



Universidad  
Nacional  
de Loja

## Universidad Nacional de Loja

### Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

#### Carrera de Medicina Veterinaria

# Efecto de diferentes tratamientos de aplicación de hierro sobre el nivel de hemoglobina y parámetros productivos en lechones

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de Médico Veterinario

#### AUTOR:

Eduardo Josué Espinoza Ramírez

#### DIRECTORA:

Dra. Martha Esther Reyes Coronel., Mgtr.

Loja – Ecuador

2025



unl

Universidad  
Nacional  
de Loja

Sistema de Información Académico  
Administrativo y Financiero - SIAAF

## CERTIFICADO DE CULMINACIÓN Y APROBACIÓN DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, **Reyes Coronel Martha Esther**, director del Trabajo de Integración Curricular denominado **Efecto de diferentes tratamientos de aplicación de hierro sobre el nivel de hemoglobina y parámetros productivos en lechones**, perteneciente al estudiante **EDUARDO ESPINOZA**, con cédula de identidad N° **0704955582**.

### Certifico:

Que luego de haber dirigido el **Trabajo de Integración Curricular**, habiendo realizado una revisión exhaustiva para prevenir y eliminar cualquier forma de plagio, garantizando la debida honestidad académica, se encuentra concluido, aprobado y está en condiciones para ser presentado ante las instancias correspondientes.

Es lo que puedo certificar en honor a la verdad, a fin de que, de así considerarlo pertinente, el/la señor/a docente de la asignatura de **Integración Curricular**, proceda al registro del mismo en el Sistema de Gestión Académico como parte de los requisitos de acreditación de la Unidad de Integración Curricular del mencionado estudiante.

Loja, 14 de Marzo de 2024



MARTEA ESTHER REYES  
CORONEL

F) \_\_\_\_\_  
DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN  
CURRICULAR



Certificado TIC/TT.: UNL-2024-001099

## **Autoría**

Yo, **Eduardo Josué Espinoza Ramírez**, declaro ser autor del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

**Firma:**



**Cédula de identidad:** 0704955582

**Fecha:** 08 de enero de 2025

**Correo electrónico:** eduardo.espinoza@unl.edu.ec

**Teléfono:** 0969385549

**Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo del Trabajo de Integración Curricular**

Yo, **Eduardo Josué Espinoza Ramírez**, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Efecto de diferentes tratamientos de aplicación de hierro sobre el nivel de hemoglobina y parámetros productivos en lechones**, como requisito para optar por el título de **Médico Veterinario**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los ocho días del mes de enero de dos mil veinticinco.

**Firma:**



**Autor:** Eduardo Josué Espinoza Ramírez

**Cédula:** 0704955582

**Dirección:** Balsas/calle Municipalidad y Eliseo Romero

**Correo electrónico:** eduardo.espinoza@unl.edu.ec

**Teléfono:** 0969385549

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

**Directora del Trabajo de Integración Curricular:** Dra. Martha Esther Reyes Coronel,  
Mgtr.

## **Dedicatoria**

Este logro va dedicado a una persona muy especial a mi segunda madre Lady Tamara Aguilar quien ha sido el ejemplo de superación, humildad y sacrificio; enseñándome a valorar todo lo que tengo además de ser mi sustento para poder llevar a cabo este logro en mi vida y poder formarme como un excelente profesional.

Dedico este logro a mi Dios, a toda mi familia, a mi madre quien a pesar de la distancia nunca me dejó solo; a mis amigos, compañeros de aula los cuales compartí momentos inolvidables, gracias por creer en mí.

*Eduardo Josué Espinoza Ramírez*

## **Agradecimiento**

Primero quiero agradecer a mi Dios, tu amor y bondad no tienen fin, me permites sonreír ante todos mis logros los cuales son el resultado de tu ayuda, aprendo de mis errores y me doy cuenta de que los pones en frente mío para que mejore cada día.

A mis tíos Carlos y Tamara por haberme proporcionado la mejor educación y lecciones de vida, los cuales han formado un hombre de muchos valores y principios; a mis primas con las que convivo las considero como mis hermanas, siempre viviré agradecido toda mi vida por ser parte de esta gran historia.

Agradezco de manera muy especial a la institución donde me formé, a la Universidad Nacional de Loja, a la carrera de Medicina Veterinaria; a mi directora del Trabajo de Integración Curricular, Dra. Martha Esther Reyes Coronel, Mgtr., con su experiencia, conocimiento y motivación, me orientó en el proceso de elaboración de esta investigación; a mis compañeros de aula a los cuales recordaré siempre.

Finalmente, agradezco a mis padres por haberme dado la vida; a mi abuelita Liria; a mis tíos Iliana Ramírez y Ronald Toledo, quienes durante todo el tiempo de mi formación me supieron brindar su ayuda; a mi gran amigo Luis Gustavo quien estuvo ahí siempre en este largo proceso.

*Eduardo Josué Espinoza Ramírez*

## Índice de contenidos

Portada.....	i
Autoría .....	iii
Carta de autorización .....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice de Contenidos .....	vii
Índice de tablas .....	ix
Índice de figuras .....	x
Índice de Anexos.....	xi
<b>1. Título.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Resumen .....</b>	<b>2</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>3</b>
<b>3. Introducción .....</b>	<b>4</b>
<b>4. Marco Teórico .....</b>	<b>6</b>
<b>4.1. Manejo Nutricional del Lechón .....</b>	<b>6</b>
4.1.1. <i>Importancia de la Suplementación de Hierro en Lechones Recién Nacidos</i> .....	7
4.1.2. <i>Absorción de Fe</i> .....	7
4.1.3. <i>Metabolismo del Fe</i> .....	7
<b>4.2. Deficiencia de Hierro en Lechones.....</b>	<b>9</b>
4.2.1. <i>Consecuencias de la Deficiencia del Hierro</i> .....	9
4.2.2. <i>Anemia en Lechones</i> .....	9
<b>4.3. Suplementación de Hierro.....</b>	<b>10</b>
4.3.1. <i>Formas de Suplementación de Hierro en Lechones.</i> .....	10
4.3.2. <i>Fuentes de Hierro</i> .....	11
4.3.3. <i>Comparación de la Eficacia entre Diferentes Métodos de Suplementación de Fe</i> .....	12
4.3.4. <i>Métodos Alternativos de Suplementación de Hierro</i> .....	12
<b>4.4. Funciones del Hierro .....</b>	<b>13</b>
<b>4.5. Distribución del Hierro en los Lechones.....</b>	<b>13</b>
4.5.1. <i>Absorción Sistémica de Hierro Parenteral en Lechones</i> .....	13
4.5.2. <i>Eritropoyesis</i> .....	14

4.6. Almacenamiento de Hierro en Lechones .....	14
4.7. Transporte del Hierro en Lechones .....	14
4.8. Mecanismos de Acción del Hierro .....	15
4.9. Toxicidad del Hierro .....	15
4.10. Hemoglobina.....	16
4.11. Hematocrito .....	16
4.12. Estudios Previos .....	17
<b>5. Metodología .....</b>	<b>18</b>
5.1. Área de Estudio .....	18
5.2. Procedimiento.....	19
5.2.1. Enfoque Metodológico .....	19
5.2.2. Tamaño de la Muestra y Tipo de Muestreo.....	19
5.2.3. Diseño Experimental.....	19
5.2.4. Descripción de los tratamientos .....	20
5.2.5. Técnicas .....	20
5.2.5.1. Toma y Análisis de Muestras .....	20
5.2.5.2. Medición de las variables productivas formato apa.....	21
5.2.5. Variables de Estudio.....	21
5.2.6. Procesamiento y Análisis de la Información.....	22
5.2.8. Consideraciones Éticas.....	22
<b>6. Resultados.....</b>	<b>23</b>
6.1. Efecto de la Fuente, Dosis y Número de Aplicaciones de Hierro en los Valores de Hemoglobina y Hematocrito en lechones .....	23
<b>7. Discusión.....</b>	<b>26</b>
<b>8. Conclusiones .....</b>	<b>30</b>
<b>9. Recomendaciones .....</b>	<b>31</b>
<b>10. Bibliografía .....</b>	<b>32</b>
<b>11. Anexos .....</b>	<b>37</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Variables determinadas en el presente estudio.....	21
<b>Tabla 2.</b> Efecto de la fuente, dosis y número de aplicaciones de hierro en los valores de hemoglobina y hematocrito de lechones al 3 día de edad.....	23
<b>Tabla 3.</b> Efecto de la fuente, dosis y número de aplicaciones de hierro en los valores de hemoglobina y hematocrito de lechones a los 12 días de edad.....	23
<b>Tabla 5.</b> Efecto de la fuente, dosis y número de aplicaciones de hierro sobre la ganancia de peso.....	25

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Ubicación de la Granja Porcina Quinta Mathías ( <i>Google Earth, 2023</i> ).....	19
---	----

## Índice de Anexos

<b>Anexo 1.</b> Pesaje de los lechones al día 3 de nacido .....	37
<b>Anexo 2.</b> Limpieza con algodón sobre la zona de punción .....	37
<b>Anexo 3.</b> Toma de muestra de sangre con capilare de 10 microlitros. ....	38
<b>Anexo 4.</b> Análisis de sangre mediante hemoglobínómetro.....	38
<b>Anexo 5.</b> Extracción de hierro para su posterior aplicación. ....	39
<b>Anexo 6.</b> Aplicación de hierro. ....	39
<b>Anexo 7.</b> Balanza para pesaje del día 20 de edad. ....	40
<b>Anexo 8.</b> Camada de lechones al día 20. ....	40
<b>Anexo 9.</b> Hierro gleptoferron.....	41
<b>Anexo 10.</b> Hierro dextrano.....	41
<b>Anexo 11.</b> Certificado de traducción del resumen .....	42

## **1. Título**

Efecto de diferentes tratamientos de aplicación de hierro sobre el nivel de hemoglobina y parámetros productivos en lechones.

