

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**  
**ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA**

**EFECTO DE TRES DOSIS DIFERENTES DE CUATRO COMPOSICIONES**  
**QUÍMICAS DE HIERRO SOBRE NIVELES DE HEMOGLOBINA,**  
**HEMATOCRITO Y GANANCIA DE PESO CORPORAL, EN LECHONES**  
**(*Sus scrofa*) EN DESTETE TEMPRANO**

**LILLY MARIEL URIZAR LAPARRA**

**GUATEMALA, SEPTIEMBRE DEL 2004**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA**

**EFECTO DE TRES DOSIS DIFERENTES DE CUATRO COMPOSICIONES QUÍMICAS  
DE HIERRO SOBRE NIVELES DE HEMOGLOBINA, HEMATOCRITO Y GANANCIA  
DE PESO CORPORAL, EN LECHONES (*Sus scrofa*) EN DESTETE TEMPRANO**

**TESIS**

**PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA DE LA UNIVERSIDAD DE  
SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**POR**

**LILLY MARIEL URIZAR LAPARRA**

**AL CONFERÍRSELE EL GRADO ACADÉMICO DE**

**MÉDICO VETERINARIO**

**GUATEMALA, SEPTIEMBRE DEL 2004**

**JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA DE  
LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

<b>DECANO:</b>	<b>DR. M.V. MARIO LLERENA</b>
<b>SECRETARIA:</b>	<b>DRA. M.V. BEATRIZ SANTIZO</b>
<b>VOCAL PRIMERO:</b>	<b>LIC. ZOOT. CARLOS SAAVEDRA</b>
<b>VOCAL SEGUNDO:</b>	<b>DR. M.V. FREDY GONZÁLEZ</b>
<b>VOCAL TERCERO:</b>	<b>DR. M.V. EDGAR BAILEY</b>
<b>VOCAL CUARTO:</b>	<b>Br. ESTUARDO RUANO</b>
<b>VOCAL QUINTO:</b>	<b>Br. DANIEL BARRIOS</b>

**ASESORES:**

**DR. M.V. EDY BATRES**  
**DR. M.V. YERI VELIZ**  
**DR. M.Sc. DENNIS GUERRA**

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

**En cumplimiento a lo establecido por los estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a consideración de ustedes el presente trabajo de tesis titulado:**

**EFFECTO DE TRES DOSIS DIFERENTES DE CUATRO COMPOSICIONES QUÍMICAS DE HIERRO SOBRE NIVELES DE HEMOGLOBINA, HEMATOCRITO Y GANANCIA DE PESO CORPORAL, EN LECHONES (*Sus scrofa*) EN DESTETE TEMPRANO**

**Como requisito previo a optar al título profesional de:**

**MÉDICO VETERINARIO**

## **ACTO QUE DEDICO**

**A Dios:** mi fuerza y guía.

**A mis padres :** **Jorge Urizar Montufar** **Iliana Laparra de Molina**  
y y  
**Regina Pérez de Urizar** **Sergio Molina Jara**

**Por su apoyo y amor incondicional**

**A mi hermano:** **Sergio Adrián**

**Hermanas:** **Regina Marcela y Marcia Jimena.**

**A mis abuelos:** **Efraín y Quety; Jorge y Martha Lily †**

**A mis tíos, primos y familia en general.**

**A todos mis Amigos, especialmente a Alejandro Oliva y familia.**

**A todos mis catedráticos y compañeros de promoción por su motivación, apoyo y cariño.**

**A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de**

**Guatemala, por darme la oportunidad de alcanzar este sueño.**

## **AGRADECIMIENTOS**

**A mis asesores de tesis: Dr. Dennis Guerra, Dr. Yeri Veliz y Dr. Edy Batres por sus enseñanzas, disponibilidad y gran apoyo.**

**Al Dr. Luis Moreira Gerente de Producción de Empacadora Toledo, S.A., por permitirme realizar este estudio en las instalaciones de la empresa.**

**Al personal Técnico de Granja Pastores por su valiosa colaboración en la fase de campo de esta tesis, principalmente a Don Daniel De León, Dr. Edy Batres, Dra. Brenda Baca y Lic. Julio Álvarez.**

**A las empresas que contribuyeron económicamente con la realización de esta investigación.**

**Al departamento del Laboratorio Clínico de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por asesorarme y permitirme utilizar el equipo e instalaciones.**

**A todas las personas que contribuyeron y apoyaron de alguna manera en la realización de este estudio y de mi carrera.**

# ÍNDICE

<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>II. HIPÓTESIS</b>	<b>2</b>
<b>III. OBJETIVOS</b>	<b>3</b>
3.1. Objetivo general	3
3.2. Objetivos específicos	3
<b>IV. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	<b>4</b>
4.1. Importancia fisiometabólica del hierro	4
4.2. Requerimiento de hierro en lechones	5
4.3. Deficiencia de hierro en lechones	6
4.3.1. Signos clínicos de la deficiencia de hierro	7
4.3.2. Signos subclínicos (Anatomopatológicos)	7
4.4. Tratamiento tradicional de la deficiencia de hierro	8
4.5. Toxicidad	10
4.5.1. Signos clínicos de toxicidad de hierro	10
4.5.2. Signos subclínicos	11
4.6. Hierro dextrano	11
4.6.1. Química	11
4.6.2. Almacenamiento, estabilidad y compatibilidad	12
4.6.3. Farmacocinética	12
4.6.4. Contraindicaciones y precauciones	12
4.6.5. Seguridad reproductiva	13
4.6.6. Efectos adversos	13
4.6.7. Sobredosis o toxicidad aguda	13
4.6.8. Interacciones de la droga	13
4.6.9. Interacciones de la droga en el laboratorio	13

4.7. Vitamina B <sub>12</sub>	14
4.7.1. Síntomas de deficiencia	14
4.7.1.1. <i>Signos clínicos</i>	14
4.7.1.2. <i>Signos subclínicos</i>	15
<b>V. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>16</b>
5.1. Ubicación del estudio	16
5.2. Materiales	16
5.2.1. Recursos biológicos	16
5.2.2. Recursos humanos	16
5.2.3. Recursos institucionales	16
5.2.4. Equipo de laboratorio	16
5.2.5. Equipo de campo	17
5.3. Métodos	17
5.3.1. Criterios de inclusión	17
5.3.2. Tratamientos evaluados	18
5.3.3. Diseño experimental	18
5.3.4. Identificación de lechones	18
5.3.5. Administración de hierro	19
5.3.6. Medición de peso	19
5.3.7. Toma de muestra de sangre	19
5.3.8. Determinación de niveles de hemoglobina y hematocrito	20
5.3.9. Registro de datos	20
5.4. Análisis estadístico	20
<b>VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>21</b>
6.1. Efecto de la dosis de hierro sobre los niveles de hematocrito y hemoglobina	21
6.1.1. Hematocrito	21
6.1.2. Hemoglobina	22



6.2. Efecto de la composición química de hierro sobre los niveles de hematocrito y hemoglobina	23
6.2.1. Hematocrito	23
6.2.2. Hemoglobina	24
6.3. Interacción entre la dosis de hierro y el tipo de composición química utilizada sobre los niveles de hematocrito y hemoglobina	25
6.3.1. Hematocrito	25
6.3.2. Hemoglobina	26
6.4. Ganancia de peso corporal	26
6.4.1. Efecto de la dosis de hierro sobre la ganancia de peso corporal	26
6.4.2. Efecto de la composición química de hierro sobre la ganancia de peso corporal	26
6.4.3. Interacción entre la dosis y el tipo de composición química utilizada sobre la ganancia de peso corporal	28
<b>VII. CONCLUSIONES</b>	<b>29</b>
<b>VIII. RECOMENDACIONES</b>	<b>30</b>
<b>IX. RESUMEN</b>	<b>31</b>
<b>X. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>32</b>
<b>XI. ANEXOS</b>	<b>34</b>
11.1. Registro de vientre y camada	35
11.2. Peso de cada lechón por día, dosis y composición a aplicar	36
11.3. Resultado del nivel de hemoglobina para cada lechón por composición y dosis aplicada	37
11.4. Resultados de la ganancia de peso corporal por lechón con cada dosis y composición aplicada	38

