

**UNIVERSIDAD DE PANAMÁ**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**ESCUELA DE CIENCIAS PECUARIAS**

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN INYECTABLE DE DIFERENTES  
CONCENTRACIONES DE HIERRO DEXTRANO EN LECHONES SOBRE EL  
PERFIL HEMATOLÓGICO Y DESEMPEÑO PRODUCTIVO POST DESTETE**

**ASESOR**  
**PROF. RICHARD MUDARRA**

**DALKYS Y. RODRÍGUEZ B.**  
**CÉDULA 9-749-1073**

**SEGUNDO SEMESTRE**

**AÑO LECTIVO**  
**2025**

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN INYECTABLE DE DIFERENTES  
CONCENTRACIONES DE HIERRO DEXTRANO EN LECHONES  
SOBRE EL PERFIL HEMATOLÓGICO Y DESEMPEÑO  
PRODUCTIVO POST DESTETE**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDO PARA OPTAR POR EL  
TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
ESCUELA DE CIENCIAS PECUARIAS**

**PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O  
PARCIAL DEBE SER OBTENIDO EN LA FACULTAD DE CIENCIAS  
AGROPECUARIAS**

**APROBADO POR:**

**PROF. ING. RICHARD MUDARRA. M.Sc.** \_\_\_\_\_

**ASESOR**

**PROF. REYNALDO VARGAS Ph.D** \_\_\_\_\_

**MIEMBRO**

**PROF. ARTURO FUENTES. Ph.D** \_\_\_\_\_

**MIEMBRO**

**DAVID, CHIRIQUÍ  
REPUBLICA DE PANAMÁ**

**2025**

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero expresar mi sincero agradecimiento a el instituto técnico superior de agrotecnología de las américas (ITSA-INA) en especial al Ing. Eliecer Malday y al Dr. Osorio por brindarme sus instalaciones, animales y el ambiente académico necesarios para el desarrollo de esta investigación.

Mi gratitud más profunda a mi profesor asesor, Ing. Mudarra Hernández, Richard Alexander . por su orientación paciente, sus críticas constructivas y su genuino interés en mi crecimiento académico y personal. Su guía enriqueció no solo este trabajo sino mi formación entera. Gracias por creer en mí y en este proyecto.

Agradezco también al personal administrativo y técnico del laboratorio regional de salud animal de divisa, en particular al Dr. Arturo Sáenz A., por su ayuda en la gestión de exámenes de sangre.

A mi madre, Yanelkys, por su amor incondicional, paciencia. gracias por tu aliento diario, tus palabras de ánimo en los momentos de incertidumbre y tu confianza inquebrantable en mis capacidades. Tu amor y tu fortaleza emocional fueron mi refugio y motivación constante. Este logro es también fruto de tu generosidad y de la fe que siempre tuviste en mí.

A mi padre, José, cuyo ejemplo de esfuerzo y dedicación me inspiró siempre; gracias por tu apoyo incondicional y tus enseñanzas, que me impulsaron a llegar hasta aquí.

A mi hijo, Eliot, por inspirarme con su alegría y recordarme el propósito de mis esfuerzos.

A mi familia, pilar de fortaleza y aliento constante, gracias por acompañarme en cada paso de este camino.

A mis amigos por estar presentes en los buenos y malos momentos, por escuchar mis avances y dudas, y por brindarme espacios de alivio y distracción cuando más lo necesitaba.

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, fuente de toda sabiduría, fuerza y esperanza. A Él, que ha guiado mis pasos desde el inicio, que ha estado conmigo en los momentos de alegría y también en los de duda y cansancio. Gracias, Señor, por darme la vida, por sostenerme cuando sentí que no podía continuar, por abrir caminos donde no los veía, y por regalarme cada día la oportunidad de seguir creciendo

A mi padre, José, por su ejemplo de constancia, sacrificio y apoyo;

Y a mi madre, Yanelkys, por su amor incondicional, su fortaleza y su entrega sin límites. Gracias, mamá, por enseñarme con tu ejemplo que la perseverancia vence obstáculos, por tus consejos sabios y por ser mi refugio en cada desafío. Este logro también es tuyo. Gracias por darme alas para volar y raíces que siempre me recuerdan de dónde vengo.

A la memoria de mi querida abuela, Digna américa, quien partió de este mundo, pero dejó en mí enseñanzas y recuerdos que han iluminado mi corazón y motivado mi voluntad. Aunque ya no estés físicamente, tu cariño, tus historias y tu sabiduría me acompañaron en cada paso de esta investigación.

A mi hijo, Eliot, razón de mi alegría cotidiana y motor de mis esfuerzos. Tu sonrisa, tus preguntas e ilusión por aprender me motivaron a ser mejor cada día y a buscar un futuro más prometedor para ti. Cada avance en esta investigación imaginé compartirlo contigo, y tu presencia me recordó el valor de la dedicación y la responsabilidad. Este logro también es tuyo, hoy y siempre.

A mi familia, por estar siempre presentes, motivándome a seguir adelante.

# ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO.....	iv
DEDICATORIA.....	v
ÍNDICE GENERAL.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	x
RESUMEN.....	xi
SUMMARY.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	1
I.    MARCO TEÓRICO.....	3
1.1.    Generalidades.....	3
1.2.    El Hierro.....	3
1.2.1.    Metabolismo del hierro.....	4
1.2.1.1.    Transporte.....	5
1.2.1.2.    Almacenamiento.....	5
1.3.    La Hemoglobina (Hb).....	6
1.3.1.    Síntesis.....	7
1.3.2.    Degradación.....	7
1.4.    La anemia.....	7
1.4.1.    Eritropoyesis.....	9
1.4.2.    Qué se observa en el organismo animal cuando se padece anemia.....	9
1.4.3.    Factores que contribuyen a causar anemia ferropénica en cerdos.....	10
1.4.4.    Diagnóstico.....	12
1.4.4.1.    Hematocrito.....	12
1.4.5.    Tratamiento contra la anemia.....	12
1.4.5.1.    Metabolismo del hierro absorbido por vía oral.....	14
1.4.5.2.    Suplementación de hierro parenteral.....	15
Metabolismo del hierro dextranso inyectado.....	16
1.4.5.3.    Concentración, dosis y momento de aplicación.....	16

II.	METODOLOGÍA.....	18
III.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	20
IV.	CONCLUSIONES.....	27
V.	RECOMENDACIONES .....	28
VI.	BIBLIOGRAFÍA .....	29
VII.	ANEXOS .....	39

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Efectos de diferentes concentraciones de hierro dextrano inyectable sobre la concentración de hemoglobina y porcentaje de hematocrito .....	20
<b>Tabla 2.</b> Efectos de diferentes concentraciones de hierro dextrano inyectable sobre el peso vivo de los lechones en el estudio .....	24

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Interacción día de muestreo Versus tratamiento aplicado sobre la concentración de hemoglobina.....	22
<b>Figura 2.</b> Interacción día de muestreo Versus tratamiento aplicado sobre la concentración de hematocrito .....	23

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Vista general de la distribución de los cerdos en distintas camadas y agrupamiento para aplicación de los tratamientos .....	39
<b>Anexo 2.</b> Lechones durante la etapa de lactación .....	39
<b>Anexo 3.</b> Aplicación de hierro dextrano .....	40
<b>Anexo 4.</b> Toma de muestra de sangre a partir de la vena yugular .....	40
<b>Anexo 5.</b> Lechones, posterior a la colecta de muestras de sangre .....	41
<b>Anexo 6.</b> Muestras de sangre a ser analizadas.....	41
<b>Anexo 7.</b> Vista general de la explotación porcina .....	41

# EFFECTO DE LA APLICACIÓN INYECTABLE DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE HIERRO DEXTRANO EN LECHONES SOBRE EL PERFIL HEMATOLÓGICO Y DESEMPEÑO PRODUCTIVO POST DESTETE

Dalkys Y. Rodríguez B.

2025

## RESUMEN

Se llevó a cabo un estudio donde se evaluó el efecto de la aplicación de distintas concentraciones y tiempos de aplicación de hierro dextrano inyectado sobre variables hematológicas y productivas en lechones lactantes durante los primeros 30 días de vida. Se utilizaron 16 lechones, con cuatro lechones por tratamiento, distribuidos aleatoriamente en los siguientes tratamientos: Tratamiento control (T0); Sin aplicación de hierro inyectable; T1) 200 mg de hierro al día 2 de nacido; T2) 100 mg de hierro en el día 2 y 100 mg en el día 19 de vida; y T3) 200 mg al día 2 y 100 mg al día 19 de vida. se realizaron colectas de sangre vía vena yugular al día 2 de nacido, al día 15 de la lactancia, y al día 30 de vida para determinar la concentración de hemoglobina y el porcentaje de hematocritos, mientras que se tomó el peso al nacimiento y el peso al final del estudio (d 30) para determinar la ganancia de peso. Para las variables hematológicas se encontró diferencia estadísticamente significativa en la concentración de hemoglobina ( $p=0.001$ ) y porcentaje de hematocritos ( $p=0.021$ ) entre lechones que recibieron aplicación de hierro dextrano (T1, T2, T3) en comparación a los que no recibieron ninguna dosis (T0;  $p=0.001$ ). Adicionalmente, se encontró una diferencia estadística en la interacción tratamiento por día (T\*D =  $p=0.019$ ) en la concentración de hemoglobina y una tendencia a diferir en el porcentaje de hematocrito (T\*D  $p=0.071$ ), con un aumento gradual de ambos indicadores sanguíneos durante el periodo experimental. En cuanto a las variables productivas, se encontró diferencia estadística en el peso final ( $p=0.001$ ). y ganancia de peso ( $p=0.004$ ), con el menor desempeño en los lechones que no recibieron hierro inyectable. No obstante, si se compara entre los tratamientos que recibieron hierro inyectable, se observa que la aplicación de hierro dextrano a diferentes dosis en una o varias aplicaciones sobre el periodo de lactancia no ejerce cambios significativos en las variables hematológicas o desempeño productivo de lechones durante el primer mes de vida. En conclusión, no hay diferencias en las variables hematológicas y productivas entre los diferentes días y dosis de aplicación de hierro durante el primer mes de vida.