## 2. Resumen

La suplementación de hierro en lechones recién nacidos es una práctica común en la producción porcina intensiva, debido a la necesidad de prevenir la anemia y garantizar un desarrollo óptimo. A pesar de su importancia, muchos productores subestiman la suplementación de hierro, considerándola un gasto innecesario, lo que puede afectar negativamente la salud y productividad de los animales. En vista de estos desafíos, la presente investigación se enfocó en la evaluación de diferentes tratamientos de administración de hierro en lechones recién nacidos, utilizando dos formas: dextrano y gleptoferron. El objetivo principal fue evaluar los efectos de diferentes tratamientos de aplicación de hierro sobre el nivel de hemoglobina y parámetros productivos en lechones. Adicionalmente, se exploró la posibilidad de lograr resultados similares con dosis menores de hierro, en comparación con la dosis estándar de 200 mg de hierro dextrano administrado al tercer día de vida, lo que podría tener importantes implicaciones para la eficiencia y el manejo de los recursos en las explotaciones porcinas. El estudio se realizó en la granja porcina Mathias, ubicada en el cantón Balsas, provincia de El Oro. Se realizó un muestreo aleatorio estratificado empleando un diseño completamente al azar (DCA), utilizando un total de 150 lechones (Hembras y Machos) distribuidos en cinco tratamientos (30 animales por tratamiento). Los niveles de hemoglobina al día 20 presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ), con valores entre 11,02 g/dL (T3 el más bajo) y 11,90 g/dL (T5 el más alto), En cuanto al hematocrito, también se observaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), con valores que oscilaron entre 32,46 (T3 el más bajo) y 35,06% (T5 el más alto), a la misma edad de los animales. En los resultados obtenidos de la variable ganancia de peso, no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos ( $p < 0,05$ ).

**Palabras clave:** *hemoglobina, hematocrito, lechones, dextrano, gleptoferron.*

## **Abstract**

Iron supplementation for newborn piglets is a standard practice in intensive swine production, due to the need to prevent anemia and ensure optimal development. Despite its importance, many producers underestimate iron supplementation, considering it an unnecessary expense, which can negatively affect animal health and productivity. Because of these challenges, the present research focused on the evaluation of different iron administration treatments in newborn piglets, using two forms: dextran and gleptoferron. The main objective was to evaluate the effects of different iron application treatments on hemoglobin levels and productive parameters in piglets. Additionally, the possibility of achieving similar results with lower doses of iron compared to the standard dose of 200 mg of iron dextran administered on the third day of life was explored, which could have important implications for efficiency and resource management on pig farms. The study was carried out at the Mathias pig farm, located in the Balsas canton, El Oro province. A stratified random sampling was performed using a completely randomized design (CRD), using a total of 150 piglets (females and males) distributed in five treatments (30 animals per treatment). Hemoglobin levels at day 20 showed significant differences among treatments ( $p < 0.05$ ), with values ranging from 11.02 g/dL (T3 the lowest) to 11.90 g/dL (T5 the highest). As for hematocrit, significant differences were also observed ( $p < 0.05$ ), with values ranging from 32.46 (T3 the lowest) to 35.06% (T5 the highest), at the same age as the animals. In the results obtained for the variable weight gain, no significant difference was found between treatments ( $p < 0.05$ ).

**Keywords:** *hemoglobin, hematocrit, piglets, dextran, gleptoferron.*

### 3. Introducción

La producción porcina se ha convertido en una de las principales actividades económicas en Ecuador y juega un rol clave en la generación de ingresos para los productores, especialmente en la provincia de El Oro. Según el Censo Porcino realizado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, (2021), el 78% de la producción porcina de la provincia de El Oro se concentra en los cantones de Balsas, Marcabelí y Piñas. Por ser inherente a esta especie animal, la productividad en las granjas se ve afectada por diversos factores, entre ellos, la mortalidad pre-destete. Esta mortalidad se encuentra asociada a la anemia nutricional, una condición que compromete el crecimiento y desarrollo de los lechones, principalmente debido a la deficiencia de hierro (Fe) en sus primeras etapas de vida. Según Hasan et al. (2018), la anemia por deficiencia de hierro no solo afecta negativamente el crecimiento, sino que también aumenta la susceptibilidad a enfermedades infecciosas y puede conducir a una mayor mortalidad pre-destete en lechones.

El hierro es un mineral esencial en el organismo animal, presente en diversas formas y vital para numerosas funciones fisiológicas. Se encuentra en la hemoglobina de los eritrocitos, en la mioglobina de los músculos, y en varios tejidos y fluidos corporales. Según Szudzik et al. (2018), el hierro desempeña un papel crucial en el transporte de oxígeno, la síntesis de ADN, el metabolismo energético y la función inmunológica. Estos autores destacan su presencia en formas específicas como la transferrina en el suero, la lactoferrina en la leche, y la ferritina y hemosiderina en el hígado. Además, señalan la importancia del hierro en la formación de enzimas esenciales y en la regulación de la expresión génica. Su deficiencia en los lechones puede resultar en una reducción de la ganancia de peso, menor consumo de alimento y, en consecuencia, una reducción de la ganancia de peso (Jackson & Cockcroft, 2009). Este problema se agudiza en las líneas genéticas modernas, que presentan una rápida tasa de crecimiento y mayores demandas de hierro debido al mayor volumen de sangre corporal necesario (Jollif & Mahan, 2011). Además, las fuentes naturales de hierro para los lechones, como las reservas hepáticas al nacer y la leche materna, son insuficientes para cubrir sus necesidades nutricionales (Ventrella et al., 2017).

La suplementación de hierro en lechones recién nacidos es una práctica común en la producción porcina intensiva, debido a la necesidad de prevenir la anemia y garantizar un desarrollo óptimo. No obstante, existe variabilidad en los esquemas de administración utilizados, con algunas granjas aplicando una dosis única de 200 mg de hierro dextrano, mientras que otras optan por esquemas de dosificación múltiple o dosis reducidas (Anchapanta

et al., 2020). A pesar de su importancia, muchos productores subestiman la suplementación de hierro, considerándola un gasto innecesario, lo que puede afectar negativamente la salud y productividad de los animales (Amaña, 2019). Este manejo inadecuado provoca un insuficiente conocimiento sobre los protocolos más eficientes para la suplementación de hierro en lechones criados en sistemas intensivos.

En vista de estos desafíos, la presente investigación se enfoca en la evaluación de diferentes tratamientos de administración de hierro en lechones recién nacidos, utilizando dos formas: dextrano y gleptoferron. El objetivo principal es evaluar los efectos de diferentes tratamientos de aplicación de hierro sobre el nivel de hemoglobina y parámetros productivos en lechones. Adicionalmente, se explora la posibilidad de lograr resultados similares con dosis menores de hierro, en comparación con la dosis estándar de 200 mg de hierro dextrano administrado al tercer día de vida, lo que podría tener importantes implicaciones para la eficiencia y el manejo de los recursos en las explotaciones porcinas.

El estudio se realizó en la granja porcina Mathias, ubicada en el cantón Balsas, provincia de El Oro. A través de esta investigación, se busca proporcionar información valiosa para mejorar la eficiencia de los sistemas de producción porcina en la región, contribuyendo al desarrollo sostenible del sector. Los objetivos específicos planteados para este estudio fueron los siguientes:

- Determinar los niveles de hemoglobina y hematocrito de lechones suplementados con hierro.
- Evaluar los diferentes tratamientos del hierro sobre los parámetros productivos en lechones.

## **4. Marco Teórico**

### **4.1. Manejo Nutricional del Lechón**

Es fundamental que los lechones recién nacidos consuman calostro en sus primeros días de vida, no solo para asegurar la absorción de nutrientes necesarios, sino también para suplementar el hierro necesario en la producción de hemoglobina. El calostro es indispensable para prevenir la anemia por deficiencia de hierro, y para promover el desarrollo y crecimiento temprano de los lechones (Sobalvarro, 2017).

Durante los primeros días de vida, la suplementación parenteral de hierro garantiza una reserva adecuada en el organismo, evitando una anemia (Pérez, 2018). Es importante destacar que se pueden administrar suplementos por vía intramuscular o en dietas enriquecidas con hierro para prevenir deficiencias nutricionales.

Asimismo, es fundamental monitorear los niveles de hierro en los lechones durante los primeros días de vida para detectar posibles deficiencias. Para ello, se llevan a cabo pruebas de sangre que ayudan a evaluar la adecuada gestión nutricional. Este criterio permite intervenir tempranamente para prevenir la anemia y asegurar el óptimo desarrollo de los lechones (Aguirre, 2017).

No obstante, la implementación de prácticas de manejo adecuadas puede reducir considerablemente las pérdidas posteriores al destete y mejorar la tasa de crecimiento al mitigar el estrés asociado con este proceso. Es importante destacar que a medida que se reduce el periodo de lactancia, se requieren habilidades de alojamiento, alimentación y manejo más sofisticadas para garantizar un desarrollo adecuado en los animales (García et al., 2019).

El destete consiste en la separación de los lechones de la madre y se lo realiza entre los 21 a 28 días de edad. En numerosas granjas porcinas el destete se convierte en la etapa más estresante, lo cual provoca un impacto negativo en el crecimiento y, en algunos casos, en la mortalidad de los cerdos. Estas pérdidas y los problemas de crecimiento afectan significativamente en el rendimiento del rebaño de engorde, lo cual conlleva a una disminución en la rentabilidad (Pérez, 2018).

#### ***4.1.1. Importancia de la Suplementación de Hierro en Lechones Recién Nacidos***

La adecuada suplementación de hierro en los lechones tiene un impacto significativo en diversos aspectos productivos que influyen directamente en la eficiencia y rentabilidad de la producción porcina. El hierro cumple un rol vital para el crecimiento y desarrollo óptimo de los animales, favoreciendo un aumento de peso adecuado y una mejor conversión alimentaria, lo que reduce los costos de alimentación y acorta el tiempo necesario para alcanzar el peso óptimo para el mercado. Además, contribuye a mejorar los índices de ganancia de peso diaria, incrementando la rentabilidad del productor. La provisión adecuada de hierro también disminuye la mortalidad en lechones, mejora su resistencia a enfermedades y estrés ambiental, así mismo, fortalece el sistema inmunológico, lo que les permite combatir de manera eficaz patógenos externos (Antileo, 2015).

#### ***4.1.2. Absorción de Fe***

La absorción del hierro ocurre principalmente en los enterocitos duodenales. En primer lugar, el hierro es transportado a través de la membrana apical de los enterocitos. Para ser absorbido, el hierro en su estado férrico, que es insoluble, debe ser reducido a su forma ferrosa, más soluble, mediante la acción del citocromo b duodenal. Posteriormente, el hierro ferroso es transportado al interior del enterocito a través del transportador metálico divalente 1 (DMT1). Una vez dentro del enterocito, el hierro ingresa al depósito lábil de hierro (LIP) en el citosol, donde puede ser utilizado para satisfacer las necesidades celulares o almacenamiento en forma de ferritina (FT). En este último proceso, es posible que requiera la intervención de la chaperona proteína de unión poli (PCBP1) para facilitar el almacenamiento de hierro en la ferritina. Dependiendo de las necesidades del organismo, el hierro almacenado puede ser exportado a la circulación a través de la proteína de membrana ferroportina (FPN), lo que garantiza su disponibilidad para funciones esenciales en el cuerpo (Pardo, 2022).

#### ***4.1.3. Metabolismo del Fe***

El metabolismo del hierro es el proceso mediante el cual el organismo controla la absorción, transporte y almacenamiento del hierro, un mineral esencial para diversas funciones biológicas (Ding et al., 2020).