## **INDICE DE CUADROS**

<b>Cuadro 1.</b> Nivel de Hierro y su Relación con la Concentración de Hemoglobina	<b>6</b>
<b>Cuadro 2.</b> Diseño experimental	<b>18</b>
<b>Cuadro 3.</b> Valores de hematocrito, hemoglobina y ganancia de peso de lechones de 15 días de edad con tres dosis de cuatro composiciones químicas de hierro	<b>21</b>
<b>Cuadro 4.</b> Valores medios de hematocrito de cada dosis combinando las diferentes composiciones químicas de hierro	<b>22</b>
<b>Cuadro 5.</b> Valores medios de hemoglobina de cada dosis combinando las diferentes composiciones químicas de hierro	<b>22</b>
<b>Cuadro 6.</b> Valores medios de hematocrito de cada composición química de hierro combinando las diferentes dosis	<b>23</b>
<b>Cuadro 7.</b> Valores de hematocrito en lechones de 15 días de edad con tres dosis de las cuatro composiciones químicas de hierro	<b>24</b>
<b>Cuadro 8.</b> Valores medios de hemoglobina de cada composición química de hierro combinando las diferentes dosis	<b>25</b>
<b>Cuadro 9.</b> Valores de hemoglobina en lechones de 15 días de edad con tres dosis de las cuatro composiciones químicas de hierro	<b>25</b>
<b>Cuadro 10.</b> Valores medios de la ganancia de peso corporal de cada dosis combinando las diferentes composiciones químicas de hierro	<b>26</b>

**Cuadro 11.** Resultados de la media de la ganancia de peso de cada composición química de hierro de las diferentes dosis **27**

**Cuadro 12.** Valores de la ganancia de peso de lechones de 15 días de edad con tres dosis de cuatro composiciones químicas de hierro **27**

## **I. INTRODUCCIÓN**

La administración de hierro a lechones es de suma importancia debido a que la cerda lactante no transfiere suficiente cantidad de éste mineral vía placentar, ni láctea. Por esta razón el organismo del lechón se encuentra deficiente en hierro en la primera semana de vida.

Actualmente, la prevención de la deficiencia de hierro es indispensable en las granjas tecnificadas. Esto representa un costo económico significativo cuando se cuenta con producción intensiva.

El presente trabajo evaluará y comparará los niveles de hemoglobina, hematocrito y ganancia de peso corporal en lechones tratados con tres dosis diferentes de cuatro preparados de hierro. Se espera demostrar la validez de la utilización de una dosis menor a la recomendada por la literatura, sobre una población específica. De esta manera se pretende aportar conocimientos científicos y prácticos para el beneficio del sector porcicultor guatemalteco.

## **II. HIPÓTESIS**

- No existe diferencia en la ganancia de peso corporal al destete en lechones tratados con diferentes dosis de cuatro composiciones químicas de hierro administradas al tercer día de edad.
- No existe diferencia entre los niveles de hemoglobina y hematocrito al destete en lechones tratados con las distintas dosis de cuatro composiciones químicas de hierro aplicadas al tercer día de edad.

### **III. OBJETIVOS**

#### **3.1. General:**

- Determinar la dosis de hierro inyectable mas recomendada a administrar en lechones en destete temprano.

#### **3.2. Específicos:**

- Determinar el efecto de cuatro composiciones químicas de hierro en tres dosis diferentes sobre la ganancia de peso corporal en lechones al destete.
- Determinar el efecto de cuatro composiciones químicas de hierro en tres dosis diferentes sobre los niveles de hemoglobina.
- Determinar el efecto de cuatro composiciones químicas de hierro en tres dosis diferentes sobre el hematocrito.

## **IV. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **4.1. Importancia fisiometabólica del hierro:**

Los lechones nacen con aproximadamente 50 mg de hierro en su organismo. El hierro orgánico conjugado con hemoglobina y mioglobina representa el 70% del hierro total del organismo (el 60% se encuentra en la hemoglobina de los hematíes y entre un 3 y 8% en la mioglobina muscular). Del 15-20 % del hierro se almacena en el hígado (como ferritina y hemosiderina), bazo y médula ósea. También se encuentra en el suero como transferrina, en la placenta como uteroferrina y en la leche como lactoferrina. (Palomo 2002; Quiles y Hevia 2003; Subcommittee on Swine Nutrition 1998; Plumb 2002)

Las principales funciones del hierro en el organismo de un lechón son:

- a) Se encarga de la fijación, transporte y utilización del oxígeno, y actividades respiratorias a través de la hemoglobina y la mioglobina. Estas funciones son vitales para el metabolismo celular. (Palomo 2002; Quiles y Hevia 2003; Subcommittee on Swine Nutrition 1998; Plumb 2002)
  
- b) Participa activamente en el sistema inmunitario del organismo. Activa varias enzimas que intervienen en los fenómenos inflamatorios y favorece la hiperplasia de leucocitos, así como la fabricación de anticuerpos. Por lo tanto, un mejor aporte de hierro representa una mejora en el sistema inmunitario, y consecuentemente, una mayor resistencia a procesos infecciosos. (Palomo 2002; Quiles y Hevia 2003; Subcommittee on Swine Nutrition 1998; Plumb 2002)
  
- c) Estimula la producción de ácido clorhídrico en el estómago y el desarrollo de las microvellosidades intestinales. Esta participación en la etapa de maduración del aparato digestivo tiene una gran importancia porque contribuye a la adaptación del lechón a la alimentación sólida en el momento del destete. (Palomo 2002; Quiles y Hevia 2003; Subcommittee on Swine Nutrition 1998; Plumb 2002)

- d) El hierro ionizado juega, además, un papel protagonista como cofactor de determinadas enzimas como los citocromos, las catalasas, peroxidasas citocromo oxidadas, dehidrogenasa succinica y enzimas responsables de la síntesis de las bases púricas (xantín-oxidadas), componentes básicos del ADN y ARN, representando uno de los factores más limitante en los procesos de síntesis celular de proteínas, y, por lo tanto, de crecimiento celular. (Palomo 2002; Quiles y Hevia 2003; Subcommittee on Swine Nutrition 1998; Plumb 2002)

#### **4.2. Requerimiento de hierro en lechones:**

La leche de la cerda es adecuada para satisfacer todos los requerimientos nutricionales del lechón, con excepción del hierro, ya que su contenido es bajo (1mg/lt). Durante las dos ó tres primeras semanas de vida el lechón toma la leche como principal alimento y ésta apenas cubre el 10% de las necesidades de hierro (el aporte de la cerda es de 1 mg/día/lechón).

