

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL



Efecto de la Aplicación de Diferentes Dosis de Hierro sobre la Ganancia de Peso, Alzada y Longitud Corporal en Lechones al Destete y Posdestete

Por:

CLAUDIA DENNISE HERRERA GARIBAY

TESIS

Presentada con Requisito Parcial para Obtener el Título de:
INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Efecto de la Aplicación de Diferentes Dosis de Hierro sobre la Ganancia de Peso, Alzada y Longitud Corporal en Lechones al Destete y Posdestete

Por:

CLAUDIA DENNISE HERRERA GARIBAY

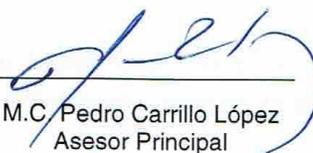
Tesis

QUE SOMETE A LA CONSIDERACION DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Aprobada por:


M.C. Enrique Esquivel Gutiérrez
Coasesor


M.C. Pedro Carrillo López
Asesor Principal


Ing. Ricardo Deyta Monjaras
Coasesor


José Dueñez Alanís
Coordinador de la División de Ciencia Animal

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
COORDINACIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Saltillo, Coahuila, México.
Diciembre 2019

AGRADECIMIENTOS

A **Dios**, por haberme brindado vida y salud para culminar mi etapa universitaria y además haber creado en mí el valor del interés hacia el estudio y la investigación lo que me abre puertas a descubrir nuevas cosas.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, por abrirme las puertas como una segunda casa siendo un excelente espacio de aprendizaje y desarrollo profesional.

Quiero agradecer a mis padres, el **Sr. Ricardo Herrera Balderas y la Sra. Claudia Liliana Garibay Ruiz**, ya que sin ellos esto no hubiera sido posible, por su cariño y apoyo incondicional.

A mis abuelitos **Sr. Antonio Garibay y Sr. Matilde Ruiz**, quienes son como mis segundos padres, por ser parte importante de esta etapa apoyándome y estando siempre pendiente de mí.

Al **M.C Pedro Carrillo López**, quien fue para mí un gran apoyo en esta investigación, por su tiempo y dedicación, además de brindarme animo durante el desarrollo de este proyecto.

Al **M.C Enrique Esquivel Gutiérrez**, por haber demostrado siempre ser un excelente maestro y amigo durante mi carrera universitaria.

Al **Ing. Ricardo Deyta Monjaras**, por su apoyo y amistad durante mi etapa universitaria.

A **María Dolores Ruiz Salazar**, por su ayuda y tiempo dedicado en las actividades de este proyecto desempeñándose de la mejor manera, por sus consejos

y su cariño en nuestra bonita amistad. Por lo mucho que contribuiste a mis días universitarios y a mi trabajo de investigación, ¡gracias!

A **Rodrigo Gurrola Casas**, por ser un gran apoyo y compañero en mis días alentándome en cada uno de ellos a dar lo mejor de mí.

A **mis compañeros (as) y amigos (as) Carolina Saucedo, María Martínez, Jenitzel Gil, Homero Ibarra, Jonatan Gomez, Itzel Medina, Azael Espinoza y demás que faltan por mencionar**, por contar con su apoyo y su amistad en cada semestre de mi carrera universitaria y de alguna manera contribuir en este trabajo de investigación, gracias por ese granito de arena que le dio un toque especial a mi proyecto y a mi estancia en esta ciudad.

DEDICATORIA

A mis padres: **Sr. Ricardo Herrera Balderas y Sra. Claudia Liliana Garibay Ruiz**. Por haberme heredado una de las cosas más valiosas, el estudio. Les dedico a ustedes con profundo amor y mucha admiración este trabajo de investigación ya que es fruto de mi esfuerzo y el de ustedes. Me es muy satisfactorio el tener la oportunidad de celebrar a lado suyo la culminación de esta etapa de mi vida. Gracias por estar para mí cada día, por guiarme e inculcarme buenos valores.