##### **4.1.3.1 Metabolismo Intestinal del Hierro.**

La regulación de la absorción intestinal de hierro es un proceso complejo. Principalmente, el hierro es absorbido en el duodeno y el yeyuno, y se presenta en dos formas: hierro hemo, proveniente de alimentos de origen animal, y hierro no hemo. El hierro hemo se

absorbe de manera eficiente a través de la proteína transportadora de hemo 1 (HCP1), mientras que, el hierro no hemo, que incluye tanto  $\text{Fe}^{2+}$  y  $\text{Fe}^{3+}$ , es transportado por el transportador de iones metálicos divalentes 1 (DMT1). Las proteínas reguladoras del hierro, IRP1 e IRP2, desempeñan un papel fundamental en la homeostasis del hierro a nivel celular, controlando la expresión de proteínas clave involucradas en su metabolismo. Una vez dentro de la célula, el hierro puede ser almacenado en forma de ferritina o liberado al torrente sanguíneo mediante la ferroportina, manteniendo así el equilibrio de la reserva de hierro lábil (LIP) dentro de los rangos fisiológicos normales (Ding et al., 2020).

#### **4.1.3.2. Fisiología del Hierro en Lechones.**

Cuando se administra una dosis de hierro por vía intramuscular (IM), este ingresa al cuerpo a través de los vasos linfáticos y es absorbido por el sistema retículo-endotelial en el sitio de inyección. Posteriormente, es fagocitado por los macrófagos. Una parte del hierro se elimina a través de la orina, mientras que el hierro libre es absorbido por la circulación sanguínea, donde se une a la transferrina para su distribución por todo el organismo. Aproximadamente a los cinco días después de la inyección, se observa un aumento significativo en los niveles de hierro en los glóbulos rojos, la médula ósea y el bazo (Valenzuela et al., 2015).

La homeostasis del hierro está regulada por la hepcidina, una molécula clave sintetizada principalmente en los hepatocitos. La hepcidina actúa como un regulador negativo de la absorción intestinal de hierro, al degradar la ferroportina, lo que reduce la exportación de hierro desde los enterocitos y los macrófagos. El equilibrio del hierro en las células de los mamíferos se mantiene mediante la regulación de la absorción, almacenamiento y utilización intracelular, un proceso que depende en gran medida de la síntesis de proteínas a partir del ARNm, más que de la transcripción del ARNm (Crichton et al., 2002).

La hepcidina también oxida el hierro y lo entrega a la transferrina para que sea transportado en la circulación y llegue a las células, tejidos y órganos que requieren este mineral. La transferrina se une a dos receptores: TfR1, presente en todos los tipos de células, y TfR2, cuyo papel es menos claro en este contexto. La síntesis de hepcidina en el hígado se ve influenciada por los niveles de hierro y las citoquinas inflamatorias, que promueven su producción. Este mecanismo es fundamental en la patogénesis de la anemia asociada a procesos inflamatorios (Alvarado et al., 2022).

## **4.2. Deficiencia de Hierro en Lechones**

La deficiencia de hierro es un problema frecuente en la producción porcina, particularmente en lechones recién nacidos. Esta condición, que provoca anemia, se debe a una insuficiencia de hierro en el organismo. Los lechones afectados muestran una reducción en la cantidad de glóbulos rojos y hemoglobina, lo que se manifiesta en palidez, debilidad y una disminución en la capacidad de crecimiento (Nazareno, 2022).

### ***4.2.1. Consecuencias de la Deficiencia del Hierro***

La anemia es una afección en la que el cuerpo no produce suficientes glóbulos rojos, lo que afecta la capacidad de transporte de oxígeno en la sangre. Existen varios tipos de anemia, entre los cuales se destacan la anemia por deficiencia de hierro y la anemia por deficiencia de vitamina B12. La anemia microcítica hipocrómica se caracteriza por la reducción de parámetros clave como el número de glóbulos rojos, el volumen corpuscular medio (MCV) y la concentración media de hemoglobina corpuscular (MCHC) (Szudzik et al., 2018).

### ***4.2.2. Anemia en Lechones***

#### **4.2.2.1. Etiología.**

La anemia por deficiencia de hierro (IDA) en lechones se debe a las reservas limitadas de hierro con las que nacen. A diferencia de la mayoría de los mamíferos, en los que el hígado fetal actúa como la principal fuente de hierro para la eritropoyesis durante la gestación, los lechones nacen con reservas muy bajas, de entre 40 y 50 mg, lo cual es considerado uno de los niveles más bajos entre los mamíferos recién nacidos (Szudzik et al., 2018)

El destete temprano, una alimentación deficiente y el uso de instalaciones con suelo de cemento pueden reducir aún más estas reservas y limitar el acceso de los lechones al hierro presente en el suelo y en materiales naturales (Valenzuela et al., 2015.)

Las principales causas de anemia por deficiencia de hierro en lechones están relacionadas con la incapacidad de obtener suficiente hierro a través de la leche materna y un manejo deficiente. Factores como el destete temprano, las bajas reservas de hierro al nacer, una nutrición inadecuada puede agravar esta condición. Esto afecta negativamente el crecimiento y desarrollo de los lechones, disminuye su capacidad de transporte de oxígeno y los hace más susceptibles a enfermedades (Szudzik et al., 2018).

#### **4.2.2.2. Signos de la Anemia.**

Según Nazareno (2022), la deficiencia de hierro puede provocar anemia, cuyos signos clínicos incluyen palidez de la piel y las mucosas, debilidad, falta de energía, dificultades para mantener la temperatura corporal, menor apetito y retraso en el crecimiento, con un peso corporal inferior al de los lechones no afectados. Además, Jakobsen et al. (2021) señalan que los lechones afectados por deficiencia de hierro pueden manifestar comportamientos como morder objetos no alimenticios en un intento instintivo de obtener hierro, lo cual puede llevar a problemas de salud adicionales.

#### **4.3. Suplementación de Hierro**

La adecuada disponibilidad de hierro desde una edad temprana permite un desarrollo óptimo para el sistema inmunitario, lo que resulta en una mayor resistencia a enfermedades y una mejora en la salud de los lechones. Esto conlleva a una mayor eficiencia en la conversión de alimentos y un aumento en el peso corporal, lo cual se ve reflejado directamente en la productividad de la granja (Svoboda et al., 2017).

##### ***4.3.1. Formas de Suplementación de Hierro en Lechones.***

Las principales formas de suplementación de hierro en lechones incluyen la administración intramuscular, intraperitoneal y subcutánea. La vía intramuscular es la más preferida y puede realizarse en el músculo o en el cuello del lechón. Antes de la inyección, es crucial limpiar el área con alcohol etílico al 70%. Se debe extraer el hierro utilizando una jeringa limpia de 10 a 20 ml, con una aguja desechable de calibre 20 y una longitud de ½ a 1 pulgada para evitar el reflujo del hierro. Es importante desplazar la piel ligeramente hacia un lado con el pulgar antes de aplicar la inyección. Generalmente, la administración de hierro se realiza durante los primeros 3 a 4 días de vida del lechón (Nazareno, 2022).

##### **4.3.1.1. Suplementación Intramuscular.**

Según Svoboda et al., (2017), la suplementación con hierro exógeno es eficaz para contrarrestar la anemia en lechones. Recomiendan la administración de 200 mg de hierro dextrano (FeDex) por vía intramuscular durante los 2 a 3 días posteriores al nacimiento. No obstante, Szudzik et al. (2018), *advierten que “la ingesta parenteral elevada de hierro en una dosis o dos dosis no se metaboliza eficientemente y puede alterar el estricto control de la homeostasis sistémica del hierro”*.

#### **4.3.1.2. Suplementación Oral.**

El comportamiento natural de los cerdos incluye el hozar, que implica la búsqueda de alimentos y minerales en el suelo (Szudzik et al., 2018) Según Colombo et al., (2014), el hierro es un elemento relativamente abundante en el suelo, con concentraciones que varían entre 20 y 40 g/kg. Además, el hierro ingerido del suelo desempeña un "*papel esencial en el mantenimiento del estado adecuado de hierro en los lechones en la etapa previa al destete*" (Kleinbeck & Mcglone, 1999). Sin embargo, dado que el método de crianza actual de los cerdos suele alejarse de su hábitat natural, se recomienda la suplementación con fuentes adicionales de hierro (Szudzik et al., 2018).

#### **4.3.2. Fuentes de Hierro**

Existen diversas fuentes de hierro que se pueden administrar por vía parenteral para tratar la deficiencia de este mineral en los lechones. Entre ellas, el hierro dextrano es una forma inorgánica de hierro que se utiliza comúnmente en lechones recién nacidos debido a su efectividad y disponibilidad. Otra opción es el hierro ferroso sulfato, que puede ser administrado por vía oral o intramuscular. Además, el hierro gleptoferron inyectable también se emplea en la prevención de anemia en lechones (Valenzuela et al., 2015).

##### **4.3.2.1. Hierro Dextrano.**

El hidróxido de hierro, presente en el hierro dextrano, se utiliza para la prevención de la anemia en cerdos. El hierro dextrano se une a la hemoglobina y es posteriormente degradado por el sistema reticuloendotelial, liberando hierro para su utilización (Zevallos, 2008). Durante la primera semana de vida, se recomienda administrar entre 150 y 200 mg de hierro. La forma más común de administración es la inyección intramuscular, ya sea en el cuello o en el muslo, ya que esta técnica produce un aumento rápido en los niveles de hemoglobina (Sperling et al., 2018).

##### **4.3.2.2. Hierro Gleptoferron.**

El hierro gleptoferron contiene hierro (III) en forma de complejo y se presenta en una solución inyectable con una concentración de 200 mg/ml. Este compuesto es eficaz en la prevención de la anemia en lechones. A diferencia del hierro dextrano, el gleptoferron libera el hierro de manera gradual en el organismo, lo que disminuye la necesidad de inyecciones adicionales. Esta característica resulta especialmente ventajosa en granjas de alta productividad, ya que simplifica el tratamiento y reduce el estrés en los animales (Sperling et al., 2018).

#### ***4.3.3. Comparación de la Eficacia entre Diferentes Métodos de Suplementación de Fe***

Existen varios métodos de suplementación de hierro, cada uno con sus características y eficacia. La inyección intramuscular es especialmente destacada por su alta eficacia, ya que proporciona una dosis de hierro directamente en el músculo del lechón, asegurando una absorción lenta y una liberación sostenida en el organismo. Esto ofrece una protección prolongada contra la anemia. En contraste, la suplementación oral, como el hierro sulfato administrado en agua o alimento, presenta una eficiencia menor debido a una absorción más lenta y menos predecible, lo que requiere dosis más altas para mantener niveles adecuados. Aunque la suplementación mediante bolos es más práctica que la oral continua, sigue siendo menos eficiente en comparación con la inyección intramuscular (Williams et al., 2020).