Además, el lechón recién nacido, debido a una transferencia ineficiente de hierro al feto, tiene una escasa reserva corporal para la síntesis de hemoglobina, con lo que apenas cubre las necesidades para los dos ó tres primeros días de vida. (Campabadal 1991; Quiles y Hevia 2003; Miller y Duane 2004)

La renovación constante de hematíes conlleva unas necesidades de hierro que se ven incrementadas en el lechón recién nacido como consecuencia de su crecimiento exponencial (el cerdo aumenta su peso corporal 15 veces desde el nacimiento hasta el final del segundo mes). (Palomo 2002; Millar y Duane 2004; Subcommittee on Swine Nutrition 1998)

Esta situación se ve agravada porque en la mayoría de las explotaciones porcinas durante la fase de maternidad, la cría de los lechones se efectúa sobre suelo de cemento y/o enrejillado, sin tener acceso a parques exteriores de tierra en donde al hozar podrían encontrar en la tierra las cantidades necesarias de hierro para cubrir sus necesidades. (Quiles y Hevia 2003; Miller y Duane 2004)

Las necesidades diarias para lechones en lactación son de 7-15 mg, o 21mg de hierro/Kg de ganancia de peso corporal para mantener niveles adecuados de hemoglobina y almacén de hierro, lo que determina una deficiente disponibilidad de hierro a partir del día 3-5 de vida. El déficit de hierro en las tres primeras semanas se eleva a unos 200 mg. (Palomo 2002; Quiles y Hevia 2003; Millar y Duane 2004; Subcommittee on Swine Nutrition 1998)



### 4.3. Deficiencia de hierro en lechones:

La deficiencia de hierro en los lechones provoca anemia ferropénica, que es una de las principales enfermedades nutricionales que afecta al ganado porcino en las primeras etapas de vida, teniendo enormes consecuencias económicas. (Campabadal 1991; Subcommittee on Swine Nutrition 1998; Quiles y Hevia 2003; Miller y Duane 2004)

El análisis de la concentración de hemoglobina en la sangre es el indicador clínico más fiable de la deficiencia de hierro. Los niveles de hemoglobina de 10g/dL de sangre total son considerados adecuados. El nivel límite para anemia es 8 g/dL, y 7g/dL o menor representa anemia. (Campabadal 1991; Subcommittee on Swine Nutrition 1998; Quiles y Hevia 2003; Miller y Duane 2004) (Cuadro 1)

**Cuadro 1. Nivel de Hierro y su Relación con la Concentración de Hemoglobina**

<b>Hemoglobina en sangre g/100 ml</b>	<b>Nivel de hierro</b>
10 o más	Nivel normal; óptimo crecimiento
9	Nivel mínimo para no afectar los rendimientos
8	Empieza la anemia. Se necesita un tratamiento con hierro
7	Condición anémica que afecta los rendimientos
6	Severa condición anémica
4 o menos	Problemas de mortalidad

(Campabadal 1991)

El hematocrito y el número de glóbulos rojos son también parámetros utilizados. La anemia se manifiesta sobre todo, por la disminución del número de eritrocitos por debajo de 5 millones por ml. (Campabadal 1991; Subcommittee on Swine Nutrition 1998; Quiles y Hevia 2003; Miller y Duane 2004)

El hematocrito varía de 15-40%, siendo un caso anémico típico 17%. Este amplio rango de variación es debido a multitud de factores que afectan a la absorción del hierro. (Campabadal 1991; Subcommittee on Swine Nutrition 1998; Quiles y Hevia 2003; Miller y Duane 2004)

#### **4.3.1. Signos clínicos de la deficiencia de hierro:**

Los síntomas fundamentales de deficiencia de hierro en los lechones son:

- ingesta de alimento reducida
- aumento del índice de conversión alimenticia
- el síntoma más evidente es el retraso del crecimiento. En este sentido, a partir de la tercera semana de vida los lechones reducen su apetito y su deseo de mamar (como consecuencia de ello se ve reducido su crecimiento).
- palidez de las mucosas
- pelo áspero y abundante
- orejas y cola colgantes
- piel arrugada y blanca
- respiración laboriosa, con movimientos espasmódicos del diafragma tras ejercicios físicos moderados y disminución de la temperatura corporal.
- debilidad
- mayor susceptibilidad a padecer ciertas patologías como diarreas, parasitosis y enfermedades infecciosas
- Puede llegar a ser la responsable de hasta el 10% de la mortalidad de los lechones antes del destete.
- Si la carencia de hierro cursa con carencias de aminoácidos esenciales o con avitaminosis, el retraso en el crecimiento se hace mucho más acusado, pudiendo incrementarse el número de muertes súbitas.

(Palomo 2002; Quiles y Hevia 2003; Miller y Duane 2004; Subcommittee on Swine Nutrition 1998; Hill y Sainsbury 1995; Straw et al. 1999)

#### **4.3.2. Signos subclínicos (Anatomopatológicos):**

- Anemia hipocrómica, microcítica
- corazón dilatado y bazo agrandado
- hígado graso y agrandado
- ascitis
- agrupamiento de células eritroblásticas en medula ósea
- hierro sérico y porcentaje de saturación de transferrina reducido

- niveles de hemoglobina reducidos ( $\leq 7$  g/100ml)
- sangre acuosa con coagulación retardada
- resistencia a enfermedades reducida
- edema pulmonar
- exceso de líquido pericárdico

(Straw et al. 1999; Quiles y Hevia 2003; Miller y Duane 2004)

La intensidad de la anemia varía de unas camadas a otras, dentro de una misma granja, por lo que parece lógico pensar que existe un componente genético importante. (Quiles y Hevia 2003)

#### **4.4. Tratamiento tradicional de la deficiencia de hierro:**

Se han registrado gran número de preparados para prevenir la anemia. Los ingredientes que los componen deben ser 1) de rápida absorción, con el hierro biodisponible para la producción de hemoglobina; 2) indoloros y no causar inflamación en el sitio de la inyección; 3) estables en cuanto a su conservación; 4) carecer prácticamente de toxicidad; 5) tener la concentración suficiente de hierro para reducir al mínimo el volumen de la inyección. (Bundy et al. 1984)

Las inyecciones intramusculares de hierro se prefieren a la suplementación oral, que es laboriosa; además, el hierro podría no absorberse en el intestino o ser subdosificado. (Quiles y Hevia 2003; Hill y Sainsbury 1995)

La alimentación alta en hierro a las hembras durante la lactación tardía o la administración parenteral de hierro dextrano a hembras en gestación no incrementa sustancialmente la transferencia placentar de hierro a los fetos. (Subcommittee on Swine Nutrition 1998)

No obstante, las dietas de las cerdas gestantes deben suplementarse con hierro de alta biodisponibilidad para aumentar las reservas fetales de hierro hasta un cierto nivel. De esta manera se mejora el crecimiento fetal y el peso medio al nacimiento. A pesar de ello el lechón nace con unas escasas reservas de hierro y necesita la suplementación de hierro en los primeros días. (Quiles y Hevia 2003)

Para prevenir la deficiencia de hierro se suministra a los lechones entre el día 1 y 3 de edad, según las diferentes presentaciones farmacológicas, 150-200mg de hierro que tenga una

concentración de 100-200 mg/c.c, en una inyección vía intramuscular de uno o dos ml. Es necesario utilizar formas de hierro dextrano y agujas no contaminadas para evitar accidentes mortales en su aplicación, o infecciones y abscesos en el lugar de la inyección. (Campabadal 1991; Palomo 2002; Quiles y Hevia 2003)

En ocasiones este hierro no cubre las necesidades del lechón debido a su cinética de absorción, ya que puede quedar atrapado entre un 10 y un 50% en el punto de la inyección. Como consecuencia el hierro circulante disponible sigue una cinética decreciente más o menos acusada en función de la calidad del hierro dextrano utilizado. (Bundy et al. 1984)

Por otra parte, la cantidad de hierro oral absorbido por el lechón varía entre un 10 y un 60% del hierro administrado, dependiendo fundamentalmente de la forma química utilizada. La mayor absorción de hierro se produce cuando se administra en forma de metioninato de hierro y la menor absorción en forma de óxido de hierro. Absorciones intermedias se consiguen con el carbonato y el sulfato, aunque también dependen de otros factores tales como: el nivel de ingesta de pienso, el grado de maduración del tubo digestivo, el estado sanitario del lechón, así como de la solubilidad en medio ácido –la absorción de hierro tiene lugar en la porción superior del duodeno, donde es máxima la influencia de la secreción ácida del estómago. (Quiles y Hevia 2003)