**Palabras clave:** *anemia, hematocrito, hemoglobina, desempeño productivo.*

# EFFECT OF INJECTABLE APPLICATION OF DIFFERENT IRON DEXTRAN CONCENTRATIONS ON PIGLET HEMATOLOGICAL PROFILE AND POST-WEANING PRODUCTIVE PERFORMANCE

Dalkys Y. Rodríguez B.

2025

## SUMMARY

The study was conducted to evaluate the effect of different concentrations and application times of injected iron dextran on hematological profile and productive performance in suckling piglets during the first 30 days of life. Sixteen piglets were used, with four piglets per treatment, randomly distributed in the following treatments: Control treatment (T0); No application of injectable iron; T1) 200 mg of iron on day 2 of life; T2) 100 mg of iron on day 2 and 100 mg on day 19 of life; and T3) 200 mg on day 2 and 100 mg on day 19 of life. Blood samples were collected via jugular vein on day 2 of birth, on day 15 and day 30 of life to determine hemoglobin concentration and hematocrit percentage, while birth weight and weight at the end of the study (day 30) were taken to determine weight gain. For the hematological variables, a statistically significant difference was found in the hemoglobin concentration ( $p = 0.001$ ) and hematocrit percentage ( $p = 0.021$ ) between piglets that received iron dextran application (T1, T2, T3) compared to those that did not receive any dose (T0;  $p = 0.001$ ). Additionally, a statistical difference was found in the treatment by day interaction ( $T \times D = p = 0.019$ ) in the hemoglobin concentration and a tendency to differ in the hematocrit percentage ( $T \times D p = 0.071$ ), with a gradual increase in both blood indicators during the experimental period. Regarding the productive variables, a statistical difference was found in the final weight ( $p = 0.001$ ) and weight gain ( $p = 0.004$ ), with the lowest performance in piglets that did not receive injectable iron. However, a comparison of different treatments shows that the application of iron dextran at different doses in one or more applications during the lactation period does not significantly affect the hematological variables or productive performance of piglets during the first month of life. In conclusion, there are no differences in hematological and productive variables between the different days and doses of iron application during the first month of life.

**Keywords:** *anemia, hematocrit, hemoglobin, productive performance.*

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento demográfico ha llevado a una demanda de ciertos alimentos, entre estos, aquellos cuyo valor proteico es alto como la carne de cerdo (Bifaretti *et al.*, 2014, Herder *et al.*, 2018, Hernández y Parrish, 2017, Pérez *et al.*, 2019, Stępień y Sapa, 2016). No obstante, la especie porcina se caracteriza por presentar un porcentaje de mortalidad neonatal elevado en comparación con otras especies como la ovina, equina o bovina, esto a pesar de que cuenta con una de las más modernas tecnologías en producción animal (Pérez, 2010).

Entre las principales causas de la mortalidad pre-destete se encuentra la anemia, el cual es un problema generalmente causado por carencia de hierro. La anemia de los lechones es de tipo hipocrómica microcítica, indicativa de insuficiencia de este elemento. Estudios recalcan que los lechones neonatos poseen tan solo entre 35 a 50 mg de hierro, el cual es provisto a través de la madre, siendo un aporte que cubre tan solo un porcentaje de su demanda (7-11 mg diarios), por lo que, dada su necesidad, dicha cantidad supliría sus necesidades por un periodo de tan solo unos días; por tal razón, los cerdos desarrollarían anemia si no reciben un tratamiento suplementario (Orozco *et al.*, s.f.).

En este sentido, se registran diferentes protocolos para aplicar los tratamientos, así como también distintas vías de administración, cantidad, concentración y tiempos de aplicación (Anchapanta, 2019, Erikson *et al.*, 1998, Lipiński *et al.*, 2010, Miller y Ullrey, s.f., Starzyński *et al.*, 2013, Yap, 2018).

Con base en lo mencionado anteriormente, este trabajo de investigación tiene como objetivo evaluar diferentes concentraciones de hierro dextrano con

aplicación en diferentes etapas durante el periodo de lactancia y evaluar su efecto sobre la concentración de hemoglobina, hematocrito y el desempeño productivo de los cerdos durante el primer mes de vida.

## **I. MARCO TEÓRICO**

### **1.1. Generalidades**

Alrededor del mundo, existe gran demanda de proteína animal; así, el cerdo, por ser una de las especies con el más rápido crecimiento y alto índice de conversión de alimentos, contribuye a cubrir en porcentaje mayoritario dicha demanda (Bula y González, 2023, Rodríguez, 2018).

Por su parte, de acuerdo con los datos más recientes publicados por el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) de la Contraloría General de la República de Panamá, en el país se registró durante el 2023, para este subsector, la mayor producción de los últimos 22 años, presentándose un inventario de 420,058 cabezas de ganado a nivel nacional, lo que podría ser el resultado de una mayor demanda dado el aumento poblacional; no obstante, quizás esa no sea la única razón, ya que se registra también un aumento en términos porcentuales de 0.58% con respecto al año anterior. Durante el primer trimestre del 2023 igualmente se sacrificaron progresivamente más animales, encontrándose una diferencia positiva de aproximadamente 10,000 cerdos entre febrero y marzo (INEC, 2023).

### **1.2. El Hierro**

Este mineral juega un rol importante en el metabolismo no solo de los cerdos, sino de muchos organismos; es un componente crítico de la molécula de hemoglobina y mioglobina, de hecho, sin hierro suficiente no se puede fabricar la cantidad necesaria de tales proteínas (Thibodeau y Patton, 2012). A partir de la asociación que tiene con estas, se demuestra que su función principal en el cuerpo

implica el transporte de oxígeno a través de la sangre y del músculo (Anchapanta, 2019).

Desde el punto de vista productivo, existen opiniones a favor y en contra con respecto a su relación con la velocidad de crecimiento; así Quiles y Hevia (2003) manifiestan que su aplicación induce a un mayor consumo de alimento y, por ende, mayor ganancia de peso. Estos autores, de igual forma, declaran que el retraso en el crecimiento es el primer síntoma evidente de su carencia, ya que este interviene en la síntesis de las bases púricas, componentes básicos del ADN y ARN, representando así, uno de los factores más limitantes en los procesos de síntesis de proteínas, y, por lo tanto, de crecimiento celular. No obstante, se debe mencionar que este argumento resulta contradictorio o quizás simultáneamente, factor dentro de un ciclo de retroalimentación; ya que a tiempo que se expone que la carencia de hierro retrasa el crecimiento, también se dice, tal y como se verá más adelante, que la rápida tasa de crecimiento de la especie porcina, es precisamente una de las razones que contribuyen a ocasionar patologías relacionadas a la carencia de este elemento, es decir, los cerdos crecen tan rápido que llega un momento en que la cantidad de este mineral no es suficiente para mantener el funcionamiento normal de los procesos que lo requieren.

Piscoya *et al.* (2022), igualmente encuentran correlación entre la alteración de los niveles de hemoglobina, el crecimiento normal y la reducción en la ganancia de peso.

### **1.2.1. Metabolismo del hierro**

El metabolismo del hierro forma un ciclo completo de almacenamiento, utilización, transporte, degradación y reutilización. Existen tres moléculas

importantes en su metabolismo, estas son la transferrina, la ferritina y la hemosiderina.

#### **1.2.1.1. Transporte**

Una vez que el hierro es absorbido se libera en forma de hierro férrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) para unirse con la transferrina, la cual es una beta-globulina producida en el hígado que forma el complejo “transferrina-hierro” que viaja por el plasma hacia los tejidos, cuyas células tiene receptores que fijan el complejo a la superficie de la membrana celular y lo introducen al interior, donde el hierro se libera.

La transferrina está aumentada en el déficit de hierro aun en la fase inicial cuando todavía no hay cambios significativos y disminuida en los procesos inflamatorios y crónicos (Svarch, 2015); es decir, existe en un principio, una relación inversamente proporcional entre la cantidad de transferrina y la de hierro, la cual cambia en procesos avanzados, ya que en ese momento se observa una relación directa, al registrarse menos transferrina conforme disminuye la cantidad de hierro disponible.

#### **1.2.1.2. Almacenamiento**

Con respecto al almacenamiento, de las dos moléculas que captan hierro para reservas en depósito, ferritina y hemosiderina, la primera representa la mayor proporción de hierro almacenado; esta es una molécula fijadora que lo almacena para que esté disponible en varias funciones celulares y también juega un papel importante como reguladora de la inmunidad y como mediadora de la inflamación (Carrillo *et al.*, 2015).

A diferencia de la molécula encargada del transporte, en el caso de la ferritina, se observa una relación siempre directa en cuanto a la cantidad de hierro

disponible, así, en la anemia ferropénica, en la que las reservas de hierro llegan a desaparecer, los niveles de ferritina en suero se encuentran disminuidos (Svarch, 2015). Por tal razón, su estudio es de gran valor diagnóstico, un nivel bajo de ferritina indica deficiencia de hierro, bien sea por falta de ingestión, de asimilación o producción.