#### ***4.3.4. Métodos Alternativos de Suplementación de Hierro***

La suplementación de hierro en lechones generalmente se realiza mediante una inyección intramuscular de 200 mg de hierro dextrano, administrada a partir del tercer día de vida, lo que asegura una absorción eficiente y protección prolongada contra la anemia (Valenzuela et al., 2015). No obstante, existen alternativas a este método como, por ejemplo: la administración oral de hierro dextrano, aunque presenta una menor eficiencia de absorción, es útil en situaciones donde la inyección no es viable. Por otro lado, los bolos orales representan una opción práctica, ya que proporcionan una dosis única de hierro, diseñada para garantizar una absorción gastrointestinal adecuada.

En los últimos años, se han desarrollado diversas estrategias para mejorar la suplementación de hierro en animales. Además del hierro aminoquelado, que sigue siendo una opción efectiva por su mejor absorción y menor irritación gastrointestinal, se han introducido innovaciones como las nanopartículas de hierro, que ofrecen mayor biodisponibilidad (Wang et al., 2020). La combinación de hierro con probióticos ha demostrado mejorar la absorción y reducir efectos secundarios (Paganini & Zimmermann, 2021), mientras que el hierro hemínico, derivado de fuentes animales, presenta una absorción superior a las sales de hierro tradicionales (Gonzales-Rios et al., 2022). Las microinyecciones subcutáneas se han perfeccionado, utilizando agujas más finas y formulaciones mejoradas para minimizar la irritación tisular (Li et al., 2023). Adicionalmente, los suplementos de hierro de liberación prolongada permiten una administración menos frecuente y mejor tolerancia (Zhang et al., 2021).

El uso de hierro aminoquelado ha ganado popularidad como una alternativa eficiente al hierro dextrano tradicional, ya que mejora la absorción intestinal y puede ser administrado tanto en el agua como mezclado en el alimento, reduciendo la irritación en los tejidos de los lechones.

Este método ofrece flexibilidad en sistemas de producción intensiva, disminuyendo el riesgo de anemia. Por otro lado, las microinyecciones subcutáneas de hierro están emergiendo como una técnica que, al suministrar pequeñas dosis bajo la piel, minimiza el daño tisular y permite una absorción gradual, mejorando el bienestar de los lechones sin comprometer su salud o provocar estrés adicional (Sperling et al., 2024; Yin et al., 2023).

#### **4.4. Funciones del Hierro**

Según Beltrán (2018), el hierro desempeña varias funciones cruciales en el organismo. Es esencial para el metabolismo celular debido a su inclusión en la hemoglobina y la mioglobina de los glóbulos rojos. Además, el hierro es fundamental para la mitosis celular, ya que afecta la síntesis de ADN y tiene un impacto particular en los núcleos interfaciales y los cromosomas metafásicos, que presentan niveles elevados de hierro. Finalmente, el hierro actúa como un agente antiinfeccioso al formar parte de diversas enzimas, como citocromos, catalasas y peroxidasas (Pardo, 2022).

#### **4.5. Distribución del Hierro en los Lechones**

La concentración de hierro en los lechones recién nacidos es de aproximadamente 40-50 mg, y su distribución en el organismo se reparte de la siguiente manera: el 65% del hierro se encuentra en la hemoglobina, el 15% está almacenado en forma de ferritina o hemosiderina, el 4% se encuentra en la mioglobina, y el 1% está presente en diversas enzimas, como las oxidasas del citocromo, las peroxidasas y la catalasa, que regulan la oxigenación intracelular. Además, el 0,1% del hierro está en forma de transferrina en el plasma sanguíneo, mientras que el 15% restante se encuentra en otras formas (Ramos et al., 2019).

##### ***4.5.1. Absorción Sistémica de Hierro Parenteral en Lechones***

El hierro absorbido de suplementos parenterales, como el hierro dextrano, es fundamental para la síntesis de hemoglobina, la proteína encargada del transporte de oxígeno en los glóbulos rojos. Una vez inyectado, el hierro se libera al torrente sanguíneo, donde se une a la transferrina, una proteína plasmática que lo transporta hacia la médula ósea. En este órgano, el hierro se incorpora en la estructura del hemo, un componente crucial de la hemoglobina, permitiendo que los eritrocitos capturen oxígeno en los pulmones y lo distribuyan eficientemente a los tejidos del cuerpo. El correcto suministro de hierro en lechones es esencial, ya que una deficiencia comprometería la capacidad de transporte de oxígeno, afectando el crecimiento y el desarrollo de los animales, lo cual puede derivar en anemia y otras complicaciones productivas (Ganz, 2022; UCSF Health, 2022).

#### **4.5.2. Eritropoyesis**

La formación de glóbulos rojos, o eritropoyesis, es un proceso fundamental para el desarrollo y funcionamiento adecuado del cuerpo. Durante la gestación, los cerdos dependen de la médula ósea y el hígado para la producción de glóbulos rojos. Estas células sanguíneas tienen un papel crucial en el transporte de oxígeno desde los pulmones hasta los tejidos corporales. En la médula ósea, las células madre se especializan y maduran para convertirse en glóbulos rojos. La adecuada formación de glóbulos rojos en los lechones es esencial para su salud y desarrollo general (Szudzik et al., 2018).

#### **4.6. Almacenamiento de Hierro en Lechones**

Las reservas de hierro son cruciales para mantener un equilibrio adecuado en el organismo, y dos moléculas clave juegan un papel fundamental en la captación y almacenamiento de hierro en los cerdos. La ferritina es una proteína intracelular que actúa como almacenamiento de hierro, conservándolo en su forma no tóxica para evitar la acumulación excesiva de este mineral en el cuerpo del cerdo. La ferritina está presente en varios tejidos, como el hígado y el bazo, y desempeña un papel crucial al regular la liberación de hierro según las necesidades del organismo y almacenarlo en caso de exceso (Antileo, 2015).

En el organismo, la hemosiderina es una forma más compleja de hierro almacenado que se forma a partir del procesamiento de la ferritina cuando los niveles de hierro son especialmente altos. Por lo tanto, la hemosiderina es un componente adicional a considerar en el almacenamiento de hierro. Al igual que la ferritina, la hemosiderina se encuentra en tejidos como el hígado y el bazo, y actúa como un depósito adicional de hierro (Valenzuela et al., 2015).

#### **4.7. Transporte del Hierro en Lechones**

Generalmente, el hierro se administra a los lechones por vía intramuscular pocos días después del nacimiento, lo que facilita su rápida absorción y distribución en el organismo. Tras la administración, el hierro ferroso es exportado al plasma y experimenta una oxidación inmediata mediada por la hefestina (Heph) o la ceruloplasmina. El hierro férrico resultante se une a la transferrina para su transporte en la sangre. La absorción de hierro está regulada intracelularmente a nivel de transcripción por el factor 2 alfa inducible por hipoxia (HIF $\alpha$ ) y, posteriormente, a través de proteínas reguladoras de hierro (IRP1 e IRP2). El hierro, unido a la

transferrina, se transporta hacia órganos y tejidos que lo requieren, como la médula ósea, donde es esencial para la producción de hemoglobina (Szudzik et al., 2018).

#### **4.8. Mecanismos de Acción del Hierro**

El hierro circula en la sangre principalmente unido a la transferrina. Las células del sistema reticuloendotelial (SRE), especialmente los macrófagos, juegan un rol clave en el reciclaje del hierro procedente de eritrocitos senescentes. Estos macrófagos fagocitan los eritrocitos envejecidos, degradan la hemoglobina y liberan el hierro, que puede unirse a la transferrina para su transporte a otros tejidos o almacenarse como ferritina o hemosiderina en las células del SRE. La ferritina es la principal proteína de almacenamiento, siendo más accesible para el uso celular, mientras que la hemosiderina es una forma de almacenamiento más densa y menos accesible, que se acumula en situaciones de exceso de hierro. Este proceso de reciclaje es esencial para la homeostasis del hierro y la producción continua de nuevos eritrocitos (Ganz, 2013).

La mayor parte del hierro requerido por el organismo proviene del reciclaje de los eritrocitos, cuya vida útil es de aproximadamente 120 días. Para mantener la producción diaria de eritrocitos, se necesitan entre 20 y 25 mg de hierro, reciclado en su mayoría por macrófagos del hígado, el bazo y la médula ósea. En situaciones de eritropoyesis ineficaz, donde la proliferación de precursores eritroides aumenta y algunos experimentan apoptosis, el reciclaje de hierro puede incrementarse hasta 150 mg/día (Beguin et al., 1988; Poss & Tonegawa, 1997).

El hierro libre es altamente reactivo y puede generar daño celular al catalizar la producción de especies reactivas de oxígeno. Para prevenir estos efectos, el hierro circula unido a proteínas como la transferrina, que transporta hierro férrico en el plasma. Solo un 20-40% de los sitios de unión de la transferrina están ocupados por hierro en condiciones normales, lo que permite una rápida movilización. La captación de hierro por los precursores eritroides ocurre principalmente a través del receptor de transferrina (TfR1), mientras que otras células, como los hepatocitos, pueden captar hierro no unido a la transferrina (NTBI) en situaciones de sobrecarga de hierro. Este hierro se almacena principalmente en la ferritina, una proteína esférica que contiene hierro en forma férrica, listo para ser utilizado según las necesidades celulares (Breuer et al., 2000).

#### **4.9. Toxicidad del Hierro**

El hierro es esencial para los lechones y desempeña un papel crucial en la prevención de la anemia. Sin embargo, dosis elevadas de hierro pueden ser tóxicas. La administración oral de hierro se considera generalmente segura debido a la protección que brinda la barrera

intestinal. No obstante, se ha observado que una dosis oral de sulfato ferroso que suministra 600 mg de hierro por kilogramo de peso puede inducir signos de toxicidad en tan solo 3 horas. Estos signos pueden incluir falta de coordinación, escalofríos, respiración acelerada, convulsiones e incluso la muerte del animal. En algunos casos, se ha registrado diarrea intensa y, en la necropsia, se han encontrado daños en la mucosa del estómago e intestinos (Nazareno, 2022).

#### **4.10. Hemoglobina**

La hemoglobina es una proteína esencial cuyo papel principal es transportar oxígeno desde los pulmones a los tejidos periféricos, garantizando un suministro adecuado para las funciones vitales del cuerpo a través de la circulación sanguínea. La hemoglobina es crucial para el intercambio de gases y asegura que las células reciban el oxígeno necesario para su correcto funcionamiento (Lipiński et al., 2010).