La aplicación de dos inyecciones de hierro antes del destete es una práctica común en muchas granjas; sin embargo, eso no es necesario cuando la dosis y fuente de hierro es adecuada y los animales empiezan a comer preiniciador entre los 10 a 14 días de nacidos. Pond y Maner (1984) opinan que una sola inyección de 150mg de hierro es necesaria para satisfacer los requerimientos de este mineral hasta que los lechones estén consumiendo alimento sólido a las dos semanas de edad. (Campabadal 1991)

#### **4.5. Toxicidad:**

Puede resultar toxicidad debido a estas causas:

- a) sobre-suplementación de minerales (Campabadal 1991)
- b) sobredosis accidental (Campabadal 1991)
- c) ingesta fuera de la alimentación. (Campabadal 1991)
- d) deficiencia de Selenio-Vitamina E en cerdos neonatos (de cerdas con esta deficiencia) inyectados con hierro. Los lechones pueden entrar en choque desde la inyección y morir. Esta respuesta tóxica se atribuye a la quelación del Hierro con Selenio. (Anzola 1999)

El nivel normal de hierro en el plasma es de 100mg/dl y este aumenta cuando existe una toxicidad (Campabadal 1991). Se sugieren niveles tóxicos de posiblemente 4000mg/Kg de hierro como aditivo mineral en dietas para cerdos en crecimiento, pero se recomiendan concentraciones menores a 500mg/Kg en lechones de 3-10 días. Los signos clínicos de toxicidad son observados entre 1 a 3 horas post-prandial. (Hill y Sainsbury 1995; Subcommittee on Swine Nutrition 1998)

##### **4.5.1. Signos clínicos de toxicidad de hierro:**

- Ingesta de alimento y ganancia de peso corporal reducida
- problema cardiovascular
- manchado en el área de inyección, nódulos linfáticos, hígado y riñones
- diarrea profusa
- incoordinación
- temblores
- respiración laboriosa
- convulsiones tetánicas
- coma
- letargia
- muerte varias horas después
- raquitismo

(Straw et al. 1999)

#### **4.5.2. Signos subclínicos:**

- Edema de la pared estomacal
- daño en la pared intestinal
- hiperemia
- necrosis extensa de la mucosa
- palidez de los músculos esqueléticos
- riñones hinchados
- hemorragia epicardial
- hidropericardio
- hidrotórax
- degeneración severa del músculo y nefrosis
- necrosis hepática
- resistencia reducida a enfermedades

(Straw et al. 1999)

Un exceso de hierro, pero no al nivel tóxico (>200mg) es también negativo para la salud del cerdo. Varios autores han demostrado que cuando existen excesos de hierro sérico libre que no esté ligado a transportadores como la transferrina, se favorece el crecimiento bacteriano (*Escherichia coli*) y el cerdo es susceptible a infecciones que causan diarreas y mortalidad. (Campabadal 1991; Subcommittee on Swine Nutrition 1998)

#### **4.6. Hierro dextrano:**

##### **4.6.1. Química:**

El hierro dextrano es un complejo de oxihidroxido férrico y un derivado dextrano parcialmente hidrolizado de bajo peso molecular. La inyección disponible comercialmente se presenta como líquido café oscuro, ligeramente viscoso que es completamente miscible con agua o salina normal y tiene un pH de 5.2-6.5. (Plumb 2002)

#### **4.6.2. Almacenamiento, estabilidad y compatibilidad:**

Los preparados de hierro dextrano deben almacenarse a temperatura ambiental (15-30°C); se debe evitar la congelación. Se ha reportado que la inyección de hierro dextrano es incompatible con oxitetraciclina HCl y sodio sulfadiazinico. (Plumb 2002)

#### **4.6.3. Farmacocinética:**

Después de una inyección intramuscular, el hierro dextrano es absorbido lentamente principalmente vía linfática. Cerca del 60% de la droga es absorbida en 3 días post-inyección y 90% de la dosis es absorbida después de 1-3 semanas. La droga remanente puede ser absorbida lentamente a lo largo de varios meses. (Plumb 2002)

Después de la absorción, las células reticuloendoteliales del hígado, bazo y medula ósea limpian gradualmente la droga del plasma. El hierro es apartado del componente dextrano y el dextrano es luego metabolizado o excretado. El hierro es inmediatamente unido a elementos proteicos para formar tanto hemosiderina, ferritina o transferrina. El hierro atraviesa la placenta, pero se desconoce de qué forma. Únicamente trazas de hierro son excretadas en la leche. (Plumb 2002)

El hierro no es eliminado fácilmente del cuerpo. El hierro liberado a partir de la descomposición de hemoglobina es reutilizado por el cuerpo y solo pequeñas cantidades se eliminan a través del crecimiento del pelo y uñas, descamación normal de la piel y pérdidas del tracto gastrointestinal. Con repetidas dosificaciones puede resultar acumulación ya que solo trazas de hierro son eliminadas en las heces, bilis u orina. (Plumb 2002)

#### **4.6.4. Contraindicaciones y precauciones:**

El hierro dextrano es contraindicado en pacientes con conocida hipersensibilidad a este, o con alguna anemia no causada por la deficiencia de este mineral. Tampoco se debe utilizar en pacientes con infecciones renales agudas, y no deberá ser usado conjuntamente con suplementos orales de hierro. (Plumb 2002)

#### **4.6.5. Seguridad reproductiva:**

Altas dosificaciones pueden causar aumentos en las incidencias de teratogenicidad y embriotoxicidad. Se debe utilizar solamente cuando es estrictamente necesario en dosis recomendadas en animales preñados. (Plumb 2002)

#### **4.6.6. Efectos adversos:**

Los fabricantes de hierro dextrano para uso en cerdos declaran que ocasionalmente los cerdos pueden reaccionar después de la inyección con hierro dextrano, caracterizándose por postración y debilidad muscular. Raramente puede resultar la muerte siendo provocada por una reacción anafiláctica. El uso de hierro dextrano en lechones nacidos de madres deficientes en Vitamina E y Selenio puede provocar náusea, vómito y muerte repentina en el transcurso de la hora de la inyección. El hierro dextrano inyectado intramuscularmente después de la cuarta semana de vida puede causar tinción del tejido muscular. (Plumb 2002)

#### **4.6.7. Sobredosis o toxicidad aguda:**

Dependiendo del tamaño de la dosis, las sobredosis accidentales inyectadas pueden requerir terapia de quelación. (Plumb 2002)

#### **4.6.8. Interacciones de la droga:**

El cloranfenicol puede retrasar la respuesta de la administración de hierro, por lo cual se debe evitar su uso en pacientes con anemia ferropénica. (Plumb 2002)

#### **4.6.9. Interacciones de la droga en el laboratorio:**

Grandes dosis de hierro inyectable puede decolorar el suero café, lo que puede causar falsa elevación de los valores séricos de bilirrubina y falsa disminución de los valores séricos de calcio. Después de grandes dosificaciones de hierro dextrano, los valores séricos de hierro pueden no ser significantes hasta tres semanas siguientes. (Plumb 2002)



## **4.7. Vitamina B<sub>12</sub>:**

La vitamina B<sub>12</sub> es hidrosoluble y contiene cobalto. Los términos Vitamina B<sub>12</sub> y cobalamina se usan indistintamente como nombres genéricos de todas las cobalaminas. Las cobalaminas más importantes en los humanos son la hidroxicobalamina, la adenosilcobalamina y la metilcobalamina, estas dos últimas son coenzimas activas. La cianocobalamina es la forma sintética de la vitamina B<sub>12</sub>, por su estabilidad y disponibilidad de transformar en los factores activos en el organismo. En todos los análogos de la vitamina B<sub>12</sub>, la sexta valencia del cobalto esta unida con diferentes radicales: CN<sup>-</sup> (ciano): Cianocobalamina; OH<sup>-</sup> (hidroxilo): Hidroxicobalamina; CH<sub>3</sub> (metilo): Metilcobalamina; 5'desoxiadenosil: Desoxiadenosilcobalamina. (Tacher 2004; Forrellat et al. 2004)