La ferritina es sintetizada en el espacio intracelular en respuesta al aumento del contenido de hierro. Las células liberan una pequeña cantidad de ferritina a la circulación sistémica, que suele ser proporcional al contenido de hierro celular y es la que se determina en el suero.

Según el estudio de Smith *et al.* (1983), los lechones al nacimiento tienen un valor de ferritina sérica de  $20.8 \pm 14.7$  ng/ml, que aumenta cuando los lechones son tratados con hierro.

### **1.3. La Hemoglobina (Hb)**

La molécula de hemoglobina ocupa un papel central en la fisiología al unir, transportar y suministrar oxígeno a los tejidos. Esta se sintetiza dentro de los eritrocitos en desarrollo, es su principal proteína intracelular, representa el 32% de la masa total del mismo y está formada por el ensamble de cuatro cadenas de proteínas globulares (globinas), cada una con un centro formado por un grupo hemo con hierro (Miller y Ullrey, s.f.).

La cifra normal de hemoglobina en lechones es de 7 a 13 g/dl (Quiles y Hevia, 2003, Quiles y Hevia, s.f.), y su determinación mide la cantidad de proteína que hay en un volumen de sangre.

### **1.3.1. Síntesis**

La síntesis es absolutamente dependiente de la disponibilidad de hierro, el renuevo frecuente de hematíes conlleva a una necesidad constante de este elemento. Los eritrocitos en desarrollo se dividen varias veces hasta que comienzan a sintetizar grandes cantidades.

### **1.3.2. Degradación**

La degradación se produce una vez que el eritrocito alcanza su tiempo de vida. Un eritrocito normal que sale de la médula ósea circula por la sangre 63 días en los porcinos, y al igual que cualquier otra célula, va perdiendo su capacidad metabólica y antioxidante (Recio, 2018).

## **1.4. La anemia**

Esta enfermedad, que resulta de especial interés en el campo de la Medicina Veterinaria, se encuentra entre las principales causas de mortalidad pre-destete, ha sido descrita como una de las condiciones patológicas humanas y en animales de significación económica más extendidas, sin embargo, a pesar de haber sido estudiada durante largo tiempo, aun no se ha encontrado el mejor método para su prevención. No obstante, en el caso de que su origen sea la deficiencia de hierro, la administración externa de este elemento se considera muy importante (Castillo, 2006). Así lo establecen Dal Masetto *et al.* (2012), quienes dicen que sin tomar en cuenta el sistema productivo de que se trate, extensivo, intensivo o el sistema agroecológico, la suplementación férrica resulta altamente recomendable; esto contrario a lo que expresan Góngora *et al.*, (2004), quienes manifiestan que no es necesaria la aplicación de hierro a cerdos criados en el exterior, debido a que estos

tienen contacto directo con el suelo, el cual puede contener hasta 1.5% de este mineral y a que los lechones comienzan a hozar entre los tres a cuatro días de nacidos.

Haciendo una analogía, con los humanos, de acuerdo con Aixelá (2017), la anemia puede tener diversos orígenes, razón por la que, se la define como un grupo heterogéneo de patologías que pueden ser hereditarias o adquiridas y que pueden ser consecuencia, tanto de la baja disponibilidad de hierro como de un defecto en la síntesis de globinas o del componente “hemo” de la hemoglobina.

A razón de lo anterior, podría hablarse de anemia y anemia ferropénica. En el caso de los mamíferos, principalmente en cerdos, la anemia ferropénica y la deficiencia de hierro es muy común (Li *et al.*, 2018).

Esta condición en lechones fue descrita por primera vez en 1891 en Alemania, sin embargo, no es hasta 1929 cuando en Estados Unidos se dio a conocer la existencia de un tipo específico que era ocasionado por deficiencia de hierro (Quiles y Hevia, 2003, Quiles y Hevia, s.f). No obstante, cabe la aclaración de que deficiencia de hierro no es sinónimo de anemia, el déficit férrico no necesariamente conduce a esta, puede existir ferropenia sin anemia, la aparición de la anemia corresponde al cuadro final de un proceso crónico que ha pasado por tres etapas.

La primera es una depleción de los depósitos de hierro de los principales órganos de reserva como el hígado, riñón y bazo, sin ocasionar alteraciones en su aporte a los tejidos eritropoyéticos. La segunda presenta un aporte deficiente de hierro a los tejidos eritropoyéticos, pero sin ocasionar grandes modificaciones en la síntesis de hemoglobina. En la tercera se produce una deficiencia de hierro

manifiesta, donde se observa una disminución en la concentración de hemoglobina, hematocrito y número de eritrocito por debajo de los valores aceptados como normales (Valenzuela *et al.*, 2015). La anemia se instaura solamente después de que las reservas corporales han sido seriamente depletadas, limitando la cantidad requerida por la médula ósea para el proceso hematopoyético y de hemoglobino – síntesis.

#### **1.4.1. Eritropoyesis**

La eritropoyesis es el proceso de formación y maduración de los eritrocitos, sustituyendo así los eritrocitos eliminados y manteniendo la cantidad de esta constante. Este proceso implica tres componentes básicos; las células precursoras, las citosinas, y un microambiente apropiado. Este último incluye factores como el aporte de oxígeno, nutrientes, hierro y aminoácidos.

Hay dos reguladores para la producción de eritrocitos: la eritropoyetina y la oxigenación tisular.

#### **1.4.2. Qué se observa en el organismo animal cuando se padece anemia**

En cualquier tipo de anemia, se observa reducción en la eritropoyesis y descenso en la capacidad de transporte de oxígeno en la sangre por debajo de los valores normales en un animal de una especie, raza, edad, sexo y localización geográfica en particular; estas características pueden influir en el recuento eritrocitario, sin que esta alteración se considere patológica, esto se ve reflejado en un hematocrito bajo o disminución del contenido de hemoglobina.

En el caso de la anemia ferropénica, como la cantidad de hierro disponible no es suficiente para sintetizar grupos hemo, la velocidad de síntesis de hemoglobina disminuye iniciándose una reacción patológica en cadena: menos

hemoglobina, menos oxígeno transportado, metabolismo y uso más lento de los nutrientes en la célula, producción de menos energía y disminución de las funciones celulares (Thibodeau y Patton, 2012).

#### **1.4.3. Factores que contribuyen a ocasionar anemia ferropénica en cerdos**

Las necesidades de hierro del lechón para las primeras etapas de crecimiento son las más elevadas dentro de las especies zootécnicas, esto puede guardar relación con:

- **Rápida tasa de crecimiento**

Los cerdos alcanzan cuatro veces su peso corporal a la tercera semana de vida, aumentándolo 15 veces desde el nacimiento hasta el final del segundo mes. A falta de materia prima (hierro), necesaria para la formación de hemoglobina no se lleva a cabo el incremento en el número requerido de eritrocitos para aumentar el suministro de sangre.

- **Bajo almacenamiento de hierro en el lechón**

El lechón nace con reservas de hierro muy limitadas, aproximadamente 40-50 mg, con el que apenas alcanza a cubrir sus necesidades hasta los 2 o 3 primeros días de vida, este valor se considera el más bajo entre los mamíferos recién nacidos, esto debido a la llamada “barrera placentaria” la cual puede limitar la transferencia de hierro de la madre al feto (Castillo, 2006; Valenzuela *et al.*, 2015).

Su almacenamiento está influenciado por la dieta materna durante la gestación; sin embargo, la mayor parte del almacenamiento ocurre tarde en este periodo. Además, si el número de animales nacidos es mayor de lo habitual, por ejemplo, en camadas extra grandes, el suministro del individuo tiende a ser menor, incluso si la reserva es normal.

Por tanto, el hierro del que dispone el lechón son las reservas hepáticas, las mismas, que, si no se realiza suplementación, pueden disminuir 50% a las 24 horas y 80% a las 72 horas después del nacimiento. Siendo el requerimiento diario en lechones de aproximadamente 10-15 mg de hierro por día para mantener niveles normales de hemoglobina y permitir un crecimiento adecuado, resulta evidente que, sin suplementación, las reservas corporales no durarán mucho tiempo (Venn y McCance, 1938).

- **Bajo contenido de hierro en el calostro y en la leche de la cerda**

El calostro es un verdadero concentrado de anticuerpos y células inmunitarias, sin embargo, es deficiente en hierro. La conversión de este a leche, que es menos rica en dicho mineral, es rápida, completándose tras 24-36 horas postparto, después de esto el lechón consumirá leche hasta el destete (Belloc, 2013).

- **Eliminación del contacto con el hierro del suelo**

La tecnificación de la producción porcina se ha incrementado gradualmente lo que ha ocasionado que la explotación sea cada vez en mayor confinamiento; como consecuencia, los lechones y las hembras gestantes se crían en pisos de concreto, y, por tanto, se ven privados de sus fuentes naturales de nutrientes, principalmente minerales como el hierro que usualmente toman del suelo.

Se observan casos de anemia si no se aplican inyecciones de hierro a los lechones que se crían bajo estas condiciones, pudiéndose llegar a perder a un lechón o a toda la camada.

Por su parte, aquellos que se crían en el suelo obtienen suficiente provisión de hierro de la tierra adherida a las ubres de la madre y son menos susceptibles a padecer anemia (Góngora *et al.*, 2004).