Según Amaña, (2019), en los lechones, el nivel normal de hemoglobina (Hb) se mide en g/dL y varía entre 9 y 14 g/dL. Los lechones recién nacidos generalmente no presentan anemia, con niveles de Hb ligeramente superiores a 8 g/dL. La mayoría de las terapias de suplementación con hierro comienzan 2 o 3 días después del nacimiento.

La medición inicial de Hb es fundamental para evaluar la efectividad de los métodos de suplementación. A partir del tercer día, los lechones que no reciben suplementos experimentan una disminución en la concentración de Hb, que puede bajar a 6-7 g/dL. Al momento del destete, los niveles pueden descender a 4-5 g/dL, indicando un estado de anemia extrema (Valenzuela et al., 2015).

Varios factores, como la edad, el estado fisiológico, la raza y las condiciones ambientales, pueden influir en los niveles de Hb en la sangre. Los cerdos jóvenes presentan niveles de Hb más bajos en comparación con los adultos, aunque estos niveles aumentan a medida que el animal madura (Anchapanta et al., 2020).

#### **4.11. Hematocrito**

El hematocrito se refiere al porcentaje de glóbulos rojos en relación con el volumen total de sangre. En los lechones recién nacidos, se estima que el nivel normal de hematocrito oscila entre el 32% y el 50% (Jackson y cockcroft, 2009). Sin embargo, algunos estudios “han encontrado promedios iniciales de Hematocrito de 26,43%, también permaneciendo constante hasta el destete” (Vecchionacce et al., 1999); Según Arauz, Scodellaro y Pintos (2020) el valor

normal de hematocrito en cerdos fluctúa de 15-40%. Durante el primer mes de vida, el porcentaje de hematocrito puede cambiar debido a los cambios fisiológicos y la adaptación a una dieta sólida (Quintero et al., 2008).

El funcionamiento adecuado del sistema circulatorio está estrechamente relacionado con el transporte de oxígeno a los tejidos y la eliminación de dióxido de carbono, funciones que se reflejan en el nivel de hematocrito. Por lo tanto, mantener una función cardiovascular óptima es crucial para mantener niveles normales de hematocrito. Un desbalance en los niveles de hematocrito puede señalar problemas de salud, como anemia, deshidratación o enfermedades que afectan la producción de eritrocitos (glóbulos rojos) (Urbaniak et al., 2017).

#### **4.12. Estudios Previos**

Anchapanta et al., (2020), llevaron a cabo un estudio sobre la administración de hierro dextrano en lechones. Los animales fueron distribuidos aleatoriamente en tres grupos bajo un diseño completamente al azar (n=9). Los tratamientos fueron los siguientes: Tratamiento 1 (T1) consistió en la administración de 2 ml de hierro dextrano (100 mg/ml) al tercer día después del nacimiento; Tratamiento 2 (T2) incluyó 1 ml de hierro dextrano (100 mg/ml) a los días 3 y 7 de edad; y Tratamiento 3 (T3) consistió en 1 ml de hierro dextrano (200 mg/ml) al día 3 de edad. Los resultados mostraron diferencias significativas entre los tres tratamientos en cuanto a los parámetros evaluados. En comparación con los tratamientos 1 y 3, los lechones del tratamiento 2 presentaron niveles superiores de glóbulos rojos (RBC) ( $p < 0.0042$ ), hemoglobina (Hb) ( $p < 0.0012$ ) y hematocrito (Hto) ( $p < 0.0025$ ) cuatro días después de la administración de hierro dextrano. Los autores concluyeron que la aplicación de dos dosis de hierro-dextrano (100mg/dl a los 3 y 7 días de edad), fue más efectiva para prevenir la anemia, como lo reflejan los valores de hematíes, hemoglobina y hematocrito.

Antileo (2015) administró una dosis única de 200 mg de hierro dextrano por vía intramuscular a 66 lechones, que fueron asignados aleatoriamente a tres grupos de suplementación: 1) grupo parenteral: 200 mg de Fe-dextrano por vía intramuscular; 2) grupo oral-2: dos dosis de 126 mg de Fe a los 2 y 8 días de edad; y 3) grupo oral-3: tres dosis de 84 mg de Fe a los 2, 8 y 14 días. Se evaluaron parámetros como peso vivo, ganancia diaria de peso, mortalidad, y parámetros hematológicos y séricos del estado nutricional de hierro. Los resultados indicaron que los parámetros de hematocrito y hemoglobina en el grupo oral-2 fueron significativamente inferiores en comparación con los grupos parenteral y oral-3, estando por

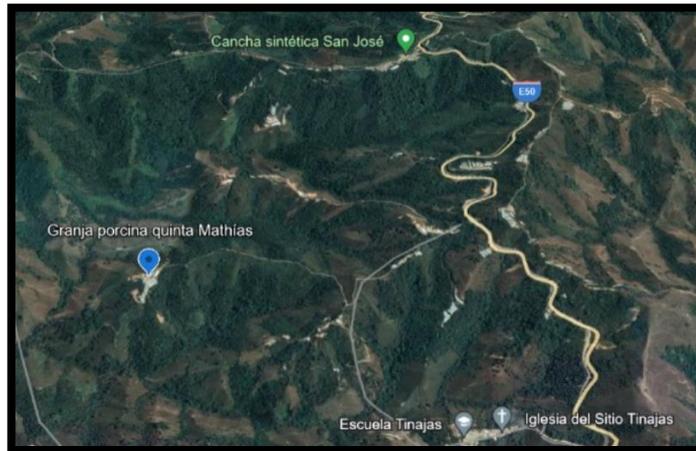
debajo del límite inferior del rango fisiológico, lo que sugiere que el grupo oral-2 era anémico. El estudio concluye que el tipo de suplementación de hierro oral o parenteral, no afecta el peso vivo, ganancia de peso ni mortalidad en cerdos durante el periodo de lactancia, sin embargo, una suplementación oral de dos dosis de 126 mg de (Fe), no previene la anemia en cerdos lactantes, mientras se administra 3 dosis de 84 mg cada 6 días si lo hace.

## **5. Metodología**

### **5.1. Área de Estudio**

La investigación se llevó a cabo en la “La Granja Porcina Quinta Mathías”, ubicada en el cantón Balsas, provincia de El Oro. Este cantón, localizado a 77.9 km<sup>2</sup> de la ciudad de

Machala, tiene una extensión de 69.1 km<sup>2</sup> y alberga una población de 5,348 habitantes. La altitud varía entre los 630 y 1800 metros sobre el nivel del mar, con un clima cálido de tipo subtropical. Las temperaturas se varían en un rango desde los 21° C hasta los 24° C (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Balsas, 2023).



**Figura 1.** Ubicación de la Granja Porcina Quinta Mathías (Google Earth, 2023).

## **5.2. Procedimiento**

### **5.2.1. Enfoque Metodológico**

El estudio se llevó a cabo bajo un enfoque cuantitativo para evaluar los niveles de hemoglobina, hematocrito, ganancia de peso y mortalidad de los lechones sometidos a distintos tratamientos.

### **5.2.2. Tamaño de la Muestra y Tipo de Muestreo**

En el estudio, se utilizaron 150 lechones (Hembras y Machos), descendientes de cerdas F1 de línea materna, y de un verraco de línea terminal base Duroc. El tipo de muestreo utilizado fue aleatorio estratificado.

### **5.2.3. Diseño Experimental**

El estudio se llevó a cabo empleando un diseño completamente al azar (DCA), utilizando un total de 150 lechones distribuidos en cinco tratamientos (30 animales por tratamiento). La asignación de los tratamientos a los lechones se realizó de manera aleatoria para evitar sesgos en la selección. Cada lechón se consideró como la unidad experimental.

Durante el periodo experimental, las mediciones de hemoglobina y hematocrito se realizaron en los días 3, 12 y 20 de edad, mientras que la ganancia de peso se registró desde el día 3 (nacido) y 20 (destete), con estos datos se determinó la ganancia de peso y la mortalidad con el objetivo de evaluar la eficacia de cada tratamiento.

#### **5.2.4. Descripción de los tratamientos**

Tratamiento 1: Aplicación de una sola dosis de 200 mg de hierro dextrano, al tercer día de nacido.

Tratamiento 2: Aplicación de dos dosis de 200 mg de hierro dextrano: al tercer y doceavo día de nacido.

Tratamiento 3: Aplicación de una sola dosis de 200 mg de hierro gleptoferron, al tercer día de nacido.

Tratamiento 4: Aplicación de dos dosis de 150 mg de hierro dextrano: al tercer y doceavo día de nacido.

Tratamiento 5: Aplicación de dos dosis de 200 mg de hierro gleptoferron: al tercer y doceavo día de nacido.

#### **5.2.5. Técnicas**

##### **5.2.5.1. Toma y Análisis de Muestras**

Para obtener las muestras de sangre se realizó la recolección de 10 microlitros de la vena auricular intermedia de los lechones, utilizando un capilar. Las muestras fueron inmediatamente colocadas en un hemoglobinómetro para su análisis respectivo. Estas mediciones, se hicieron los días 3 (antes del tratamiento), al día 12 (antes de la segunda aplicación de hierro) y al día 20 (destete).

Por otro lado, para medir el peso de los lechones, se utilizó una la balanza digital con capacidad de 5 kg y sensibilidad de 50 gramos.

## 5.2.5.2. Medición de las variables productivas formato apa

### 5.2.5.2.1. Ganancia de Peso (GDP)

Todos los animales utilizados en el estudio fueron pesados los días 3, y 20 de vida. La GDP (kg/día) fue determinada mediante la siguiente fórmula:

$$GDP = \frac{\text{Peso final} - \text{Peso inicial}}{\text{Días}}$$

### 5.2.5.2.2. Mortalidad

A pesar de que la mortalidad es un parámetro que no está relacionado directamente con los tratamientos en estudio, esta se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Tasa de mortalidad} = \frac{\text{Nº de lechones muertos}}{\text{Poblacion total de lechones}} \times 100$$

### 5.2.5.2.3. Registro de Datos

Se elaboraron planillas de registro de información para cada bloque indicando: Datos de las madres:

- Número de identificación.
- Categoría.
- Fecha y hora de parto.

Datos de los lechones:

- Peso al día 3 de nacido.
- Peso al día 20 de vida (destete).
- Nivel de hemoglobina a los días 3,12 y 20 de nacido
- Nivel de hematocrito a los días 3,12 y 20 de nacido

## 5.2.5. Variables de Estudio

En la Tabla 1, se consideran las variables que se evaluaron en la presente investigación.