A mis abuelos maternos: **Sr. Antonio Garibay Olivo y Sra. Matilde Ruiz García**. Estoy muy agradecida con Dios por brindarles salud para disfrutar de los momentos más gratos que eh tenido ganándose todo mi respeto y amor, por ello y por estar siempre pendiente de mí les dedico este proyecto.

A mis abuelos paternos: **Sr. Simón Herrera y Sra. Alicia Balderas**. Por ser parte importante en esta y cada etapa de mi vida.

A mis hermanos (as): **María de Hoyos, Ricardo, Eduardo y Camila Herrera**. Por ser cuatro de mis motivos para salir adelante.

ÍNDICE

ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
ÍNDICE DE GRAFICAS	v
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo	4
1.2 Justificación	4
1.3 Hipótesis	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 Aparato digestivo del lechón.....	5
2.2 Minerales	7
2.2.1 Requerimientos de minerales del lechón.....	10
2.3 Hierro en lechones	13
2.3.1 Requerimientos de hierro en lechones	15
2.3.2 Absorción del hierro	15
2.3.3 Deficiencia de hierro en lechones.....	18
2.3.4 Toxicidad por hierro	19
2.4 Anemia	20
2.4.1 Signos clínicos de anemia	22
2.4.2 Prevención de anemias	22
III. MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1 Localización del área de estudio.....	24
3.2 Unidades experimentales.....	24
3.3 Material utilizado.....	24
3.4 Características a evaluar.....	25
3.5 Metodología.....	26
3.6 Procedimiento experimental	26
3.7 Tratamientos	26
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
4.1 Ganancia de peso	27
4.1.1 Nacimiento - destete	27
4.1.2 Nacimiento- posdestete.....	28

4.2	Alzada	30
4.2.1	Nacimiento- destete	30
4.2.2	Nacimiento- posdestete.....	32
4.3	Longitud	33
4.3.1	Nacimiento- destete	33
4.3.2	Nacimiento- posdestete.....	35
V.	CONCLUSIÓN	37
VI.	RESUMEN	38
VII.	LITERATURA CITADA	39

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Microelementos requeridos por el cerdo	12
Cuadro 2. Interacción tratamiento/ sexo ganancia de peso nacimiento- destete.....	28
Cuadro 3. Interacción tratamiento/ sexo ganancia de peso nacimiento- posdestete.	30
Cuadro 4. Interacción tratamiento/ sexo alzada nacimiento-destete.....	32
Cuadro 5. Interacción tratamiento/ sexo alzada nacimiento- posdestete.....	33
Cuadro 6. Interacción tratamiento/ sexo longitud nacimiento- destete.....	35
Cuadro 7. Interacción tratamiento/ sexo longitud nacimiento- destete.....	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Aparato digestivo del cerdo.....	7
Figura 2. Nutrición y alimentación del ganado porcino (primera parte).....	13
Figura 3. Deficiencia de hierro en lechones.....	19
Figura 4. Solución inyectable Dexferan B-12.....	25
Figura 5. Cinta de medir.....	25
Figura 6. Báscula colgante	25

ÍNDICE DE GRAFICAS

Grafica 1. Ganancia de peso por tratamiento del nacimiento al destete.	27
Grafica 2. Ganancia de peso por sexo nacimiento- destete.	28
Grafica 3. Ganancia de peso por tratamiento del nacimiento al posdestete.	29
Grafica 4. Ganancia de peso por sexo nacimiento- posdestetenacimiento- destete.	29
Grafica 5. Alzada por tratamiento del nacimiento al destete.	31
Grafica 6. Alzada por sexo nacimiento- destete.	31
Grafica 7. Alzada por tratamiento del nacimiento al posdestete.	32
Grafica 8. Alzada por sexo nacimiento- posdestete.	33
Grafica 9. Longitud por tratamiento del nacimiento al destete.	34
Grafica 10. Longitud por sexo nacimiento- destete.	34
Grafica 11. Longitud por tratamiento del nacimiento al posdestete.	35
Grafica 12. Longitud por sexonacimiento- posdestete.	36

I. INTRODUCCIÓN

El cerdo (*Sus scrofa domesticus*) es un mamífero omnívoro, artiodáctilo y de hábito crepuscular, su ancestro común es el jabalí europeo (*Sus scrofa*) y pertenece a la familia Suidae. Se adapta fácilmente a distintos climas, es precoz y muy prolífico.