#### **1.4.4. Diagnóstico**

El diagnóstico específico de las enfermedades del sistema hematopoyético es relativamente poco común en los cerdos. Este se puede realizar en base a un historial de falta de suplementación de hierro y podría reforzarse a partir de signos clínicos. Se están utilizando técnicas moleculares, sin embargo, las pruebas bioquímicas y hematológicas siguen siendo la base para el diagnóstico (Godyń *et al.*, 2016). Una de estas determinaciones es la Biometría Hemática, principalmente dos variables, hematocrito y hemoglobina que son considerados los principales indicadores de anemia (Zevallos, 2008). No obstante, hay que señalar que de acuerdo con autores como Ángel y Mejía (2006), el estudio de los niveles de ferritina, detectan carencia de hierro con más fidelidad que la que ofrece el hematocrito, sideremia o estudio del extendido periférico. Aun así, la variable más utilizada en la industria porcina para evaluar la deficiencia de hierro o anemia sigue siendo la hemoglobina.

##### **1.4.4.1. Hematocrito**

El hematocrito es una medida específica de cuánta sangre está formada por hematíes, es una forma muy conveniente de determinar si su recuento es demasiado elevado, demasiado bajo o normal.

#### **1.4.5. Tratamiento contra la anemia**

Sin la adición de estos suplementos de hierro, los lechones desarrollarían anemia pocos días después del nacimiento (Venn y McCance, 1938).Valenzuela *et al.*,

2015; Svoboda *et al.*, 2017), de esta forma es común que en la práctica se les suministre hierro exógeno a los cerdos como un procedimiento estándar, así, es frecuente la administración oral o interna (parenteral subcutánea, intramuscular e intravenosa) de preparaciones de mezclas sinergistas (Ventrella *et al.*, 2017).

A continuación, se mencionan algunas alternativas dentro de la suplementación vía oral, de acuerdo con Anchapanta (2019):

#### **Suplementación de hierro oral**

- Tierra limpia espolvoreada con sulfato de hierro
- Proporcionar mezclas orales directamente en la boca del lechón o en el agua
- Aplicar pasta de sulfato de hierro sobre los pezones de la cerda cada 2 a 3 días durante el periodo de lactancia

#### **Uso de bloques de hierro**

- Las pastas orales disponibles *ad libitum* también son una forma de suplementación, pero la absorción dentro de cualquier camada es variable y algunos lechones permanecen anémicos
- Administración de altos niveles de hierro en la ración de la cerda. Los lechones obtendrán una cantidad adecuada de hierro de los alimentos y de las heces de la cerda

Las opciones anteriores resultan buenas, sin embargo, se prefiere la vía parenteral, debido a que, según Quiles y Hevia (2003), la absorción de hierro por vía oral es bastante bajo, llegando a un 40 %

Miller y Ullrey (s.f.) y Sperling *et al.* (2018) agregan que la vía oral no es bien absorbida por el sistema digestivo, presentándose efectos secundarios

gastrointestinales como náuseas, vómitos, dolor abdominal y diarrea. Esto podría guardar relación con el hecho de que según Starzyński *et al.* (2013) y Valenzuela *et al.* (2015), la maquinaria molecular responsable de la captación, absorción y transporte de hierro en los lechones recién nacidos no está completamente desarrollada, lo que puede explicar una respuesta reducida de los animales a este tipo de terapia. La aplicación por vía oral también demanda mucha mano de obra y no hay seguridad de que el lechón consuma la dosis adecuada. Aparte de esto, desde una perspectiva económica, de acuerdo con Castillo (2006), aplicar específicamente hierro dextrano, a pesar de que en un principio tiene un mayor costo que la suplementación vía oral, presenta una mayor tasa de retorno marginal.

Zevallos (2008), de igual forma, apoya la vía intramuscular, ya que alega que los niveles de los índices hematológicos mejoran de acuerdo con la forma de aplicación del hierro, concluyendo que el hierro administrado en forma intramuscular presenta mejores niveles de hemoglobina, hematocrito y hematíes en lechones al destete comparado con el tratamiento por vía oral. Esto se debe también a que, a través de la vía parenteral, el hierro está disponible directamente en el bazo, por lo tanto, su disponibilidad en el organismo es mejor.

No obstante, en vista de que la inyección coincide con el estrés al nacimiento, descolmillado y alimentación, la vía oral se sigue considerando una alternativa, en la que el hierro, de igual forma, presenta biodisponibilidad y, por tanto, puede ser utilizado en los procesos metabólicos; este puede ser aplicado en forma de óxido, sulfatos o carbonatos.

#### **1.4.5.1. Metabolismo del hierro absorbido por vía oral**

Si bien como se explicó, la respuesta vía oral al tratamiento con hierro en lechones es reducida, el mecanismo mediante el cual este se metaboliza en el organismo de los cerdos es como se enuncia a continuación.

El hierro entra al organismo del lechón en forma de sales inorgánicas (carbonato de hierro, cloruro ferroso, cloruro férrico, óxido férrico y sulfato ferroso) o como sales orgánicas (citrato ferroso, fumarato o lactato ferrosos), posteriormente, en el estómago, por acción del ácido clorhídrico gástrico, las sales se descomponen, siendo el hierro inmediatamente liberado y quelado, encontrándose así, en condiciones de solubilidad para su absorción. Por lo que entonces, este se absorbe a lo largo del intestino delgado, principalmente en el duodeno y la porción superior del yeyuno proximal, y luego se libera en forma de hierro férrico en la superficie basal, donde se une a la transferrina (Quintero, 2002).

#### **1.4.5.2. Suplementación de hierro parenteral**

Para el tratamiento y la profilaxis de las anemias ferropénicas, sobre todo en animales neonatos productores de alimentos, también se pueden utilizar inyecciones compuestas por fumarato ferroso u óxido de hierro dextrano.

Estos complejos de hierro se distinguen por su peso molecular alto (100 000 Dalton) y su estabilidad.

No obstante, el hierro dextrano es el más difundido y utilizado en la prevención y terapia de la anemia causada por la deficiencia de hierro en mamíferos; su estructura brinda un soporte inerte y completamente metabolizable por el cuerpo para el desarrollo de derivados clínicos, convirtiéndola en una excelente matriz para medicamentos de acción controlada, lo que garantiza que sea asimilable, permitiendo al ion férrico su fácil y rápida absorción.

Así el hierro es entregado lentamente para su transporte unido a la transferrina o almacenado como ferritina, además, la parte polisacáridica sirve de portador y controlador de su efecto. La primera síntesis de hierro dextrano para uso intramuscular se remonta a 1952 regenerando la hemoglobina de forma rápida y eficiente en humanos y siendo bien tolerado en lechones (Sperling *et al.*, 2018).

#### ❖ **Metabolismo del hierro dextrano inyectado**

Después de la inyección intramuscular, el hierro dextrano se absorbe desde el lugar de la inyección hacia los capilares y el sistema linfático, luego el dextrano es secretado por la orina, y el hierro queda libre para entrar en la circulación donde se combina con la transferrina para su distribución. Así 3-4 horas post-inyección, el hierro se encuentra en los ganglios linfáticos; a las 24 horas se detecta en el plasma, almacenándose en el hígado, nódulos linfáticos, médula ósea y bazo; de tal forma, cinco días después, se observa un aumento en los eritrocitos (Valenzuela *et al.*, 2015).

#### **1.4.5.3. Concentración, dosis y momento de aplicación**

Distintos autores recomiendan diferentes concentraciones, número de dosis, así como momento de aplicación (Erikson *et al.*, 1998, Miller y Ullrey, s.f., Yap, 2018).

Algunos señalan las ventajas del empleo de dosis únicas, mientras que otros abogan por dosis a distintos tiempos. Lipiński *et al.* (2010) y Starzyński *et al.* (2013) mejoraron los valores hematológicos con dosis divididas, resultados similares obtuvo Anchapanta (2019).

De igual forma, Svoboda *et al.* (2017), mencionan la importancia que tiene la vitamina E para evitar la intoxicación por hierro y su relación con el hecho de que el

calostro es fuente de este elemento, además de selenio, siendo así, que a los dos días de nacidos, es cuando los lechones han absorbido la cantidad que les es funcional, la cual no pudieron obtener durante la gestación, ya que la cantidad transportada a través de la placenta es limitada, una razón más que justifica la aplicación del tratamiento días posteriores al nacimiento.

Ligado a los efectos tóxicos del hierro, los estudios de Pu *et al.* (2018), y Szudzik *et al.* (2018), demuestran que la acumulación de grandes cantidades induce la expresión de hepcidina, la cual puede disminuir la disponibilidad de hierro suplementario, esto debido a que, el contenido corporal del hierro se encuentra regulado sobre todo por la tasa de absorción más que por la excreción. La absorción se regula según la cantidad de reserva de hierro, por lo que unas reservas elevadas disminuyen su absorción.

## **II. METODOLOGÍA**

### **2.1. Diseño experimental (animales y localización)**

Este estudio se llevó a cabo en el proyecto porcino del Instituto Técnico Superior de Agrotecnología de las Américas, ubicado en la comunidad Cañazas Abajo, corregimiento Santiago Este, Distrito de Santiago, Provincia de Veraguas. Se utilizaron las camadas provenientes de ocho cerdas. Dichas camadas fueron aleatoriamente asignadas a cuatro tratamientos: T0) tratamiento control; T1) una inyección con 200 mg de hierro al día 2 de nacido; T2) 100 mg de hierro en el día 2 y 100 mg en el día 19 de vida; y T3) 200 mg al día 2 y 100 mg al día 19 de vida. De las cerdas asignadas a cada tratamiento se identificaron 4 cerdos con pesos homogéneos (una hembra y un macho) a los cuales se realizaron colectas de sangre vía vena yugular al día 2 de nacido, al día 15 de la lactancia, y al día 5 post-destete (día 30 de nacido) para determinar la concentración de hemoglobina y el porcentaje de hematocritos mediante un analizador hematológico (Mindray, BC-2800Vet, China).