**Tabla 1.** Variables determinadas en el presente estudio.

---

### Caracterización de las variables

---

<b>VARIABLES DEPENDIENTES</b>	<b>FORMAS/INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN</b>
Hemoglobina (%)	Hemoglobinómetro
Hematocrito (%)	Hemoglobinómetro
Peso inicial y al destete (kg)	Balanza
Mortalidad (%)	Fórmula
Ganancia de peso (kg)	Fórmula

### **5.2.6. Procesamiento y Análisis de la Información**

Para las variables de hemoglobina y hematocrito se utilizó un análisis de medidas repetidas, utilizando el procedimiento mixed del SAS (SAS on Demand for Academics, 2024), en el que los factores fijos fueron: la edad, el tratamiento y su interacción. La unidad experimental fue el lechón anidado al tratamiento. Se utilizó una matriz de varianzas y covarianzas de tipo simétrico compuesto (CS) para corregir la falta de independencia de los datos. Para comparar las medias se utilizó un t-test protegido y el nivel de significancia utilizado fue del  $p < 0,05$ .

Las ganancias de peso fueron analizadas por medio de un análisis de varianzas utilizando el procedimiento GLM del SAS, considerando el tratamiento como principal factor de variación y el peso vivo como covariable.

### **5.2.8. Consideraciones Éticas**

Durante el estudio, se tuvo en cuenta el bienestar de los lechones, además se siguió los principios de la ética y bienestar animal, evitando cualquier forma de sufrimiento innecesario, también se obtuvieron los permisos y aprobaciones pertinentes de la granja porcina y del médico veterinario encargado. Además, se utilizaron métodos que causaron el menor estrés posible, se les brindó una atención adecuada y fueron alojados en condiciones que promovieron su salud.

## 6. Resultados

### 6.1. Efecto de la Fuente, Dosis y Número de Aplicaciones de Hierro en los Valores de Hemoglobina y Hematocrito en lechones

El presente trabajo de investigación tuvo la finalidad de aportar información sobre los niveles de hemoglobina, hematocrito, mortalidad y ganancia de peso en lechones suplementados con hierro en 3 periodos de tiempo: a los 3, 12 y 20 días de edad. Los resultados obtenidos se detallan en las Tablas 2, 3, 4 y 5.

**Tabla 2.** Efecto de la fuente, dosis y número de aplicaciones de hierro en los valores de hemoglobina y hematocrito de lechones al 3 día de edad.

Dosis (mg)	Fuente de hierro	Aplicaciones	Hemoglobina (g/dL)	Hematocrito (%)
200	Dextrano	Día 3	8,84	26,03
200	Dextrano	Día 3 y 12	8,78	25,83
200	Gleptoferron	Día 3	9,36	27,60
150	Dextrano	Día 3 y 12	9,17	26,93
200	Gleptoferron	Día 3 y 12	8,87	26,03
Error estándar de la media			0,2096	0,6809
p-valor			0,1652	0,2288

En la Tabla 2 se presentan los promedios de hemoglobina y hematocrito. No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0,05$ ). Los niveles de hemoglobina oscilaron entre 8,78 g/dL g/l para T2 (que fue el más bajo) y 9,36 g/l para T3 (el más alto). En cuanto a los niveles de hematocrito, los valores fueron de 25,83% para T2, que fue el más bajo, y 26,93% para T4, que resultó el más alto. Cabe mencionar que estos resultados obtenidos fueron tomados antes de la aplicación de los tratamientos con hierro, por lo que no se detectó efecto en los niveles de hemoglobina y hematocrito.

**Tabla 3.** Efecto de la fuente, dosis y número de aplicaciones de hierro en los valores de hemoglobina y hematocrito de lechones a los 12 días de edad

Dosis (mg)	Fuente de hierro	Aplicaciones	Hemoglobina (g/dL)	Hematocrito (%)
200	Dextrano	Día 3	10,83 <sup>abc</sup>	31,90
200	Dextrano	Día 3 y 12	10,46 <sup>bc</sup>	30,66
200	Gleptoferron	Día 3	11,12 <sup>a</sup>	31,53
150	Dextrano	Día 3 y 12	10,33 <sup>c</sup>	30,44
200	Gleptoferron	Día 3 y 12	10,94 <sup>ab</sup>	32,25
Error estándar de la media			0,2096	0,6809
p-valor			0,0344	0,2313

Nota: Las letras <sup>abc</sup> en las diferentes columnas indican diferencia estadística  $p < 0,05$ .

En la tabla 3 se puede apreciar los resultados de hemoglobina y hematocrito al día 12, tras la aplicación de los tratamientos con hierro. Los niveles de hemoglobina mostraron diferencias entre los tratamientos ( $p < 0,05$ ), con valores que oscilaron entre 10,33 g/dL (T4, el más bajo) y 10,94 g/dL (T5, el más alto), reflejando una diferencia de 0,61 g/dL. Estos resultados indican que la mayoría de los lechones alcanzaron concentraciones de hemoglobina superiores a 10 g/dL, encontrándose dentro del rango requerido que es de 9-14 g/dL, lo que permite evidenciar un efecto de los tratamientos. En cuanto al hematocrito, no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ), con valores que oscilaron entre 30,44% (T4) y 31,90% (T1), con una diferencia de 1,46 %. Los valores promedio encontrados son mayores a los del día 3 de edad, lo que muestra un efecto positivo de los tratamientos y se encontrándose cerca del límite inferior del rango óptimo recomendado de (32-50%).

**Tabla 4.** Efecto de la fuente, dosis y número de aplicaciones de hierro en los valores de hemoglobina y hematocrito de lechones a los 20 días de edad.

Dosis (mg)	Fuente de hierro	Aplicaciones	Hemoglobina (g/dL)	Hematocrito (%)
200	Dextrano	Día 3	11,27 <sup>b</sup>	33,38 <sup>ab</sup>
200	Dextrano	Día 3 y 12	11,84 <sup>a</sup>	34,91 <sup>a</sup>
200	Gleptoferron	Día 3	11,02 <sup>b</sup>	32,46 <sup>b</sup>
150	Dextrano	Día 3 y 12	11,48 <sup>ab</sup>	33,82 <sup>ab</sup>
200	Gleptoferron	Día 3 y 12	11,90 <sup>a</sup>	35,06 <sup>a</sup>
Error estándar de la media			0,2096	0,6809
p-valor			0,0117	0,0340

Nota: Las letras <sup>abc</sup> en las diferentes columnas indican diferencia estadística  $p < 0,05$ .

En la tabla 4 se muestran los resultados obtenidos de hemoglobina y hematocrito al día 20 (destete). Los niveles de hemoglobina presentan diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0,05$ ), con valores entre 11,02 g/dL (T3 el más bajo) y 11,90 g/dL (T5 el más alto), con una diferencia de 0,88 g/dL. Estos resultados indican que la mayoría de los lechones alcanzaron concentraciones promedio superiores a 10 g/dL, reflejando niveles adecuados de hemoglobina. En cuanto al hematocrito, también se observaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), con valores que oscilaron entre 32,46 (T3 el más bajo) y 35,06% (T5 el más alto), con una diferencia de 2,6 %. Estos niveles promedio se encuentran dentro del rango recomendado de 32-50 %, evidenciando una mejora en el estado hematológico de los lechones.

**Tabla 5.** Efecto de la fuente, dosis y número de aplicaciones de hierro sobre la ganancia de peso .

<b>Dosis (mg)</b>	<b>Fuente de hierro</b>	<b>Aplicaciones</b>	<b>Ganancia de peso (kg)</b>
200	Dextrano	Día 3	4,10
200	Dextrano	Día 3 y 12	4,34
200	Gleptoferron	Día 3	3,97
150	Dextrano	Día 3 y 12	4,38
200	Gleptoferron	Día 3 y 12	4,14
Error estándar de la media			0,118
p-valor			0,065

En la tabla 5 se observa los promedios de los resultados de la variable ganancia de peso. No se encontró diferencia significativa entre los tratamientos ( $p < 0,05$ ); sin embargo, si se evidenció una tendencia en el incremento de peso promedio del lechón, medido al día 20. El T2 tuvo una ganancia promedio de 4,34 kg (mayor), en comparación con el T3 (3,97 kg).

## 7. Discusión

En lechones, la mortalidad durante los primeros días de nacimiento causa una importante reducción en la productividad de las granjas porcinas. Está íntimamente ligada al manejo del lechón en la primera etapa de su desarrollo. En este período, una de las causas de la mortalidad es el desarrollo de anemia nutricional, ocasionada por la deficiencia de hierro (Fe), afectando el crecimiento de los lechones. El Fe es requerido como un componente de la hemoglobina y hematocrito. Además, tiene un importante rol en el organismo como componente de varias enzimas metabólicas.

Ante esto el presente trabajo centra su análisis en la aplicabilidad de 5 distintos tratamientos de suplementación de hierro, utilizado variación en la aplicación de dextrano y gleptoferron. Así, se determinó que los niveles de hemoglobina en el día 3 (considerado como el día 0 del ensayo) fluctuaron entre 8,78 g/l para T2 que fue el más bajo y 9,36 g/l para T3 (el más alto). No se encontró diferencia estadística significativa entre tratamientos ( $p > 0,05$ ). Estos resultados son similares a los encontrados por Urizar (2016), quien utilizó 5 tratamientos con diferentes dosis de hierro dextrano y gleptoferron, aplicados con diferentes intervalos de tiempo. El autor reportó que el tratamiento que consistió en la aplicación de hierro gleptoferron a una concentración de 200 mg al tercer día de nacido y en una sola dosis, tuvo un valor promedio de hemoglobina de 9,03 g/dL con una diferencia de 0,732 g/dL respecto con aquel en que administró hierro dextrano en concentración de 200 mg al tercer día de nacido (8,298 g/dL). En el mencionado estudio no se encontró una diferencia significativa entre los tratamientos.

De igual forma, Martínez et al (2018) en un estudio similar al presente, publicaron niveles promedio de hemoglobina de 8,78 g/l, en lechones suplementados con hierro dextrano en concentración de 200 mg, a los 3 días de nacidos. Por su parte, Ambroggi et al (2018) mencionan que al no aplicarse en los lechones ningún tratamiento de hierro en los primeros 3 días se comienzan a presentar casos de anemia la cual interfiere directamente con el crecimiento; además, los animales se vuelven más susceptibles a enfermedades infecciosas que un cerdo sin deficiencias. Lagos (2015) menciona que la menor concentración de hemoglobina está relacionada con una menor cantidad de hierro suministrado, provocando una anemia en los animales que se hace evidente a partir del día 12 desde su nacimiento.

Respecto a los resultados obtenidos para la variable hematocrito, no se detectó diferencia estadística. A los 3 días de edad, los valores fluctuaron entre 25,83% y 26,93%. Esta

medición se la realizó para tener la información de base para el análisis comparativo entre tratamientos. Los valores detectados fueron cercanos al rango óptimo de 32 a 50% (Jackson y Cockcroft, 2009). Por otra parte, Aguirre (2017) en un estudio análogo reportó niveles de hematocrito entre 24,39 y 26,86%. Vargas (2019) menciona que los cerdos al nacer presentan altos porcentajes de hematocrito; sin embargo, al cumplir los 3 días de nacidos, tienden a mostrar una notable disminución, llegando a valores por debajo de 27%, lo que concuerda con el estudio. Según Arauz, Scodellaro y Pintos (2020) el valor normal de hematocrito en cerdos varía de 15-40%, siendo un caso anémico típico 17%.