Es necesaria para la síntesis de la hemoglobina (a través del ciclo succinato-glicina), el metabolismo del tejido nervioso, proteico, grasas y carbohidratos. También se relaciona con la acción de varios aminoácidos, ácido pantoténico y vitamina C. Ayuda al hierro a cumplir una mejor función en el organismo, es requerida en la síntesis del folato y en la regeneración del ácido fólico durante la formación de los eritrocitos. (Tacher 2004)

El sistema hematopoyético es particularmente sensible a su deficiencia ya que esta vitamina produce una síntesis defectuosa del ADN en cualquier célula que intenta la replicación cromosómica y la división. La anemia perniciosa se debe a una inadecuada producción del factor intrínseco a nivel estomacal, factor necesario para la adecuada absorción de vitamina B<sub>12</sub> por el organismo. (Tacher, 2004)

### **4.7.1. Síntomas de deficiencia:**

#### **4.7.1.1. Signos clínicos:**

- Anorexia
- Ganancia de peso corporal reducida
- Tamaño de camada
- Peso del lechón al nacimiento reducidos
- Hipersensibilidad
- Piel y capa de pelo áspero
- Tren posterior incoordinado

(Straw et al. 1999)

***4.7.1.2. Signos sub-clínicos:***

- Anemia normocítica
- Neutrófilos incrementados y conteo de linfocitos reducido

(Straw et al. 1999)

## **V. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1. Ubicación del estudio:**

Granja Pastores es parte de la empresa Reproductores Porcinos S.A. y se encuentra en el Km 17 municipio de Pastores, departamento de Sacatepéquez.

- La temperatura va de 15 grados a 23 grados C.
- El área de las instalaciones de la granja se encuentra a una altura media de 1,586 m.s.n.m.

### **5.2. Materiales:**

#### **5.2.1. Recursos biológicos**

- 216 lechones en total

#### **5.2.2. Recursos humanos**

- 1) Asesoría técnica de tres médicos veterinarios especialistas en rama porcícola, dos médicos veterinarios especialistas en análisis de laboratorio y un medico veterinario especialista en análisis estadístico.
- 2) Personal técnico de la granja tecnificada porcícola donde realice el experimento.

#### **5.2.3. Recursos institucionales**

- 1) Centros de referencia: Biblioteca de la facultad de medicina veterinaria y zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala; Biblioteca de la facultad de medicina veterinaria y zootecnia de la Universidad Nacional de Heredia, Costa Rica.
- 2) Laboratorio: Laboratorio clínico de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

#### **5.2.4. Equipo de laboratorio**

- Tubos de ensayo al vacío de 3ml con anticoagulante EDTA
- Adaptadores para agujas de tubos de ensayo al vacío
- Agujas 21 x 1 ½” para tubos de ensayo al vacío
- Soporte Vacutainer®

- Agujas 22 x 1<sup>1/2</sup>''
- Jeringas tipo insulina 1ml
- Jeringas de 5ml
- Tubos capilares para microhematocrito con heparina
- Sellador para tubos capilares
- Microcentrífuga
- Medidor de hematocrito
- Reflotron®
- Tiras reactivas para medición de hemoglobina por método de Reflotron®.
- Puntas para micropipetas

#### **5.2.5. Equipo de campo**

- Aretes de tres colores para identificar lechones
- Aretador
- Marcador para ganado
- Violeta genciana
- Marcador permanente
- Hielera
- Sacos congelables
- Báscula de 5Kg con calibración de 10 gramos
- Báscula de 9.1Kg con calibración de 14 gramos
- Cuatro composiciones químicas de hierro inyectable

### **5.3. Métodos:**

#### **5.3.1. Criterios de inclusión**

- 1) Utilice lechones recién nacidos hasta el día 15 de edad, de hembras de dos a siete partos de línea genética Camborough 22. No incluí lechones provenientes de cerdas primerizas ya que estas presentan camadas con homogeneidad menor en cuanto a cantidad, peso al nacimiento y ganancia de peso corporal durante la lactación, además de variar en otros factores maternos.

- 2) Seleccione lechones de dos días de edad, comprendidos entre 1.36 y 2Kg, nacidos de dos lotes de hembras a parir con una semana de diferencia.

### 5.3.2. Tratamientos evaluados

- 1) Los tratamientos consistieron en la administración de cuatro composiciones químicas de hierro inyectable intramuscularmente, al tercer día de nacidos. Todas las composiciones químicas tendrán 20% de concentración en base a hierro (Cuadro 2).

### 5.3.3. Diseño experimental

- 1) Utilice un arreglo factorial de 4X3. La unidad experimental fue de un lechón, habiendo 12 tratamientos con 18 repeticiones, como lo indica el Cuadro 2:

**Cuadro 2. Diseño experimental**

		Producto			
Dosis en base a hierro		Composición 1: Hierro poliglu copiranosil; hidroxico balamina	Composición 2: Hierro dextrano	Composición 3: Hidróxido férrico y polisacaridos	Composición 4: Hierro dextrano; Cianocobalamina
	200mg (1ml)	18 lechones	18 lechones	18 lechones	18 lechones
	150mg (0.75ml)	18 lechones	18 lechones	18 lechones	18 lechones
	100mg (0.50ml)	18 lechones	18 lechones	18 lechones	18 lechones

### 5.3.4. Identificación de lechones

- 1) Coloque aretes a los lechones, con colores específicos para cada dosis de hierro a administrar, siendo: beige para 200mg; verde para 150mg; y lila para 100mg. Sobre cada arete especifique un código con el número de composición a administrar C1, C2, C3 y C4; y la dosis D1, D2 y D3.

- 2) Formé camadas uniformes en cuanto a tamaño del lechón, colocándolos en la jaula de una cerda previamente seleccionada. Identifique las jaulas que forman parte del experimento con un rótulo visible.

### **5.3.5. Administración de hierro**

- 1) Al tercer día de edad inyecté a cada lechón una dosis especificada en el Cuadro 2, intramuscularmente entre el músculo dorsal de la nuca y la base de la oreja.
- 2) Utilice agujas de calibre 22x1<sup>1/2</sup>” y jeringas tipo insulina de 1mm. Bundy et al. 1984 recomienda utilizar este largo y calibre de agujas debido a que mas largas gotean y cuando son más cortas la solución penetra con dificultad en la jeringa.
- 3) Identifique visiblemente con marcador para ganado o violeta genciana los lechones inyectados para evitar redosificarlos.

### **5.3.6. Medición de peso**

- 1) Utilicé una báscula de 5Kg con calibración de 10 gramos.
- 2) Pesé los mismos lechones a los 15 días de edad con una báscula de 9.1Kg con calibración de 14 gramos, previo a la toma de sangre y destete.

### **5.3.7. Toma de muestra de sangre**

- 1) Tomé una muestra de sangre de cada lechón al día 15 de edad, previo a su destete.
- 2) Puncé la vena yugular con una aguja hipodérmica, o directamente con una aguja 21x1<sup>1/2</sup>” y un tubo de ensayo al vacío con anticoagulante ácido etilen-diamino-tetra-acético (EDTA) cuando la vena estaba suficientemente disponible.
- 3) Mantuve las muestras en refrigeración hasta su procesamiento, dentro de un tiempo no mayor a 24 horas.

### **5.3.8. Determinación de niveles de hemoglobina y hematocrito**

En el Laboratorio de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala realicé:

- a. El análisis de niveles de hemoglobina con el método de Reflotron®, con una tira reactiva para cada muestra de sangre.
- b. Análisis de microhematocrito para cada muestra de sangre con la microcentrifuga (Meneses et al. 1993).

### **5.3.9. Registro de datos**

- Elaboré formatos para registrar la información recolectada para cada animal. (Anexos 7.1.-7.4.)