Se realizó el registro del peso de los lechones al primer día de vida y al día 30 del experimento, con el fin de evaluar la ganancia de peso obtenida durante la fase experimental.

### **2.2. Análisis estadístico**

Los datos se ingresaron en una hoja de cálculo de Microsoft Excel 2021 para su procesamiento. Los datos se sometieron a evaluación de los supuestos utilizando la prueba de Shapiro-Wilk's para valorar normalidad y la prueba de Levene's para

analizar la homogeneidad de varianzas. Las variables de peso inicial, peso final, ganancia de peso, concentración de hemoglobina y porcentaje de hematocritos mostraron normalidad en sus datos.

Para las variables de desempeño productivo, los datos fueron analizados mediante el PROC ANOVA de SAS, con medidas repetidas, donde el corral correspondió a la unidad experimental. En cuanto al perfil sanguíneo, se utilizó un modelo lineal general con el lechón como unidad experimental.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontró diferencias significativas entre tratamientos en la concentración de hemoglobina ( $p=0.0015$ ) con una menor concentración en los lechones del tratamiento control (T0), a los cuales no se les administró hierro durante el estudio. Similarmente, se encontró un menor porcentaje de hematocritos ( $p=0.021$ ) en los cerdos del tratamiento control (Tabla 1). Interesantemente, hubo efecto de interacción día\* tratamiento tanto en la concentración de hemoglobina (Figura 1;  $p=0.19$ ) como una tendencia a diferir en el porcentaje de hematocrito (Figura 2;  $p=0.071$ ).

**Tabla 1. Efectos de diferentes concentraciones de hierro dextrano inyectable sobre la concentración de hemoglobina y porcentaje de hematocrito.**

Variable	Tratamientos				SEM	Valor <i>P</i>		
	T0	T1	T2	T3		Día	Trt	Día*Trt
Hemoglobina, g/dL	8.21 <sup>a</sup>	10.62 <sup>b</sup>	11.44 <sup>b</sup>	9.98 <sup>b</sup>	0.54	0.483	0.0015	0.019
Hematocrito, %	26.25 <sup>a</sup>	33.08 <sup>b</sup>	34.42 <sup>b</sup>	30.33 <sup>b</sup>	1.88	0.594	0.021	0.071

T<sub>0</sub>: control; T<sub>1</sub>: 200 mg de hierro al día 2 de nacido; T<sub>2</sub>: 100 mg de hierro en el día 2 y 100 mg en el día 19 de vida; y T<sub>3</sub>: 200 mg al día 2 y 100 mg al día 19 de vida.

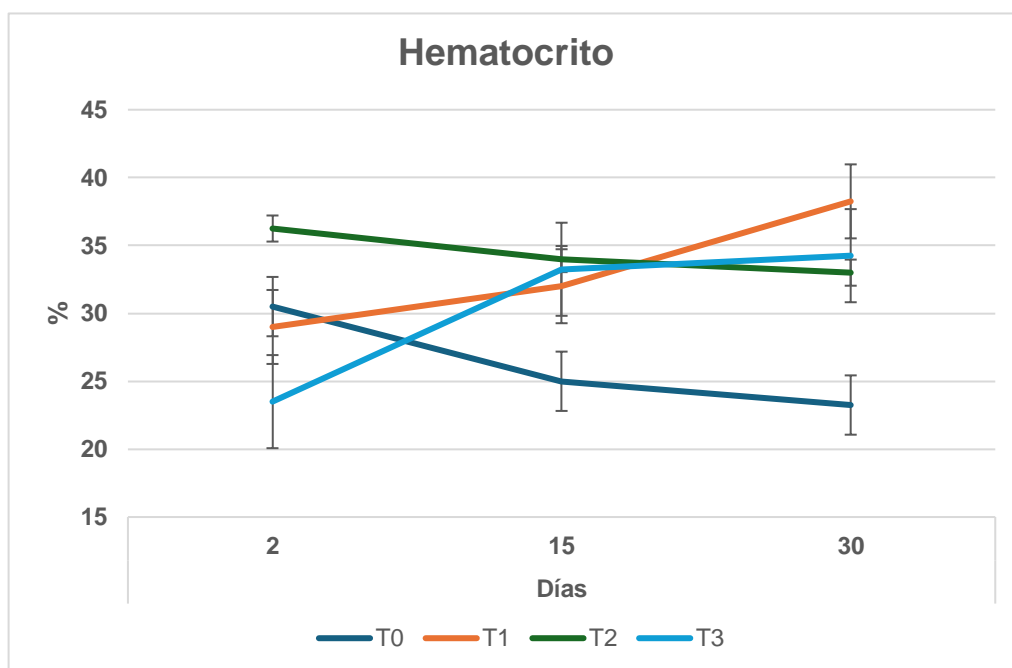
Podemos observar en los resultados obtenidos que independientemente de la concentración de hierro colocada a los lechones en una o varias aplicaciones, no se muestra una diferencia en la respuesta, excepto en aquellos del tratamiento control que no recibieron ninguna dosis de hierro, denotando la importancia de la aplicación de hierro en los lechones durante la lactancia.

Según el estudio realizado por Lipinski *et al.* (2010), donde evaluaron la inyección de hierro dextrano a dosis única versus dividida, se encontró que en el tratamiento de dosis dividida se disminuyó la cantidad total de hierro aplicado, esto con el objetivo de contrarrestar la toxicidad generada por el suministro “excesivo” en una sola aplicación; dado que en los lechones inyectados a los tres días de nacidos, se observó un efecto “anti-anémico” cuatro días después de la aplicación con ambos tratamientos, lo que demuestra la viabilidad de aplicar el tratamiento con una dosis reducida, ya que posee la ventaja de no generar efectos adversos debido a una sobrecarga férrica. Adicionalmente, Starzynski *et al.* (2013) en su estudio enfatizaron en la evaluación de la cantidad de hierro aplicado, especialmente en una sola dosis, buscando disminuir la expresión de hepcidina, regulador negativo en la absorción de hierro que se expresa cuando se aplican niveles elevados, encontrando que no existe diferencia entre aplicar en dosis divididas a los días 3 y 14 con relación a una dosis también dividida, pero mayor en cantidad total a los días 3 y 21, por lo que recomiendan la dosis menor. Esto se debe a que tendrá un efecto positivo en la producción, con el beneficio de que se disminuye la toxicidad generada por exceso de aplicación de hierro.

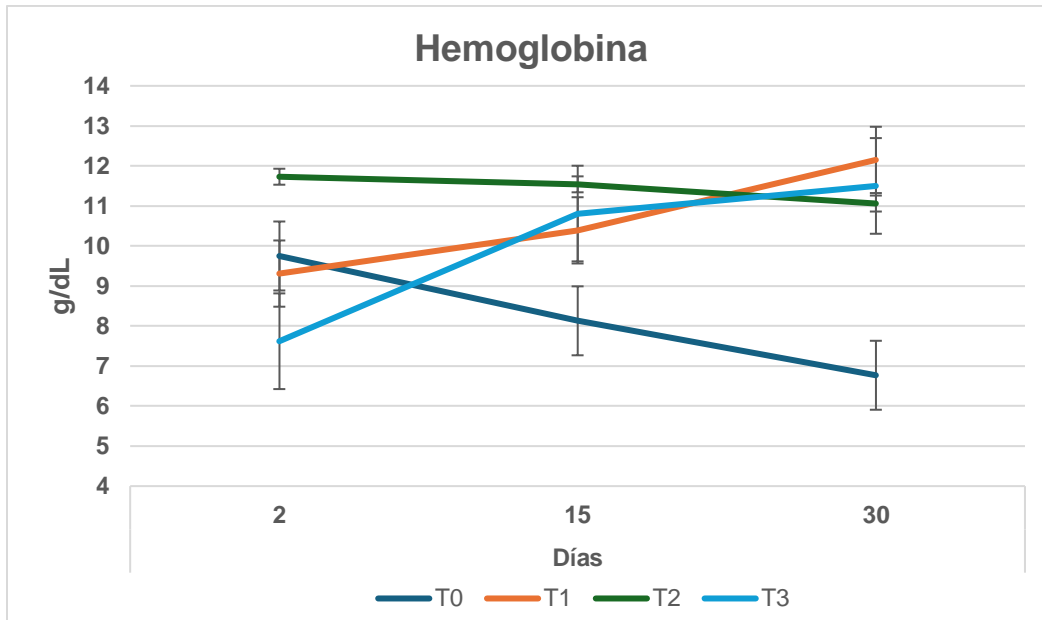
Interesantemente, el tratamiento dos donde se aplicó el menor nivel de hierro dextrano como dosis inicial mostró mejores concentraciones de hemoglobina en el

presente estudio, lo que pudo deberse a un menor efecto tóxico en los primeros días de vida del lechón generando así también menor efecto anti anémico causado por la inyección, mostrando que una dosis inicial de 100 mg de hierro al día 2 y 100 mg de hierro al final de la lactancia podría generar mejores perfiles de hemoglobina en lechones lactantes.