El valor promedio de hemoglobina medida al día 12 de edad en los diferentes tratamientos presentó diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), fluctuando entre 10,33 g/l para T4 y 10,94 g/l para T5. Estos resultados hacen evidente que mayor parte de los lechones, durante los primeros 12 días, han alcanzado un nivel de concentración de Hb de 10 g/dL o superior, indicando un adecuado contenido de hierro en el organismo. Resultados similares fueron encontrados por Aguirre (2017), siendo el rango entre 10,7975 g/l para T3 que corresponde a la aplicación de hierro dextrano 200 mg al tercer día de nacido en una sola dosis, y 14,6175 g/l para T5 que consistió en la aplicación de hierro dextrano 200 mg al sexto día de nacido en una sola dosis.

En que respecta al hematocrito evaluado a los 12 días de nacidos de los cerdos, no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos aplicados a los lechones ( $p > 0,05$ ) con valores de 30,44% para T4 y 31,90% para T1. Estos hallazgos son comparables con los de Colina et al (2017) en el cual los promedios de la variable hematocrito variaron entre 28,57% (T4) y 33,73% para el T1. Los autores probaron de hierro dextrano, con una concentración de 150 mg al tercer día de nacido con una sola dosis (T1) y hierro dextrano, con una concentración de 150 mg al tercer día de nacido y al día doce de vida (T4). Por su parte, en el trabajo realizado por Aguirre (2017), no se encontró diferencia significativa ( $P > 0,05$ ) entre los tratamientos. El autor evaluó la aplicación de hierro dextrano 200 mg al tercer día de nacido una sola dosis (T3), reportando el T3 alcanzó el valor más bajo (28,39 %) y el T5 el valor más alto con 35,86 % corresponde a la aplicación de hierro gleptoferron 200 mg al tercer día de nacido, lo que arroja una diferencia entre ambos valores de 7,47%. Lo señalado en líneas anteriores pueden explicarse por lo manifestado por Middlebrook (2016), quien enfatiza en que la aplicación de hierro dextrano no influye significativamente sobre el porcentaje de hematocrito y que esto

puede deberse a que se empleó una dosis única y los animales corrigieron el déficit de hierro cuando iniciaron el consumo de alimento.

En cuanto a los resultados de la variable hemoglobina determinada al día 20, se detectaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). Los valores variaron entre 11,02 g/dL para T3 y 11,90 g/dL para T5. Macedo (2017), reportó niveles de hemoglobina de 14,64 g/dl para T5 y de 9,04 g/dl para T1. El tratamiento 5 del autor citado, consistió en la aplicación de hierro gleptoferron 200 mg al tercer día de nacido y al día doce de nacido y T1 con la aplicación de hierro gleptoferron 200 mg al tercer día de nacido a una sola dosis. Así mismo, en el estudio mencionado, se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

En lo que respecta a hematocrito determinado al día 20, también se encontró diferencia significativa entre los tratamientos aplicados a los lechones ( $p < 0,05$ ), con valores de 32,46% para T3 y 35,06% para T5. Estos hallazgos son comparables a los obtenidos por Macedo (2017) quien detectó una media de 39,45%, con el tratamiento que consistió la aplicación de hierro gleptoferron 200 mg al tercer día de nacido y al día doce de nacido.

Finalmente, en lo que respecta a los promedios de los resultados de la variable ganancia de peso, no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos aplicados en los lechones ( $p < 0,05$ ). La ganancia de peso promedio de los lechones del T2 en el día 20 fue de 4,34 kg, mientras que para el T3 fue de 3,97 kg. Estos resultados se asemejan a los de Stoppani (2023), quien, en su trabajo de investigación no encontró diferencias significativas en la ganancia de peso entre lechones que recibieron una dosis de 200 mg de Fe dextrano en una sola dosis (T1) y los que recibieron una suplementación de Fe dextrano entre los días tres y doce post nacimiento (T2). El autor publicó una mayor ganancia promedio de peso de los lechones al día (5,75 kg) el tratamiento consistió la aplicación de hierro gleptoferron 200 mg al tercer día de nacido y al día doce de nacido a favor en el T2, ya que su promedio es 5,75 kg contra 5,01 kg del T1.

Así mismo, Carrera (2022) obtuvo una mayor ganancia de peso (4,2 kg), tras la aplicación de hierro dextrano 150 mg al tercer día de nacido con un refuerzo de 150 mg, al día doce de nacido. Esta forma de hierro y con la misma frecuencia empleada por el autor antes mencionado, es similar al T4 del presente estudio, en el que el promedio fue de 4,38 kg. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas en la ganancia de peso tras la aplicación de los tratamientos, situación similar a la del presente ensayo. Según Dunnigan et al (2015),

recuentos bajos de hemoglobina en sangre de los cerdos significan un retraso en la tasa de crecimiento. Los cerdos jóvenes presentan niveles de Hb más bajos en comparación con los adultos, aunque estos niveles aumentan a medida que el animal madura (Anchapanta et al., 2020). Además, durante el primer mes de vida de los lechones, el porcentaje de hematocrito también puede cambiar debido a los cambios fisiológicos y la adaptación a una dieta sólida. (Quintero et al., 2008).

## **8. Conclusiones**

- Se concluye que la suplementación con hierro gleptoferron en dos aplicaciones en lechones resultó efectiva para mantener niveles adecuados de hemoglobina y hematocrito, presentaron niveles significativamente más altos en comparación con el tratamiento con hierro dextrano. Los resultados resaltan la importancia de la suplementación con hierro en la crianza de cerdos, contribuyendo al correcto desarrollo y bienestar.
- Se concluye que los tratamientos a base de hierro dextrano y gleptoferron suplementados con dos dosis en el día 3 y en el día 12, no influyo en los parámetros de ganancia de peso, donde no existió una diferencia significativa, pero si hubo una tendencia en dicha variable.

## **9. Recomendaciones**

- Se recomienda futuras administraciones de hierro proveniente de otras fuentes de origen en diferentes días de vida de los lechones.
- Medir niveles de hierro sérico en lechones con la finalidad de comparar valores de hemoglobina y hematocrito.
- Se recomienda una tercera aplicación de hierro a los 30 días de edad.
- Se recomienda medir niveles de hierro en cerdas gestantes con la finalidad de comparar valores de hierro en calostro producido.

## 10. Bibliografía

- Aguirre Arriaga, a. D. (2017). Respuesta de lechones recién nacidos a la aplicación de hierro por dos vías en tres fases de crecimiento.
- Almond, G., Byers, E., Seate, J., & Boyer, P. (2017). Supplemental iron dextran injections: Influence on hemoglobin concentrations and piglet growth. *Journal of Swine Health and Production*, 25(6), 308-312.
- Alvarado, C. S., Yanac-Avila, R., Marron-Veria, E., Málaga-Zenteno, J., & Adamkiewicz, T. V. (2022). Advances in the diagnosis and treatment of iron deficiency and iron deficiency anemia. *Anales de La Facultad de Medicina*, 83(1), 65–69. <https://doi.org/10.15381/anales.v83i1.21721>
- Amaña. (2019). *Uso de hierro dextrano 100 y hierro dextrano 200 para la prevención de anemia en lechones recién nacidos*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:214329260>
- Ambrogi, A., Busso, J., Carranza, A., & Di Cola, G. (2018). Enfermedades y patologías de los porcinos. *UniRío Editora*.
- Anchapanta, R., Quisirumbay, J., & Naranjo, M. (2020). Efecto de diferentes protocolos de aplicación de hierro sobre variables hematológicas en lechones. *Rev Vet* , 2, 137–141. <http://www.scielo.org.ar/pdf/revet/v31n2/1669-6840-revet-31-02-137.pdf>
- Antileo. (2015). *Efecto de la suplementación oral de hierro hemínico/no hemínico encapsulado sobre el estado nutricional de hierro en cerdos neonatos* [Universidad de Chile]. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/136251/Efecto-de-la-suplementaci%C3%B3n-oral-de-hierro-hem%C3%ADnico-no-hem%C3%ADnico-encapsulado-sobre-el-estado-nutricional-de-hierro-en-cerdos-neonatos.pdf?sequence=1>
- Arauz, M. S., Scodellaro, C. F., & Pintos, M. E. (2020). Atlas de hematología veterinaria. *Libros de Cátedra*.
- Avendaño, R. L., Macías, C. U., Correa, C. A., Valadez, G. K. M., Vicente, P. A., ... & Contreras, S. M. A. (2017). Efecto de época (verano vs invierno) sobre variables hematológicas y metabolitos sanguíneos en corderos de engorda en finalización seasonal effect (summer vs winter) on hematologic variables and blood metabolites in lambs during the finishing fatening. *Mexicali, Baja California, México 4 y 5 de Octubre de 2017*, 64.