### **5.4. Análisis estadístico**

Procesé los datos utilizando el paquete estadístico Statistica®, versión 1998 (Stratsoft Inc. E.U.A.). Ingresé los resultados de los 216 lechones al programa y estratifiqué las variables a analizar considerando el análisis estadístico Anova/Manova de dos vías. Para determinar el efecto del producto y la dosis realicé un Análisis de Varianza de dos vías paramétrico.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación presento estadística descriptiva de los resultados de los niveles de hematocrito (Ht), hemoglobina (Hb) y ganancia de peso de cada dosis y composición evaluada:

**Cuadro 3. Valores de hematocrito, hemoglobina y ganancia de peso de lechones de 15 días de edad con tres dosis de cuatro composiciones químicas de hierro.**

PARAMETRO	Composición 1:			Composición 2:			Composición 3:			Composición 4:		
	Hierro poliglucopiranosil+ Hidroxicobalamina			Hierro dextrano			Hidróxido férrico+ polisacaridos			Hierro dextrano+ Cianocobalamina		
	n=18 media ± I.C. 95%			n=18 media ± I.C. 95%			n=18 media ± I.C. 95%			n=18 media ± I.C. 95%		
	100 mg	150 mg	200 mg	100 mg	150 mg	200 mg	100 mg	150 mg	200 mg	100 mg	150 mg	200 mg
<b>Ht (%)</b>	34.61 ±1.44	35.9 ±1.51	35.22 ±1.55	32.63 ±1.18	35.01 ±1.57	36.02 ±1.16	33.84 ±1.25	36.96 ±1.30	38.24 ±1.38	33.2 ±1.58	34.42 ±1.98	36.54 ±1.16
<b>Hb (g/dl)</b>	7.8 ±0.95	9.13 ±1.05	9.18 ±1.06	8.18 ±0.7	8.61 ±0.93	9.11 ±0.84	8.58 ±0.81	8.68 ±1.09	9.45 ±1.04	7.8 ±0.94	9.12 ±0.79	9.81 ±0.71
<b>GPC (Kg)</b>	2.27 ±0.38	2.07 ±0.41	2.51 ±0.36	2.42 ±0.47	2.37 ±0.54	2.17 ±0.45	2.39 ±0.49	2.50 ±0.45	2.59 ±0.48	2.49 ±0.51	2.53 ±0.35	2.95 ±0.48

I.C.= Intervalo de confianza del 95%

GPC: Ganancia de peso corporal

### 6.1. Efecto de la dosis de hierro sobre los niveles de hematocrito y hemoglobina:

#### 6.1.1. Hematocrito:

La dosis de hierro afectó los niveles de hematocrito ( $F= 19.36007$ ;  $gl= 2$ ;  $p= 0.0000$ ). Al compararlos entre sí, no encontré diferencia entre los resultados de la dosis de 150mg y 200mg ( $p=0.126606$ ), pero si entre los resultados de 100mg y 150mg ( $p=0.000117$ ) y entre 100mg y 200mg ( $p=0.000022$ ) (Cuadro 4).



**Cuadro 4. Valores medios de hematocrito de cada dosis combinando las diferentes composiciones químicas de hierro.**

DOSIS	HEMATOCRITO % n=18
100mg	33.56972
150mg	35.56944
200mg	36.50653

**6.1.2. Hemoglobina:**

Encontré que la dosis de hierro afecto los niveles de hemoglobina ( $F= 9.032364$ ;  $gl= 2$ ;  $p= 0.0002$ ). Al compararlos entre sí, determine que no existe diferencia entre los resultados de la dosis de 150mg y 200mg ( $p=0.233091$ ), pero si entre los resultados de 100mg y 150mg ( $p=0.026379$ ) y entre 100mg y 200mg ( $p=0.000093$ ) (Cuadro 5).

**Cuadro 5. Valores medios de hemoglobina de cada dosis combinando las diferentes composiciones químicas de hierro.**

DOSIS	HEMOGLOBINA g/dl n=18
100mg	8.090694
150mg	8.885000
200mg	9.385834

Se ha comprobado que la reserva de hierro en el organismo de lechones se agota en los primeros tres días de vida, debido a la renovación constante de hematíes como consecuencia del crecimiento exponencial del lechón (Palomo 2002; Millar y Duane 2004; Subcomitee on Swine Nutrition 1998). Consecuentemente, podemos suponer que en el momento que inicié el estudio las reservas de hierro eran prácticamente inexistentes. Por lo tanto, el efecto de la dosis sobre niveles de hematocrito y hemoglobina pudo deberse a una diferencia en la formación de glóbulos rojos y síntesis de hemoglobina debido a la variación de disponibilidad de hierro. Éste se absorbe conforme a la

necesidad de eritropoyesis (Sumano y Ocampo 1997). Los resultados muestran esta tendencia y respaldan esta interpretación.

El hecho de encontrar diferencia entre el efecto de 100mg y 150mg y no entre 150mg y 200mg sobre los niveles de hematocrito y hemoglobina, sugiere que los requerimientos de hierro son cubiertos con 150mg y que una administración mayor a ésta no producirá un aumento significativo en los valores de este parámetro. La transferrina tiene una baja tasa de saturación y atraparé el hierro encontrado en el suero hasta saturarse completamente, después de lo cual éste será excretado (Alltech 2003).

## **6.2. Efecto de la composición química de hierro sobre los niveles de hematocrito y hemoglobina:**

### **6.2.1. Hematocrito:**

La composición química de hierro afectó los niveles de hematocrito ( $F= 4.21846$ ;  $gl= 3$ ;  $p= 0.006399$ ). Al compararlos entre sí, no encontré diferencia entre los resultados de la composición 1 y las demás, mientras que la composición 3 fue diferente a la 2 y la 4 (Cuadro 6).

**Cuadro 6. Valores medios de hematocrito de cada composición química de hierro combinando las diferentes dosis.**

COMPOSICIÓN QUÍMICA	HEMATOCRITO % n=18
Hierro poliglucopiranosil+ Hidroxicobalamina	35.24482
Hierro dextrano	34.55241
Hidróxido férrico+ polisacáridos	36.34444
Hierro dextrano+ Cianocobalamina	34.71926

La composición química afectó los niveles de hematocrito únicamente con la dosis de 200mg ( $F= 4.151520$ ;  $gl= 3$ ;  $p= 0.009226$ ), siendo los resultados de la composición 3 diferentes a los del 1 ( $p=0.06089$ ) (Cuadro 7).

No encontré efecto de la composición química sobre los niveles de hematocrito aplicando las dosis de 150mg (F=2.113657; gl= 3; p= 0.106543) y 100mg (F=1.720497; gl= 3; p= 0.170985) (Cuadro 7).

**Cuadro 7. Valores de hematocrito en lechones de 15 días de edad con tres dosis de las cuatro composiciones químicas de hierro.**

COMPOSICIÓN QUÍMICA	HEMATOCRITO % (media)		
	100 mg n=18 I.C. 95%	150 mg n=18 I.C. 95%	200 mg n=18 I.C. 95%
<b>Hierro poliglucopiranosil+ Hidroxicobalamina</b>	34.61± 1.44	35.9± 1.51	35.22±1.55
<b>Hierro dextrano</b>	32.63± 1.18	35.01± 1.57	36.02± 1.16
<b>Hidróxido férrico+ polisacaridos</b>	33.84± 1.25	36.96± 1.30	38.24± 1.38
<b>Hierro dextrano+ Cianocobalamina</b>	33.2± 1.58	34.42± 1.98	36.54± 1.16

I.C.=Intervalo de confianza del 95%

El hecho de que la aplicación de hidróxido férrico+polisacaridos con la dosis de 200mg haya generado valores mayores pudo deberse a la variación de rapidez de absorción y biodisponibilidad de la composición (Bundy et al. 1984).

### **6.2.2. Hemoglobina:**

No encontré efecto de las composiciones químicas de hierro utilizadas sobre los niveles de hemoglobina (F= 0.315259; gl= 3; p= 0.8143) (Cuadro 8).