Por su parte, con relación a la variable “hematocrito”, se observó una tendencia similar, lo que resulta lógico, ya que atendiendo a la definición encontrada en Villanueva (2025), el término “hematocrito” hace referencia al porcentaje de glóbulos rojos en el volumen total de sangre; por lo que, tomando en consideración que, la hemoglobina se encuentra contenida dentro de estos, cabría esperar que los valores encontrados para ambas variables guarden entre sí una relación directamente proporcional.



**Figura 1. Interacción día de muestreo Versus tratamiento aplicado sobre la concentración de hemoglobina.**



**Figura 2. Interacción día de muestreo Versus tratamiento aplicado sobre el porcentaje de hematocrito.**

De acuerdo con diversos autores, no se ha establecido un consenso definitivo sobre los valores de referencia de hemoglobina en lechones, situación que ha sido señalada por Mejicanos (2009). Se manifiesta que 10.0 g/dL se considera un nivel adecuado y 8.0 g/dL un nivel normal y 7.0 g/dL representa anemia (Mejicanos, 2009). Tomando como referencia estos valores, se puede decir entonces que, en promedio, los animales, a excepción de los correspondientes al T3 iniciaron el tratamiento con niveles de hemoglobina que pudieran calificarse en ese momento como normales, es decir, no correspondientes a un estado anémico.

Interesantemente, a pesar de que los cerdos iniciaron con diferentes concentraciones de hemoglobina, pudiendo deberse a que provenían de diferentes camadas, es notable como a lo largo del estudio la concentración se va regulando en niveles más estables como un perfil de hemoglobina normal, mientras que los

lechones a los que no se colocó hierro, redujeron de aproximadamente 10.0 g/dL a menos de 7.0 g/dL de hemoglobina, siendo considerado niveles anémicos.

Adicionalmente, Anchapanta (2019) considera normal para esta categoría de animal, un rango de 9.0 a 14.0 g/dL al igual que 32 a 50 % para el hematocrito, mientras que, para el primer parámetro, Quiles y Hevia (2003) consideran normal, valores comprendidos entre 7.0 a 13.0 g/dl. En cuanto a la variable “hematocrito” los animales correspondientes a todos los tratamientos, excepto T2, iniciaron debajo del rango. Para el tratamiento control, además los valores fueron incluso disminuyendo. Con el T1 se registró un aumento gradual, entrando al rango a partir del día 15.

**Tabla 2. Efectos de diferentes concentraciones de hierro dextrano inyectable sobre el peso vivo de los lechones en el estudio.**

	Tratamientos				Valor <i>P</i>
	T0	T1	T2	T3	
Peso Inicial, Kg	1.58 ± 0.13	1.70 ± 0.11	1.58 ± 0.13	1.47 ± 0.11	0.645
Peso Final, Kg	6.69 ± 0.21 <sup>a</sup>	8.84 ± 0.29 <sup>b</sup>	8.27 ± 0.38 <sup>b</sup>	9.07 ± 0.41 <sup>b</sup>	0.001
Ganancia de Peso, Kg	5.10 ± 0.28 <sup>a</sup>	7.14 ± 0.34 <sup>b</sup>	6.69 ± 0.42 <sup>ab</sup>	7.59 ± 0.46 <sup>b</sup>	0.004

En cuanto a las variables productivas (peso vivo), no se encontró diferencias significativas en el peso inicial ( $p=0.645$ ), donde los cerdos independientemente del tratamiento presentaron pesos aproximados de 1.58 kg; al finalizar el estudio se pudo observar diferencias significativas ( $p=0.001$ ) donde lechones que recibieron suplementación férrica, sin tomar en cuenta las diferencias entre cada uno de los tratamientos (T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub>), es decir, sin importar las dosis y momentos de aplicación,

mostraron en general mejores pesos vivos finales, de aproximadamente 2.04 kilogramos más, en comparación a los lechones del tratamiento control ( $T_0$ ), los cuales no recibieron hierro inyectable.

Entre aquellos que no reportan una relación entre estas dos variables se encuentran Anchapanta (2019) y Anchapanta *et al.*, (2020), en vista de que, al igual que en la presente investigación, no encontraron diferencia estadísticamente significativa entre las distintas dosis y tiempos de aplicación después de 28 días de iniciados los tratamientos. Góngora *et al.* (2004), por su parte, tampoco encontraron diferencias en el peso de los lechones, comparando aquellos a los que se les aplicó hierro con los que no fueron sometidos a este tratamiento. Sin embargo, es muy importante señalar que, las condiciones del ensayo fueron distintas, ya que en este caso los animales se encontraban bajo un sistema de explotación extensivo en que, al tener contacto directo con el suelo, según lo señala el estudio, fue posible que estos obtuvieran de esta fuente el hierro necesario para cumplir con sus funciones.

De igual manera, Urizar (2004) no encontró evidencia que demuestre relación entre la aplicación de distintas dosis de hierro y el aumento de peso en cerdos, no obstante menciona que esto pudo deberse a la duración del estudio, el cual fue de 15 días, alegando que es a partir de la tercera semana cuando esta relación pudiera hacerse evidente, así mismo menciona que existen otros factores que pudieran tener un efecto más notorio sobre este parámetro, entre estos la capacidad de lactación de la madre, calidad nutricional de la leche, comportamiento de la camada, presencia de enfermedades, clima, entre otros.

Igualmente, Ramos *et al.* (2019) reportan que no existe evidencia estadística que respalde el efecto de dosis individuales o divididas sobre la ganancia de peso.

Ranjan *et al.* (2012), y Smith *et al.*, (1983) no descartan de forma definitiva una relación o efecto sobre esta variable, manifestando que se observa una reducción en el crecimiento o ganancia de peso vivo solo cuando los índices de hemoglobina alcanzan respectivamente valores de 5 g/dl y 8 g/dl.

La mayor parte de las investigaciones que se generan en este campo comparan la diferencia de peso existente al inicio y al final de los respectivos estudios, no obstante, los resultados referentes a la ganancia diaria brindan de igual forma información relevante, de esta forma, se encuentran los estudios llevados a cabo por Antileo (2015) y por Murphy *et al.* (1997), quienes al igual que en la presente investigación, no encontraron diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos para este parámetro, así reportan que aumentar la dosis de suplementación con hierro dextrano no parece ser ventajoso en este sentido ya que no contribuye a mejorar el *performance*. Situación contraria exponen Loh *et al.* (2001), quienes sí demuestran una diferencia a nivel estadístico, sin embargo, se debe mencionar que esto, comparando tratamientos donde se aplicó hierro dextrano inyectable versus aquellos administrados vía oral.

## **CONCLUSIONES**

La suplementación férrica mejoró significativamente los parámetros sanguíneos y productivos, confirmando la importancia del hierro en la respuesta fisiológica del lechón. La aplicación de 100 mg de hierro en el día 2 y 100 mg en el día 19 de vida sobresalió como el tratamiento más eficaz, evidenciando su superioridad en relación con los demás.

## RECOMENDACIONES

Si bien, mediante la presente investigación se sugiere la aplicación de dosis divididas, sería de gran interés complementar dicha información con los planteamientos expuestos en otros trabajos, especialmente en referencia a que tal y como se manifiesta, la desventaja de dosis divididas es justamente la doble aplicación de hierro que causa mayor estrés a los cerdos y constituye una labor más complicada con respecto al tratamiento vía oral. Tomando en cuenta las ventajas de la vía oral y el hecho de que los lechones paulatinamente van adaptando su sistema digestivo a la alimentación, se recomienda en futuros ensayos evaluar protocolos combinados de aplicación férrica, incluyendo a su vez un tamaño muestral mayor que permita comparar no solo esta modalidad combinada, sino también tratamientos aplicados a través de un única vía, considerando también adicionar otros elementos a los tratamientos, tal como el caso de la vitamina B12, que permita estudiar más a fondo la temática plasmada en este trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aixalá, M. (2017). Anemia microcítica-hipocrómica: anemia ferropénica versus b talasemia menor. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana*, 51 (3), 291-305.  
<https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.redalyc.org/pdf/535/53553013004.pdf&ved=2ahUKEwiXt-bd-tH-AhVXjLAFHfD0A3EQFnoECBsQAQ&usg=AOvVaw3M4fm2OU6jQVy7wZsirbs8>
- Anchapanta, E. (2019). *Uso de hierro dextrano 100 y hierro dextrano 200 para la prevención de anemia en lechones recién nacidos*. [Tesis de Grado, Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/20275>
- Anchapanta, R.E., Quisirumbay, J.R. y Naranjo, M.A. (2020). Efecto de diferentes protocolos de aplicación de hierro sobre variables hematológicas en lechones. *Revista Veterinaria*, 31 (2), 137-141.  
<https://revistas.unne.edu.ar/index.php/vet/article/view/4733>
- Ángel, G., y Mejía, M. (2006). Interpretación clínica del laboratorio. A. Garrido (Ed.) (7a ed.). Editorial Médica Panamericana.
- Antileo, R. (2015). *Efecto de la suplementación oral de hierro hemínico/no hemínico encapsulado sobre el estado nutricional de hierro en cerdos neonatos*. [Tesis de Grado, Universidad de Chile]. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/136251>
- Belloc, C. (2013, 11 de enero). *Rinitis atrófica: El calostro, transmisor de la inmunidad de la cerda al lechón*. 3tres3.com Comunidad Profesional Porcina.  
[https://www.3tres3.com/articulos/el-calostro-transmisor-de-la-inmunidad-de-la-cerda-al-lechon\\_31588/](https://www.3tres3.com/articulos/el-calostro-transmisor-de-la-inmunidad-de-la-cerda-al-lechon_31588/)

