oral) 288.49 mg contra 244.31 mg del grupo

testigo (hierro parenteral) se presenta una diferencia de 44.18 mg a favor de grupo experimental (hierro oral).

Cuadro 2 valores de parámetros sanguíneos relacionados con hierro utilizando la administración por vía oral y parenteral.

Parámetro	Hierro parenteral	Hierro oral
Hemoglobina(g/100 ml)	9.65	10.70*
Hierro sérico total (mg/100ml)	142.19	139.76
UIBC(mg/100ml)	244.31	288.49
TIBCmg/100ml)	386.39	427.1

* Valor con diferencia estadística significativa ($p < 0.05$).

Con respecto a la Capacidad total de fijación de hierro de la transferrina (T.I.B.C) los resultados fueron favorables en concentración al grupo experimental (hierro oral) por diferencia de 40.71 mg ya que obtuvo una concentración de 427.1 mg contra 386.39 mg del grupo testigo (hierro parenteral), todos estos valores no tuvieron diferencia estadística significativa ($p > 0.05$).

La Gráfica 1 muestra los valores de la curva de comportamiento para el hierro sérico total, el cual es similar para ambos grupos, iniciando con valores de 20.05 mg/100ml HO (hierro oral) y 22.23 mg/100ml HP (hierro parenteral). Se incrementa a los 10 días de edad a 232.06 y 224.84 mg/100ml, respectivamente para en el día 17 disminuir a 167 y 179.51mg/100ml para hierro oral y parenteral, respectivamente.

Por otro lado los valores de hemoglobina se observan en la Gráfica 2 en donde el HO inicia el primer muestreo con valor de 8.73 g/100ml y el HP con 8.73, g/100ml el segundo muestreo fue de 10.86 g/100ml y el tercer muestreo de 12.53 g/100ml para el HO por su parte los valores para el HP fueron de 10.47 y 10.3 en el segundo y tercer muestreo, respectivamente.

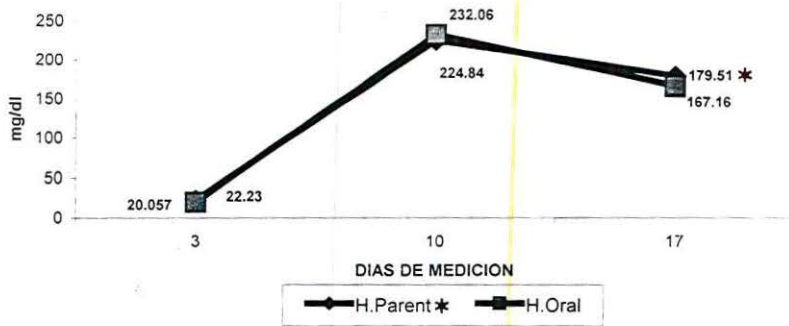
Con respecto a la capacidad no utilizada de fijación de hierro del suero (UIBC) sus resultados se observan en la Gráfica 3 donde muestra que el HO (hierro oral) presenta en su primer muestreo un valor de 318.94 mg/dl y el HP (hierro parenteral) 364.96 mg/dl. Para el día diez (segundo muestreo) disminuyeron los valores a 219.32 mg/dl para OH contra 141.69 mg/dl para HP. Y para el tercer muestreo los valores se incrementan a 327.2 mg/dl para HO mientras 226.3 mg/dl para HP; manifestándose con una mayor concentración en ambas muestras el hierro oral.

En la Gráfica 4 se representan los valores de capacidad de fijación de hierro de la transferrina (TIBC).

En los cuales se manifiesta una mayor concentración para HP en el primer muestreo (tercer día de edad) ya que presenta un valor de 389.6 mg/dl contra 338.26 mg/dl para el HO. Para el segundo y tercer muestreo se invierten las concentraciones ya que el HO se manifiesta con valores mas elevados presentando 468.04 mg/dl para el segundo muestreo (día 10) y 475.0 mg/dl para el tercer muestreo (día 17) mientras que el HP presenta 376.66 mg/dl para el segundo muestreo y 392.85 mg/dl para el tercer muestreo.