**Cuadro 8. Valores medios de hemoglobina de cada composición química de hierro combinando las diferentes dosis.**

COMPOSICIÓN QUÍMICA	HEMOGLOBINA g/dl n=18
Hierro poliglucopiranosil+ Hidroxicoalamina	8.702408
Hierro dextrano	8.632963
Hidróxido férrico+ polisacaridos	8.903148
Hierro dextrano+ Cianocobalamina	8.910185

No encontré efecto de la composición química sobre los niveles de hemoglobina aplicando la dosis de 200mg (F= 0.537006; gl= 3; p= 0.658518), 150mg (F= 0.362417; gl= 3; p= 0.780328) y 100mg (F= 0.847718; gl= 3; p= 0.472597) (Cuadro 9).

**Cuadro 9. Valores de hemoglobina en lechones de 15 días de edad con tres dosis de las cuatro composiciones químicas de hierro.**

COMPOSICIÓN QUÍMICA	HEMOGLOBINA g/dl (media)		
	100 mg n=18 I.C. 95%	150 mg n=18 I.C. 95%	200 mg n=18 I.C. 95%
Hierro poliglucopiranosil+ Hidroxicoalamina	7.8±0.95	9.13±1.05	9.18±1.06
Hierro dextrano	8.18±0.7	8.61±0.93	9.11±0.84
Hidróxido férrico+ polisacaridos	8.58±0.81	8.68±1.09	9.45±1.04
Hierro dextrano+ Cianocobalamina	7.8±0.94	9.12±0.79	9.81±0.71

I.C.=Intervalo de confianza del 95%

### **6.3. Interacción entre la dosis de hierro y el tipo de composición química utilizada sobre los niveles de hematocrito y hemoglobina:**

#### **6.3.1. Hematocrito:**

No existe interacción entre el efecto de las diferentes dosis de hierro y las diferentes composiciones químicas sobre los niveles de hematocrito (F= 1.74157; gl= 6; p= 0.1130).

### 6.3.2. Hemoglobina:

No existe interacción del efecto de las diferentes dosis de hierro y las diferentes composiciones químicas sobre los niveles de hemoglobina ( $F= 0.684746$ ;  $gl= 6$ ;  $p= 0.6622$ ).

La ausencia de interacción entre la dosis y el tipo de composición química utilizada sobre los niveles de hematocrito y hemoglobina se atribuye a que la dosis posee un efecto independiente sobre estos parámetros para cubrir los requerimientos de hierro del lechón en lactación, no existiendo sinergia o interferencia con el tipo de composición química utilizada.

### 6.4. Ganancia de peso corporal:

#### 6.4.1. Efecto de la dosis de hierro sobre la ganancia de peso corporal:

No existe diferencia en la ganancia de peso corporal utilizando las diferentes dosis de hierro ( $F= 0.883993$ ;  $gl= 2$ ;  $p= 0.4149$ ) (Cuadro 10).

**Cuadro 10. Valores medios de la ganancia de peso corporal de cada dosis combinando las diferentes composiciones químicas de hierro.**

DOSIS	GANANCIA PESO CORPORAL Kg n=18
100mg	2.389
150mg	2.366
200mg	2.550

#### 6.4.2. Efecto de la composición química de hierro sobre la ganancia de peso corporal:

No existe efecto de las distintas composiciones químicas de hierro utilizadas sobre la ganancia de peso corporal ( $F= 1.983828$ ;  $gl= 3$ ;  $p= 0.1177$ ) (Cuadro 11).

**Cuadro 11. Resultados de la media de la ganancia de peso de cada composición química de hierro de las diferentes dosis.**

COMPOSICIÓN QUÍMICA	GANANCIA PESO CORPORAL Kg n=18
Hierro poliglucopiranosil+ Hidroxicobalamina	2.278
Hierro dextrano	2.315
Hidróxido férrico+ polisacaridos	2.493
Hierro dextrano+ Cianocobalamina	2.655

No encontré efecto de las composiciones químicas sobre la ganancia de peso corporal aplicando la dosis de 200mg (F= 2.280479; gl= 3; p= 0.087095), 150mg (F= 1.040959; gl= 3; p= 0.380127) y 100mg (F= 0.181320; gl= 3; p= 0.908730) (Cuadro 12).

**Cuadro 12. Valores de la ganancia de peso de lechones de 15 días de edad con tres dosis de cuatro composiciones químicas de hierro.**

COMPOSICIÓN QUÍMICA	GANANCIA PESO CORPORAL Kg (media)		
	100 mg n=18 I.C. 95%	150 mg n=18 I.C. 95%	200 mg n=18 I.C. 95%
Hierro poliglucopiranosil+ Hidroxicobalamina	2.27	2.07	2.51
Hierro dextrano	2.42	2.37	2.17
Hidróxido férrico+ polisacaridos	2.39	2.50	2.59
Hierro dextrano+ Cianocobalamina	2.49	2.53	2.95

I.C.=Intervalo de confianza del 95%

La literatura afirma que el síntoma más evidente de la deficiencia de hierro es el retraso del crecimiento a partir de la tercera semana de vida de los lechones (Quiles y Hevia 2003), por lo tanto la ausencia de efecto de la dosis y composición química sobre la ganancia de peso pudo deberse a que evalué éste parámetro hasta el decimoquinto día de edad. Además, sugiero que otros factores no evaluados en este estudio influyen en mayor grado sobre éste parámetro, como la capacidad de

lactación de la madre, calidad nutricional de la leche, comportamiento de la camada, presencia de enfermedad, clima, etc.

**6.4.3. Interacción entre la dosis y el tipo de composición química utilizada sobre la ganancia de peso corporal:**

No existe interacción del efecto de las diferentes dosis de hierro y las diferentes composiciones químicas sobre la ganancia de peso corporal ( $F= 0.724849$ ;  $gl= 6$ ;  $p= 0.6300$ ).

## **VII. CONCLUSIONES**

1. La dosis de 150mg cubrió los requerimientos de hemoglobina y hematocrito en lechones según criterios establecidos (Campabadal 1991).
2. El incremento de la dosis de hierro genera una mayor producción de glóbulos rojos y síntesis de hemoglobina, aumentando así el valor del hematocrito y hemoglobina, independientemente del tipo de composición química utilizada.
3. El valor de la hemoglobina no varía significativamente según el tipo de composición química utilizada.
4. La ganancia de peso corporal varía según la dosis de hierro y tipo de composición química utilizada, aunque no a niveles estadísticamente significativos.
5. No observé un patrón de comportamiento de la ganancia de peso corporal al incrementar la dosis de hierro.
6. La aplicación de hierro en forma intramuscular en las diferentes dosis y composiciones químicas evaluadas, no tiene efecto sobre ganancia de peso hasta los 15 días de edad.



## **VIII. RECOMENDACIONES**

1. Administrar una dosis de hierro igual o mayor a 150mg en lechones de tres días de edad para evitar subdosificar y provocar la presentación de anemia ferropénica.
2. En este estudio no encontré un patrón en las tendencias del efecto de las distintas dosis sobre la ganancia de peso corporal, por lo que recomiendo realizar una investigación de un período mayor de 15 días para observar la influencia del hierro sobre este parámetro a mediano y largo plazo.
3. Utilizar agujas de calibre 22x1<sup>1/2</sup>” para administrar hierro, con el fin de evitar pérdidas del líquido durante este proceso.