- Bhattarai, S & Nielsen, J.P. (2015). Association between hematological status at weaning and weight gain post-weaning in piglets
- Bottegal, D. N. (2018). *Sistemas productivos porcinos y su impacto en indicadores comportamentales y fisiológicos de estrés* (Doctoral dissertation, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires).
- Carrera Vizuite, C. D. (2022). *Diseño del proceso industrial para la producción de inmunoglobulina a partir del lactosuero* (Bachelor's thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)).
- Casco Villacis, J. G. (2020). *Evaluación de un lactoreemplazante comercial en la prevención de diarreas en lechones de la unidad de producción porcina-UTA* (Bachelor's thesis).
- Colina, J. J., Rico, D., Araque, H. E., León, M. V., Tovar, C. L., & Rossini, M. (2017). Hematología, metabolitos sanguíneos y peso de órganos de cerdos en crecimiento alimentados con Harina de Pijiguao (*Bactris gasipaes* HBK) y Lisina. *Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, 51(1), 51-62.
- Colombo, C., Palumbo, G., He, J. Z., Pinton, R., & Cesco, S. (2014). Review on iron availability in soil: Interaction of Fe minerals, plants, and microbes. In *Journal of Soils and Sediments* (Vol. 14, Issue 3, pp. 538–548). Springer Verlag. <https://doi.org/10.1007/s11368-013-0814-z>
- Compagnoni, M. V., & Tittarelli, C. M. (2019). Inseminación artificial en la especie porcina: dosis inseminante en relación con el lugar de deposición. *Analecta Veterinaria*, 39.
- Ding, H., Yu, X., & Feng, J. (2020). Iron homeostasis disorder in piglet intestine. In *Metallomics* (Vol. 12, Issue 10, pp. 1494–1507). Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/d0mt00149j>
- Dunnigan, S; Jones, R; Almond, G & Gillespie, T. (2015). The effects of hemoglobin levels on growth rates in pigs, de American Association of Swine Veterinarians.
- Espinosa Muñoz, V. (2017). *Uso de extracto de Yucca schidigera en dietas para cerdos y su efecto en la concentración de gases en el ambiente y en excretas* (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco).
- Ganz, Dr. T. (2021). Comprender el metabolismo del hierro y los glóbulos rojos. Ash News Daily. <https://ashpublications.org/ashnewsdaily/news/6612/Understanding-Iron-and-Red-Blood-Cell-Metabolism>

- García, M., Villa, R., & Hurtado, J. (2019). Evaluación del aumento de peso en lechones durante la lactancia en parideras tecnificadas y tradicionales. *Ciencia y Agricultura*, 16(3), 7–16. <https://doi.org/10.19053/01228420.v16.n3.2019.9513>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Balsas. (2023). *Ubicación geográfica cantón Balsas*. <https://balsas.gob.ec/index.php/canton/datos-generales>
- Jackson, P., & Cockcroft, P. (2009). Manual de medicina porcina (1era ed.). Buenos Aires.
- Kleinbeck, S. N., & Mcglone, J. J. (1999). *Intensive Indoor Versus Outdoor Swine Production Systems: Genotype and Supplemental Iron Effects on Blood Hemoglobin and Selected Immune Measures in Young Pigs 1*. <https://academic.oup.com/jas/article/77/9/2384/4653386>
- Lagos Alvarez, G. (2015). Efecto de la suplementación de hierro parenteral versus oral sobre el comportamiento de cerdos neonatos.
- Lipiński, P., Starzyński, R. R., Canonne-Hergaux, F., Tudek, B., Oliński, R., Kowalczyk, P., Dziaman, T., Thibaudeau, O., Gralak, M. A., Smuda, E., Woliński, J., Usińska, A., & Zabielski, R. (2010). Benefits and risks of iron supplementation in anemic neonatal pigs. *American Journal of Pathology*, 177(3), 1233–1243. <https://doi.org/10.2353/ajpath.2010.091020>
- Macedo, M. R. (2017). *Cría porcina a campo para pequeños productores familiares de Tucumán*. Ediciones INTA.
- Martinez, A. L., Gamba, R. G. M., & Hernández, G. R. (2018). Cambios en el tamaño de camada y sus efectos en la producción porcina: Estudio de revisión.
- Middlebrook, P. B. (2016). Efecto del suplemento nutricional durante el periodo de lactancia para incrementar la viabilidad de lechones ballicos en la granja Monzón–Arequipa 2015.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2021). *Porcicultores y avicultores de la parte alta de El Oro aspiran nuevo camal en la región*. <https://www.agricultura.gob.ec/porcicultores-y-avicultores-de-la-parte-alta-de-el-oro-aspiran-nuevo-camal-en-la-region/>
- Nazareno, Y. (2022). *Análisis del efecto por deficiencia del hierro en la ganancia de peso en lechones* [Universidad tècnica de babahoyo facultad de ciencias agropecuarias carrera de medicina veterinaria y zootecnia ]. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/13090/E-UTB-FACIAG-MVZ-000112.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Pardo. (2022). *Comparación de la suplementación de hierro en lechones por vía oral e intramuscular y su respuesta en la bioquímica sanguínea.* file:///D:/Descargas/Comparaci%C3%B3n%20de%20la%20suplementaci%C3%B3n%20de%20hierro%20en%20lechones%20por%20v%C3%ADa%20oral%20e.pdf
- Pérez, F. (2018). Prácticas de manejo del lechón en maternidad: Estrategias para mejorar su sobrevida y aumentar la productividad. *Redvet, 11*.
- Quintero, G., Gutiérrez, A., González-Rosendo, Sánchez, G., Muñoz, J., Pozo, J., Rodríguez, J., & Jerez, J. (2008). Bioavailability of Heme Iron in Biscuit Filling Using Piglets as an Animal Model for Humans. In *International Journal of Biological Sciences* (Vol. 4, Issue 1). www.biolsci.org
- Ramos, M., Amanto, Fabian, & Martínez, G. (2019). *Diferentes administraciones de hierro dextrano y su efecto sobre la ganancia de peso en lechones.*
- Rodas Mosquera, D. F. (2021). *Determinación de valores referenciales en hemograma y química sanguínea en porcinos machos aparentemente sanos en condiciones de altitud* (Bachelor's thesis).
- Sobalvarro, J. (2017). *Manejos del Lechón Recién Nacido.* <http://www.ciap.org.ar/Sitio/Archivos/Guia%20Practica%20Manejos%20del%20Lechon%20recien%20nacido.pdf>
- Sperling, D., Freudenschuss, B., Shrestha, A., Hinney, B., Karembe, H., & Joachim, A. (2018). Comparative efficacy of two parenteral iron-containing preparations, iron glucoferron and iron dextran, for the prevention of anaemia in suckling piglets. *Veterinary Record Open, 5*(1). <https://doi.org/10.1136/vetreco-2018-000317>
- Stoppani, C. L. (2023). *Efecto de Lactobacillus salivarius sobre la microbiota intestinal, el estado sanitario y el desempeño productivo de cerdos en etapa de recría* (Doctoral dissertation, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires).
- Svoboda, M., Vaňhara, J., & Berlinská, J. (2017). Parenteral iron administration in suckling piglets – A review. In *Acta Veterinaria Brno* (Vol. 86, Issue 3, pp. 249–261). University of Veterinary and Pharmaceutical Sciences. <https://doi.org/10.2754/avb201786030249>
- Szudzik, M., Starzyński, R. R., Jończy, A., Mazgaj, R., Lenartowicz, M., & Lipiński, P. (2018). Iron supplementation in suckling piglets: An ostensibly easy therapy of neonatal iron

- deficiency anemia. In *Pharmaceuticals* (Vol. 11, Issue 4). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ph11040128>
- Urbaniak, O., Spyrka, P., & Rzaša, A. (2017). Can iron work for pigs as a booster. *Advances in Cell Biology*, 5(2). <https://doi.org/10.1515/acb-2017-0009>
- Valenzuela, C., Antileo, R., Lagos, G., & Pizarro, F. (2015). *El cerdo como modelo experimental para la nutrición de hierro*. <file:///D:/Descargas/El%20cerdo%20como%20modelo%20experimental.pdf>
- Vargas Camacho, M. E. (2019). Efecto de la suplementación de hierro sobre la salud y parámetros de crecimiento en terneras Jersey durante el período de lactancia.
- Williams, H. E., DeRouchey, J. M., Woodworth, J. C., Dritz, S. S., Tokach, M. D., Goodband, R. D., Holtcamp, A. J., Bortoluzzi, E. M., & Gebhardt, J. T. (2020). Efectos del aumento de la dosis de Fe en cerdos recién nacidos sobre el desempeño de la lactancia y posterior destete y los criterios hematológicos e inmunológicos. *LLC*. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa221/5871432>
- Yin, L., Zhang, Y., Li, J. *et al.* (2023). Mecanismo del hierro en el desarrollo del epitelio intestinal en lechones lactantes. *Sci. China Life Sci.* **66**, 2070–2085 <https://doi.org/10.1007/s11427-022-2307-7>
- Zambrano Palacios, E. K. (2019). Análisis económico de dos dietas alimenticias en cerdos de razas Pietrain en condiciones estabuladas, en el Cantón Buena Fe.
- Zevallos, L. (2008). *Efecto del hierro dextrano, inyectable y oral, en lechones lactantes*.

## 11. Anexos



**Anexo 1.** Pesaje de los lechones al día 3 de nacido



**Anexo 2.** Limpieza con algodón sobre la zona de punción



**Anexo 3.** Toma de muestra de sangre con capilare de 10 microlitros.



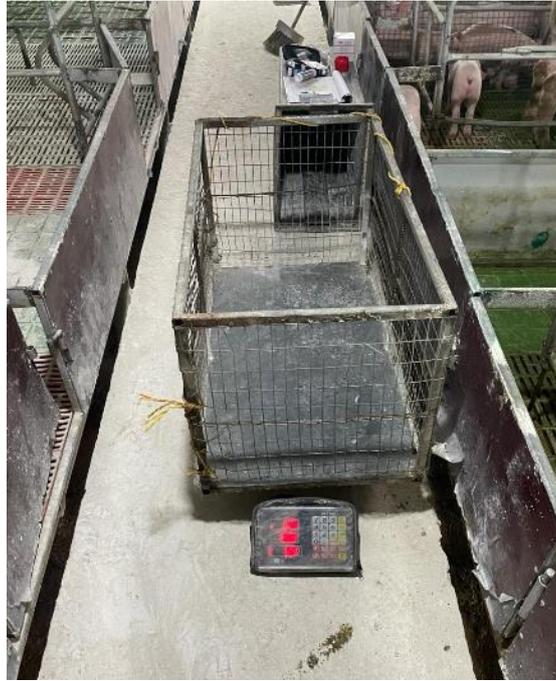
**Anexo 4.** Análisis de sangre mediante hemoglobinómetro.



**Anexo 5.** Extracción de hierro para su posterior aplicación.



**Anexo 6.** Aplicación de hierro.



**Anexo 7.** Balanza para pesaje del día 20 de edad.



**Anexo 8.** Camada de lechones al día 20.



Anexo 9. Hierro gleptoferron.



Anexo 10. Hierro dextranso.

## CERTIFICACIÓN DE TRADUCCIÓN

Loja, 12 de diciembre de 2024

Lic. Viviana Valdivieso Loyola Mg. Sc.

**DOCENTE DE INGLÉS**

A petición verbal de la parte interesada:

### **CERTIFICA:**

Que, desde mi legal saber y entender, como profesional en el área del idioma inglés, he procedido a realizar la traducción del resumen, correspondiente al Trabajo de Integración Curricular titulado **Efecto de diferentes tratamientos de aplicación de hierro sobre el nivel de hemoglobina y parámetros productivos en lechones**, de la autoría de: **Eduardo Josue Espinoza Ramírez**, portador de la cédula de identidad número **0704955582**

Para efectos de traducción se han considerado los lineamientos que corresponden a un nivel de inglés técnico, como amerita el caso.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando al portador del presente documento, hacer uso del mismo, en lo que a bien tenga.

Atentamente. -



Lic. Viviana Valdivieso Loyola Mg. Sc.

1103682991

N° Registro Senescyt 4to nivel **1031-2021-2296049**

N° Registro Senescyt 3er nivel **1008-16-1454771**

**Anexo 11.** Certificado de traducción del resumen