- Bifaretti, A., Brusca, E. y Jairala, M. (21-23 de octubre de 2014). *Cambios socioeconómicos y demanda de carne: ¿Cómo se construye el mapa del consumo de proteínas cárnicas en el mercado argentino?* [Trabajo de investigación]. XLV Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria y IV Congreso Regional de Economía Agraria, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. <http://www.ipcva.com.ar/files/AAEA2014web.pdf>
- Bula, A. y González, R. (2023). Sector Ganadero 2023 (Informe del Observatorio UNR n° 60). G. Tessmer y L. Jara. Universidad Nacional del Rosario. <https://observatorio.unr.edu.ar/wp-content/uploads/2023/04/Sector-Ganadero-2023.pdf>
- Castillo, E. (2006). *Composición de dos tipos de hierro para aplicación en lechones recién nacidos* [Tesis de Grado, Universidad San Carlos de Guatemala]. <https://core.ac.uk/reader/35294340>
- Carrillo, R., Peña, C., Zepeda, A., Meza, J., Maldonado, R., Meza, C., Carrillo, D. y Carrillo, C. (2015). Ferritina y síndrome hiperferritinémico. Su impacto en el enfermo grave; conceptos actuales. *Medicina Crítica y Terapia Intensiva*, 29 (3), 157-166. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-84332015000300006](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-84332015000300006)
- Dal Masetto, M., Vidales, G., Echevarría, L. y Bérèterbide, J. (2012). Evaluación de los niveles de hemoglobina en lechones lactantes provenientes de sistemas de producción de cerdos de ciclo completo a campo y en confinamiento. *Vet. Arg.*, 29 (289), 1-9. <http://www.veterinariargentina.com/revista/2012/05/evaluacion-de-los-niveles-de-hemoglobina-en-lechones-lactantes-provenientes-de-sistemas-de-produccion-de-cerdos-de-ciclo-completo-a-campo-y-en-confinamiento/>

- Erikson, K.M., Beard, J.L. y Connor, J.R. (1998). Distribution of brain iron, ferritin and transferrin in the 28 day old piglet. *J. Nutr. Biochem*, 9, 276-284.  
[https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://core.ac.uk/download/pdf/149232419.pdf&ved=2ahUKEwiZpOu5\\_NH-AhUoTjABHb1BDv0QFnoECBgQAQ&usg=AOvVaw3ERXAGQG5uRVdHjGTB\\_zov](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://core.ac.uk/download/pdf/149232419.pdf&ved=2ahUKEwiZpOu5_NH-AhUoTjABHb1BDv0QFnoECBgQAQ&usg=AOvVaw3ERXAGQG5uRVdHjGTB_zov)
- Godyń, D., Pieszka, M., Lipiński, P. y Starszyński, R. (2016). Diagnostic of iron deficiency anaemia in piglets in the early postnatal period-a review. *Animal Science Papers and Reports*, 34 (4), 307-318.  
[https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.igbzpan.pl/uploaded/FSiBundleContentBlockBundleEntityTranslatableBlockTranslatableFilesElement/filePath/65/str307-318.pdf&ved=2ahUKEwj-j-oL0\\_NH-AhWURDABHdoUDuUQFnoECBEQAQ&usg=AOvVaw2r87-x2uGgAri-AIHVtOqV](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.igbzpan.pl/uploaded/FSiBundleContentBlockBundleEntityTranslatableBlockTranslatableFilesElement/filePath/65/str307-318.pdf&ved=2ahUKEwj-j-oL0_NH-AhWURDABHdoUDuUQFnoECBEQAQ&usg=AOvVaw2r87-x2uGgAri-AIHVtOqV)
- Góngora, M., Sarmiento, F., Segura-Correa, J. y Santos-Ricalde, R. (2004). Evaluación de la pertinencia de aplicar hierro a lechones criados en un sistema de producción en exterior. *Vet. Méx.*, 35 (4), 287-294. <https://www.redalyc.org/pdf/423/42335401.pdf>
- Herder, A., Mishra, K., Walstra, J. y Verdonk, D. (2018). *Risking animal welfare. Case study on investments in chicken and pig meat production*. Fair Bank Guide. <https://www.worldanimalprotection.nl/sites/default/files/media/onderzoekerlijkebankwijzer.pdf>
- Hernández, G. y Parrish, M. (2017). *Mexico. Livestock and Products Semi-annual: Mexico's Livestock Sector Remains Healthy*. United States Department of Agriculture. [https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/report/downloadreportbyfilename?filename=Livestock%20and%20Products%20Semi-annual\\_Mexico%20City\\_Mexico\\_3-12-2017.pdf](https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/report/downloadreportbyfilename?filename=Livestock%20and%20Products%20Semi-annual_Mexico%20City_Mexico_3-12-2017.pdf)

Instituto Nacional de Estadística y Censo. (2023). *Existencia de ganado porcino en la República, según provincia y comarca indígena: año 2023 (E)*. [Archivo PDF]. <https://www.inec.gob.pa/archivos/P0579518620240530100057Mapa%20%20Porcino.pdf>

Instituto Nacional de Estadística y Censo. (2023). *Existencia de ganado porcino en la República, según provincia y comarca indígena: año 2023 (E)*. [Archivo PDF]. <https://www.inec.gob.pa/archivos/P030194820240530102756Gr%C3%A1fica%20%20Porcino.pdf>

Instituto Nacional de Estadística y Censo. (2023). *Existencia de ganado porcino en la República, según provincia y comarca indígena: años 2001-23*. [Archivo PDF]. <https://www.inec.gob.pa/archivos/P0289562520240530100330Cuadro%20%20Porcino.pdf>

Instituto Nacional de Estadística y Censo. (2023). *Sacrificio de ganado vacuno y porcino en la República, por sexo según principales distritos y resto del país*. [Archivo PDF]. [https://www.inec.gob.pa/publicaciones/Default3.aspx?ID\\_PUBLICACION=1143&ID\\_CATEGORIA=4&ID\\_SUBCATEGORIA=13](https://www.inec.gob.pa/publicaciones/Default3.aspx?ID_PUBLICACION=1143&ID_CATEGORIA=4&ID_SUBCATEGORIA=13)

Instituto Nacional de Estadística y Censo. (2023). *Variación porcentual de la existencia de ganado porcino en la República, según provincia y comarca indígena: años 2022-23*. [Archivo PDF]. [www.inec.gob.pa/archivos/P030194820240530100602Cuadro%20%20Porcino.pdf](https://www.inec.gob.pa/archivos/P030194820240530100602Cuadro%20%20Porcino.pdf)

Li, Y., Yang, W., Dong, D., Jiang, S., Yang, Z. y Wang, Y. (2018). Effect of different sources and levels of iron in the diet of sows on iron status in neonatal pigs. *Animal Nutrition*, 4, 197-202. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405654517301385>

- Lipiński, P., Starszyński, R., Canonne-Hergaux, R., Tudek, B., Oliński, R., Kowalczyk, P., Dziaman, T., Thibaudeau, O., Gralak, M., Smuda, E., Woliński, J., Usińska, A. & Zabielski, R. (2010). Benefits and Risks of Iron Supplementation in Anemic Neonatal Pigs. *The American Journal of Pathology*, 177 (3), 1233-1243.  
<https://doi.org/10.2353%2Fajpath.2010.091020>
- Loh, C., Heng, L., Lee, T., Kong, M. & Yoon, Choo. (2001). The effects of iron supplementation in preweaning piglets. *Mal J Nutr*, 7 (1 & 2), 41-49.  
[https://www.researchgate.net/publication/225301006\\_The\\_effects\\_of\\_iron\\_supplementation\\_in\\_preweaning\\_piglets](https://www.researchgate.net/publication/225301006_The_effects_of_iron_supplementation_in_preweaning_piglets)
- Venn, J. A. J., & McCance, R. A. (1938). The effect of iron deficiency on the blood of the piglet. *Journal of Comparative Pathology and Therapeutics*, 51, 306–323.  
[https://doi.org/10.1016/S0368-1742\(38\)80026-9](https://doi.org/10.1016/S0368-1742(38)80026-9)
- Mejicanos, S. (2009). *Efecto de la hierba mora (Solanum americanum, Solanum nigrescens) como prevención de la anemia ferropénica en lechones del nacimiento al destete*. [Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala].  
<http://www.repositorio.usac.edu.gt/3339/>
- Murphy, K., Friendhsip, R. & Dewey, C. (2001). Effect of weaning age and dosage of supplemented iron on the hemoglobin concentrations and growth rate of piglets. *Swine Health and Production*, 5 (4), 135-138. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfindmkaj/http://www.swinevet.com/shap/issuess/v5n4/v5n4p135.pdf
- Orozco, V., Flores, V., Ortega, G. y Hernández, G. (s.f.). Evaluación de tres productos comerciales de hierro dextran sobre el comportamiento productivo de lechones

lactantes y valores de hematocrito y eritrocitos. Disponible en:  
[https://www.amvec.com/memories/memorias/2005/2005\\_062.pdf](https://www.amvec.com/memories/memorias/2005/2005_062.pdf)

Pérez, A., Martín, M., y Pérez, G. (2019). Análisis estratégico de la competitividad del sector porcino en Yucatán. En Olivares, A., Castro, E., Peralta, P., Espinoza, F. y Suástegui, C. (Eds.), *Competitividad Organizacional: Estudio de factores* (pp. 9-24). Qartuppi. DOI 10.29410/QTP.19.01