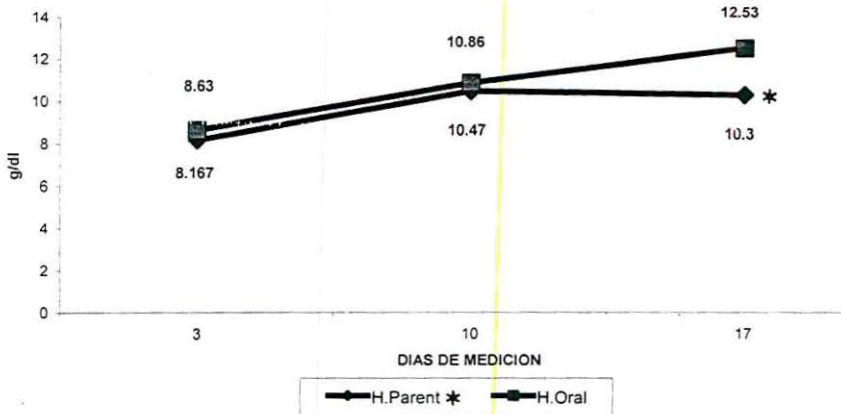
GRAFICA No. 1

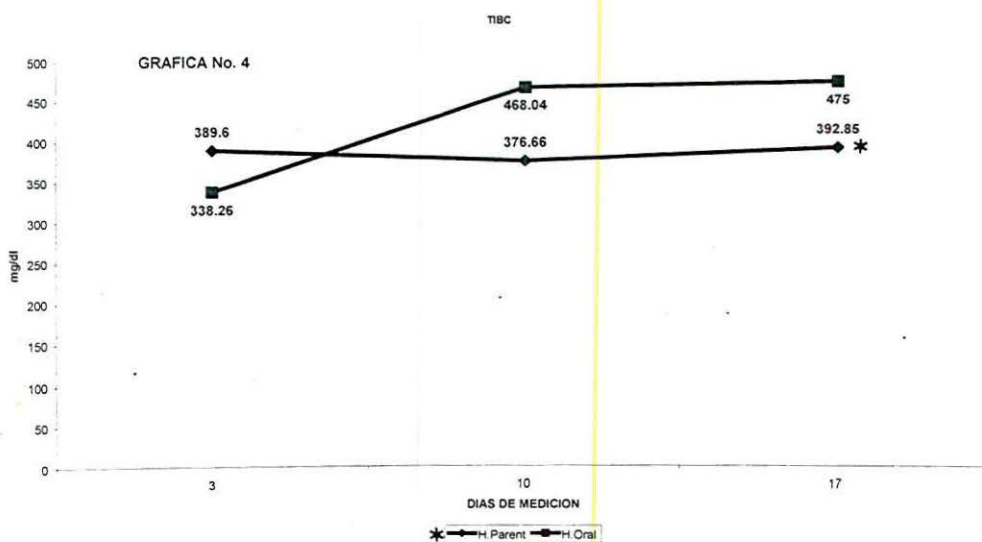
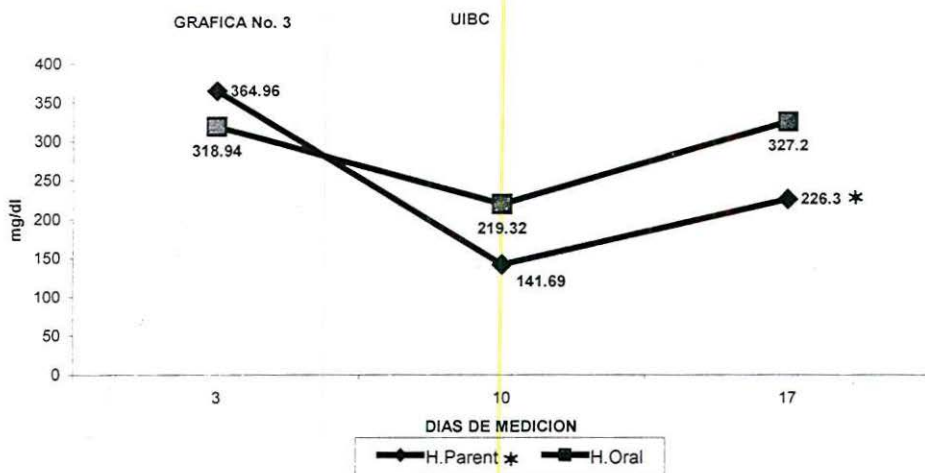
HIERRO SERICO TOTAL



GRAFICA No. 2

HEMOGLOBINA





DISCUSION

Los valores de hemoglobina obtenidos en el presente trabajo muestran el efecto de la absorción del hierro a nivel intestinal al utilizar como fuente de hierro la vía oral, ya que se obtuvieron valores de 1.05 g más de hemoglobina (Hb) por 100 ml que el grupo que obtuvo su fuente de hierro por vía parenteral, esta diferencia puede deberse a que el sitio con mayor participación en la absorción de hierro es el duodeno y yeyuno (1,5,6).