## **IX. RESUMEN**

Con el objeto de contribuir a la prevención de la deficiencia de hierro en lechones, analicé el efecto e interacción de tres dosis de cuatro composiciones químicas de hierro sobre la ganancia de peso corporal y los niveles de hematocrito y hemoglobina al destete. Distribuí al azar 216 lechones en 12 tratamientos, generando un arreglo factorial de 4X3, administrando tres diferentes dosis (100mg, 150mg y 200mg) de cuatro composiciones químicas de hierro (hierro poliglucopiranosil + hidroxocobalamina; hierro dextrano; hidróxido férrico+ polisacaridos y hierro dextrano + cianocobalamina) con una concentración al 20%. Apliqué los tratamientos a los lechones al tercer día de nacidos y tome los datos de ganancia de peso, hematocrito y hemoglobina a los 15 días de edad. Para determinar efectos e interacciones, realice análisis de varianza de dos vías paramétrico.

La dosis de hierro afectó los niveles de hematocrito ( $p < 0.0001$ ) y hemoglobina ( $p < 0.001$ ). La composición química de hierro afectó los niveles de hematocrito aplicando la dosis de 200mg ( $p < 0.01$ ). La composición química no afectó los niveles de hemoglobina ( $p > 0.05$ ). La dosis y composición química de hierro no afectaron la ganancia de peso corporal ( $p > 0.05$ ). No existe interacción entre el efecto de las diferentes dosis de hierro y las diferentes composiciones químicas sobre los niveles de hematocrito, hemoglobina y ganancia de peso corporal ( $p > 0.05$ ).

Atribuyo el efecto de la dosis sobre niveles de hematocrito y hemoglobina a una diferencia en la formación de glóbulos rojos y síntesis de hemoglobina debido a la variación de disponibilidad de hierro y la tasa de saturación de la transferrina. El efecto de la composición química sobre los niveles de hematocrito pudo deberse a la variación de rapidez de absorción y biodisponibilidad de los ingredientes que la componen. Concluyo que la dosis posee un efecto independiente del tipo de composición química utilizada sobre los niveles de hematocrito y hemoglobina. La ausencia de efecto de la dosis y composición química sobre la ganancia de peso pudo deberse a la duración del estudio y a que otros factores no evaluados influyen en mayor grado sobre éste parámetro.

El análisis presentado constituye una herramienta científica para la industria porcícola para el manejo de hierro en la prevención de anemia ferropénica en lechones.

## **X. BIBLIOGRAFÍA**

Alltech. 2003. Nutrición de lo cerdos, Minerales Traza (en línea). Consultado 10 de julio 2004. Disponible en [www.midia.com.mx/alltech/enero%202003/memorias%20Pig%school.pdf](http://www.midia.com.mx/alltech/enero%202003/memorias%20Pig%school.pdf)

Anzola, H. 1999. Selenio orgánico y la cerda (en línea). Revista Acovez Vol. 24 No.2. Edición 84. Consultado 21 enero 2004. Disponible en [www.encolombia.com/acovez24284\\_contenido2.htm](http://www.encolombia.com/acovez24284_contenido2.htm)

Bundy, C; Diggins, R; Christensen, V. 1984. Producción porcina. D.F. México. Editorial Continental, S.A. p.193-195.

Campabadal, C. 1991. Manejo y Alimentación del Lechón del Nacimiento hasta el Destete. D.F., México. Editorial Asociación Americana de Soya. pag. 3-11.

Forrellat B, M; Gómis H, I ; Du Défaix, G ; Gómez, H. 2004. Vitamina B<sub>12</sub>: metabolismo y aspectos clínicos de su deficiencia (en línea). Consultado 21 enero 2004. Disponible en [www.infomed.sld.cu/revistas/hih/vol15\\_3\\_99/hih01399.htm](http://www.infomed.sld.cu/revistas/hih/vol15_3_99/hih01399.htm)

Hill, JR; Sainsbury, D. 1995. The health of pigs. England. Longman Scientific & Technical. p.184-185, 332-333.

Meneses, A; Sancho, E; Villalobos, J. 1993. Manual de hematología y química clínica en medicina veterinaria. Costa Rica. Editorial Fundación UNA. 168 p.

Miller, ER; Duane EU. 2004. Baby Pig Anemia (en línea). Consultado 18 enero 2004. Disponible en [www.penpages.psu.edu](http://www.penpages.psu.edu).

Palomo Y, A. 2002. Enfermedades metabólicas en ganado porcino (en línea). Consultado 20 septiembre 2004. Disponible en [www.redvya.com](http://www.redvya.com).

Plumb, D. 2002. Veterinary Drug Handbook (CD-Rom). 4ª Edición. U.S.A. Veterinary Teaching Hospitalspag. University of Minnesota. P. 424-425. 1 disco compacto, 8 mm.

Quiles, A; Hevia, M. 2003. Anemia Ferropénica del Lechón (en línea). Consultado 10 julio 2004. Disponible en [www.porcicultura.com](http://www.porcicultura.com).

Sector Sanidad Animal. 2004. Anemia de los lechones (en línea). Consultado 21 enero 2004. Disponible en [www.novartis.com.co](http://www.novartis.com.co)

Straw, B; D'allaire, S; Mengeling, W; Taylor, D. 1999. Diseases of Swine. U.S.A., Iowa. Iowa State University Press. pag. 743-753.

Subcommittee on Swine Nutrition. Committee on Animal Nutrition. Board on Agriculture. 1998. Nutrient requirements of swine. 10a Edición. U.S.A. National Research Council. p. 54-55.

Sumano, H; Ocampo, L. 1997, Farmacología veterinaria. 2a Edición. México. McGraw-Hill Interamericana. p. 612-613.

Tacher, J. 2004. Vitamina B<sub>12</sub> o Cianocobalamina (en línea). Consultado 21 enero 2004. Disponible en [www.tupediatria.com/mnyylmed-natural/mnyy22.htm](http://www.tupediatria.com/mnyylmed-natural/mnyy22.htm).

## **XI. ANEXOS**

11.1. Registro de vientre y camada

<b>JAULA</b>	
<b>LOTE</b>	
<b>MODULO</b>	
<b>CAMADA</b>	
<b>CERDA</b>	
<b>PARTO</b>	
<b>FECHA SUR</b>	
<b>FECHA PARTO</b>	
<b>HORA INICIAL</b>	
<b>HORA FINAL</b>	
<b>NACIDOS VIVOS</b>	
<b>MUERTOS</b>	
<b>MOMIAS</b>	
<b>DEFECTUOSOS</b>	
<b>TOTALES</b>	
<b>PESO CAMADA</b>	
<b>ACOMODADOS</b>	
<b>TRATAMIENTO CERDA</b>	
<b>PRODUCTO</b>	
<b>DOSIS</b>	
<b>FECHA</b>	
<b>HORA DE NACIMIENTO DE LECHONES</b>	

11.2. Peso de cada lechón por día, dosis y composición a aplicar.

**COMPOSICIÓN No.**

**PESO DIA**

NUMERO	<b>200 mg 1ml BEIGE</b>	<b>150 mg 0.75 ml VERDE</b>	<b>100 mg 0.5 ml LILA</b>
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
PROMEDIO			

11.3. Resultado del nivel de hemoglobina para cada lechón por composición y dosis aplicada.

**COMPOSICIÓN No. DOSIS No.**  
**HEMOGLOBINA Y HEMATOCRITO**

<b>NUMERO</b>	<b>HEMATOCRITO</b>	<b>HEMOGLOBINA</b>
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
<b>PROMEDIO</b>		

Observaciones:



11.4. Resultados de la ganancia de peso corporal por lechón con cada dosis y composición aplicada.

<b>NUMERO LECHÓN</b>	<b>PESO INICIAL DÍA 2</b>	<b>PESO FINAL DÍA 15</b>	<b>GANANCIA DE PESO CORPORAL</b>
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
<b>PROMEDIO</b>			
<b>Kg</b>			
<b>Lb</b>			

---

Br. Lilly Mariel Urizar Laparra

---

M.V. Edy Batres  
Asesor principal

---

M.V. Dennis Guerra  
Asesor

---

M.V. Yeri Veliz  
Asesor

Imprimase: \_\_\_\_\_  
Decano: M.V. Mario Llerena Quan