Pérez, F. (2010). Prácticas de manejo del lechón en maternidad: estrategias para mejorar su sobrevivencia y aumentar la productividad. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 11 (1), 1-21.  
<https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.redalyc.org/pdf/636/63613103010.pdf&ved=2ahUKEwj1jsHOgtLAhXhtTEKHW7jBf0QFnoECBwQAQ&usg=AOvVaw1T9CEp-0cuEgAEfNdOVFA8>

Piscoya, C., Hernández, A. y Sandoval, J. (2022) Toxicidad por hierro en lechones. *Ciencia y Sociedad*, 2 (4), 19-28.  
<https://revistas2.unprg.edu.pe/ojs/index.php/CURSO/article/view/548>

Pu, Y., Li, S., Xiong, H., Zhang, X., Wang, Y. & Du, H. (2018). Iron promotes intestinal development in neonatal piglets. *Nutrients*, 10 (726).  
<http://dx.doi.org/10.3390/nu10060726>

Quiles, A. y Hevia, M. (2003). Anemia de los lechones. Disponible en:  
[https://www.researchgate.net/publication/28289773\\_Anemia\\_de\\_los\\_lechones](https://www.researchgate.net/publication/28289773_Anemia_de_los_lechones)

Quiles, A. y Hevia, M. (s.f.). Anemia ferropénica del lechón. Disponible en:  
[https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.agrovetmarket.com/resources/investigacion\\_y\\_desarrollo/articulos\\_tecnicos/121\\_anemia\\_ferro](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.agrovetmarket.com/resources/investigacion_y_desarrollo/articulos_tecnicos/121_anemia_ferro)

penica\_del\_lechon\_uni\_murcia\_espanol\_bb1da8a31c.pdf&ved=2ahUKEwid25b9gt  
L-AhXDKYQIHeBaBgkQFnoECBcQAQ&usg=AOvVaw3\_\_8vpRJ7KpLD1bTZiE4Bm

Quintero, A. (2002). *Desarrollo de un alimento funcional a partir de hierro hémico y evaluación de su biodisponibilidad, para la prevención y corrección de la deficiencia de hierro*. [Tesis de doctorado, Universitat Autònoma de Barcelona].  
<https://ddd.uab.cat/record/38119>

Ramos, M., Amanto, F. y Martínez G. (2019). *Diferentes administraciones de hierro dextrano y su efecto sobre la ganancia de peso en lechones*. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires].  
<https://ridaa.unicen.edu.ar:8443/server/api/core/bitstreams/a9799a98-48c2-49f3-81f0-bbb612a6194b/content>

Ranjan, R., Mani Prasad, C. & Kumar Singh, S. (2012). Effect of iron dextran injection on growth performance of crossbred and desi piglet under farm and village conditions. *Vet. World*, 5 (10), 599-602.  
[https://www.researchgate.net/publication/265883668\\_Effect\\_of\\_iron\\_dextran\\_injection\\_on\\_growth\\_performance\\_of\\_crossbred\\_and\\_desi\\_piglets\\_under\\_farm\\_and\\_village\\_conditions](https://www.researchgate.net/publication/265883668_Effect_of_iron_dextran_injection_on_growth_performance_of_crossbred_and_desi_piglets_under_farm_and_village_conditions)

Recio, P. (2018). Eritrocitos, glóbulos rojos o hematíes en A. García (Ed.), *Fisiología veterinaria*.

Rodríguez, V. (2018). *Comportamiento productivo de cerdos en la etapa crecimiento-engorde recibiendo dietas con forrajes*. [Tesis de Grado, Universidad de la República]. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/28707>

- Smith, J., Moore, K., & Boyington, D. (1983). Enzyme immunoassay for serum ferritin of pigs. *Biochemical Medicine*, 29 (3), 293–297. [https://doi.org/10.1016/0006-2944\(83\)90065-0](https://doi.org/10.1016/0006-2944(83)90065-0)
- Sperling, D., Freudenschuss, D., Shrestha, A., Hinney, B., Karembe, H. y Joachim, A. (2018). Comparative efficacy of two parenteral iron-containing preparations, iron gleptoferron and iron dextran, for the prevention of anaemia in suckling piglets. *Veterinary Record Open*, 1-6. <https://doi.org/10.1136%2Fvetreco-2018-000317>
- Starzyński, R., Laarakkers, C., Tjalsma, H., Swinkels, D., Pieszka, M., Styś, A., Mickiewicz, M. & Lipiński, P. (2013). Iron Supplementation in Suckling Piglets: How to Correct Iron Deficiency Anemia without Affecting Plasma Hepcidin Levels. *PLoS ONE*, 8 (5), 1-7. <https://doi.org/10.1371%2Fjournal.pone.0064022>
- Stępień, S., y Sapa, A. (2016). Chinese pork sector in the process of world economy globalization. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, (447), 156-167. DOI: 10.15611/pn.2016.447.13
- Svarch, E. (2015). Anemia por deficiencia de hierro en el lactante. *Revista Cubana de Pediatría*, 87 (4), 395-398. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-75312015000400001](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75312015000400001)
- Svoboda, M., Vaňhara, J. & Berlinská, J. (2017). Parenteral iron administration in suckling piglets-a review. *Acta Vet. BRNO*, 86, 249-261. [https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://actavet.vfu.cz/media/pdf/actavet\\_2017086030249.pdf&ved=2ahUKEwiGppGCjtL-AhWWhsDEKHewqA3QQFnoECBgQAQ&usg=AOvVaw0L3yT6NHEYgJbVdzqMs35t](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://actavet.vfu.cz/media/pdf/actavet_2017086030249.pdf&ved=2ahUKEwiGppGCjtL-AhWWhsDEKHewqA3QQFnoECBgQAQ&usg=AOvVaw0L3yT6NHEYgJbVdzqMs35t)
- Szudzik, M., Starzyński, R., Jończy, A., Mazgaj, R., Lenartowicz, M. & Lipiński, P. (2018). Iron supplementation in suckling piglets: an ostensibly easy therapy of neonatal iron

deficiency anemia. *Pharmaceuticals*, 11(128).  
<http://dx.doi.org/10.3390/ph11040128>

Thibodeau, G., y Patton, K. (2012). *Estructura y función del cuerpo humano*. (14ta Edición).  
GEA Consultoría Editorial, S.L.  
[https://www.academia.edu/56611658/Estructura\\_y\\_Funcion\\_del\\_Cuerpo\\_Humano\\_booksmedicos](https://www.academia.edu/56611658/Estructura_y_Funcion_del_Cuerpo_Humano_booksmedicos)

Urizar, L. (2004). *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 de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/7547/>

Valenzuela, C., Antileo, R., Lagos, G. y Pizarro, F. (2015). El cerdo como modelo experimental para la nutrición de hierro. *Rev Chil Nutr*, 42 (2), 191-198.  
[https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-75182015000200012](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182015000200012)

Ventrella, D., Dondi, F., Barone, F., Serafini, F., Elmi, A., Giunti, M., Romagnoli, N., Forni, M. & Bacci, M. (2017). The biomedical piglet: establishing reference intervals for haematology and clinical chemistry parameters of two age groups with and without iron supplementation. *BMC Veterinary Research*, 13 (23), 1-8.  
<https://doi.org/10.1186%2Fs12917-017-0946-2>

Villanueva, K. (2025). *Uso del extracto de hojas de guayaba (Psidium guajava L.) en lechones destetados y su efecto sobre los parámetros fisiológicos y productivos*. [Tesis de grados, Universidad Nacional Agraria de La Selva].  
<https://repositorio.unas.edu.pe/items/a3ff35e7-e21f-4b57-b884-b11b0469b8c1/full>

Yap, J. (21 de julio de 2018). The Importance of Iron Supplements to Newborn Pigs. Magazine Agriculture. <https://www.agriculture.com.ph/2018/07/21/the-importance-of-iron-supplements-to-newborn-pigs/>

Zevallos, L. (2008). *Efecto del hierro dextrano, inyectable y oral, en lechones lactantes*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional Agraria de La Selva]. [https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/759/TZT-410.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy&ved=2ahUKEwjGn\\_zfjtL-AhVyRTABHWiJAtwQFnoECBEQAQ&usg=AOvVaw36hGGxMYG8LyDWo10\\_Lfyl](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/759/TZT-410.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy&ved=2ahUKEwjGn_zfjtL-AhVyRTABHWiJAtwQFnoECBEQAQ&usg=AOvVaw36hGGxMYG8LyDWo10_Lfyl)

## ANEXOS

### Anexo 1. Vista general de la distribución de los cerdos en distintas camadas y agrupamiento para aplicación de los tratamientos



### Anexo 2. Lechones durante la etapa de lactación



### Anexo 3. Aplicación de hierro dextrano



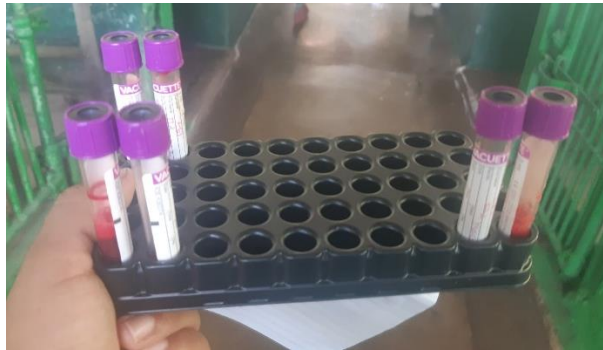
### Anexo 4. Toma de muestra de sangre a partir de la vena yugular



### Anexo 5. Lechones, posterior a la colecta de muestras de sangre



### Anexo 6. Muestras de sangre a ser analizadas



### Anexo 7. Vista general de la explotación porcina