Por lo que respecta a los niveles de hierro sérico total la diferencia encontrada entre grupos fue de 2.43 mg/100ml a favor del hierro parenteral por lo que es probable que la diferencia puede deberse al mecanismo de absorción del hierro parenteral el cual se distribuye a través de linfa y posteriormente a nivel sanguíneo, su importancia es que el hierro sérico demuestra los niveles de hierro disponible (9).

Pechin (1999), en un estudio realizado en Argentina comparó la utilización de hierro dextrán con hierro disponible en piso obteniendo valores similares a los encontrados en este estudio.

Asimismo, los valores de capacidad no utilizada de fijación de hierro del suero (UIBC) y capacidad total de fijación de hierro de la transferrina (TIBC) fueron superiores en 44 mg/100ml y 40.71 mg/100ml, respectivamente, para el hierro oral. El TIBC representa la capacidad total de fijación de hierro de la transferrina la cual es la proteína que transporta el hierro, mientras que el UIBC es la capacidad no utilizada de fijación de hierro del suero. Estos valores se encuentran para ambos casos dentro de los niveles normales para cerdos los cuales son de 35-140 mg/dl para hierro sérico, 245-400 mg/dl para TIBC, y 130-375 mg/dl para UIBC.

CONCLUSIONES

1. El hierro oral tuvo una aceptación de palatabilidad en cuanto a consumo, disponibilidad del elemento en sistema digestivo; así, como una absorción y aprovechamiento, reflejándose en TIBC, UIBC, Hierro Total, hemoglobina y Ganancia de peso obteniendo resultados similares a los que proporciona el hierro aplicado parenteralmente.
2. La utilización de hierro oral tuvo valores superiores en 1.05 g/100 ml que el hierro parenteral.
3. Los parámetros de producción durante el crecimiento del lechones en lactancia no fueron afectados por el uso de hierro oral.
4. El manejo del hierro oral (tipo de bebedero, ubicación del mismo); así, como el hierro en experimentación, aunado a usarse como única fuente de bebida puede ser una alternativa para la suplementación de hierro para la prevención de la anemia en lechones.

BIBLIOGRAFIA

TESIS/UCOBA

1. Church D.C. Pond W. G. Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales. Limusa, 1990; 184-188.
2. Cnha J.T. Swine Feeding and Nutrition. 1st Ed. Academie Press. USA 1980.
3. Eglis P.R. Smith W.J., Maclean A. La Cerda. Segunda edición, Manual Moderno, 1982; 194-225.
4. Frandson R.D. Anatomía y Fisiología de los Animales Domésticos. Segunda edición, Interamericana, 1976; 162-165.
5. Kolb E. Fisiología Veterinaria. Tercera edición, Acirbia España, 1985; 148-150, 669-687.
6. Mynar L.A. Loosli J.K. Hintz H.F. Warner R. G. Nutrición Animal. Mc. Graw Hill. Séptima edición (cuarta edición en español), 1981; 258-262.
7. Mzon R.J. La Porcicultura Mexicana ante el Tratado de Libre Comercio. Desarrollo Porcícola, 1991; 13-16
8. Mckean. A. Precauciones al inyectar cerditos. Agricultura de las Américas. Agosto 1978; 22-27.
9. Pérez E.R. Balance de la Porcicultura. Desarrollo Porcícola, 1991; 7-9.
10. Ramírez M.P. Flores C.J. Los Minerales en la Alimentación del Cerdo. Síntesis Porcina, 1984; 3: 18-24.
11. Miller E.R., Duane E.U. Anemia en los Lechones, Porcira, 1984; 3: 25-33.
12. Taylor D.J. Enfermedades del Cerdo. Manual Moderno. Segunda edición, 1989; 254-258.
13. Pechin G.H., Fournier M.T., Sánchez F.O., Cesán R.O. Efecto de la administración de hierro dextrano sobre la ganancia de peso y parámetros sanguíneos, relacionados con el metabolismo del hierro, en lechones lactantes con acceso a tierra. Reproducción Animal 1999; 79: 118-120.
14. García Sacristán A. Fisiología Vatratinaria. Mc Graw-Hill Interamericana, 1996; 226-403.
15. Lehninger A.L. Bioquímica, las Bases Moleculares de la Estructura y Función Celular. Ediciones Omega S. A. Segunda edición, 1995; 62-117.