La domesticación de este animal fue en China hace aproximadamente 4.900 años a.c. mientras que en el año de 1493 durante el segundo viaje de Cristóbal Colón fue traído América, principalmente en Venezuela, Colombia, Perú y Ecuador.

Anteriormente el cerdo se producía con propósito mantequero, en la actualidad el principal objetivo de las granjas porcinas es la producción de carne, ya que este mamífero presenta una excelente conversión alimenticia y buen rendimiento, así también, se producen para pie de cría en donde cabe mencionar que alcanzan la madurez rápidamente, son prolíficas y su gestación es corta (114 días). Además, de la carne, también se aprovecha su piel, huesos, viseras y sangre.

La dieta de este animal es muy variada y está estrechamente ligada al propósito de la producción del mismo, se puede alimentar de vegetales o de animales sin problema alguno. Los altos productores de cerdo se basan en sistemas estabulados, es decir, los animales se encuentran confinados en donde reciben una dieta rica en proteína y los principales alimentos son: maíz, avena, trigo y distintos tipos de raíces y tubérculos. Este sistema de producción se considera el más costoso, sin embargo, garantiza animales pesados con buenos rendimientos en carne en poco tiempo. Otro sistema de producción, aunque menos utilizado, es al aire libre en donde los animales se alimentan de forma natural de plantas y animales. Existió un tercer sistema que se basa en combinar los dos anteriores, este es el más utilizado en el mundo y no es tan costoso como el primero. Con una buena alimentación se reflejan

buenas ganancias, ya sea en una pequeña o grande empresa porcina debido al desarrollo físico de los animales y además porque de esta manera se previenen enfermedades (Rodríguez, 2018).

Entre las características principales de este animal podemos encontrar que no posee glándulas sudoríparas por lo que con frecuencia se mojan o enlodan para mantener su temperatura corporal, 38 grados centígrados (°C) aproximadamente, y sus viseras son de poco peso. Físicamente, el cerdo es de piel gruesa y escasas cerdas pero muy ásperas, con cuerpo pesado y redondo, patas cortas y su cola de igual manera.

Los países con más cabezas de ganado porcino son China, Estados Unidos de América, Brasil y Alemania (García, 2013). Los continentes más sobresalientes en producción de ganado porcino es Europa con 116.496,300 y América con 105.187,800 cabezas. En el mundo se cuenta con un total de 303.969.00 de cabezas de ganado porcino (Revenga, 1975).

De acuerdo a la información de la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), en la república mexicana la producción de carne de cerdo ha aumentado a partir del año 2011 en donde los principales estados productores son: Jalisco, Sonora, Puebla, Yucatán y Veracruz. El consumo per cápita en México en el 2016 fue de 18 kilogramos (kg), rebasando el consumo per cápita de la carne de bovino (FIRA, 2016).

El cerdo recibe distintos nombres según su etapa de crecimiento, los términos más usuales para referirnos a este animal son: "*lechón*" antes de que sea destetado y generalmente a los machos, o también "cochinillo de leche", "*Gorrino*" a los animales menores a 4 meses de edad, "*Verraco*" al cerdo reproductor, y pocas veces también se usa la palabra "*Gocha*" para referirnos a la hembra del verraco.

Uno de los principales problemas en lechones es su deficiencia de hierro ya que posee alrededor de 40 a 50 miligramos (mg), esta cantidad solo satisface sus requerimientos hasta el tercer día de vida por lo que a las 72 horas después de su nacimiento es necesario ofrecerle este mineral, para ello existen distintos métodos: vía intramuscular, vía oral, pasta en la ubre de la cerda o con el simple contacto con el suelo.

En base a lo anterior se realizó el siguiente trabajo de investigación ofreciendo hierro intramuscular a los lechones en tres tratamientos diferentes eligiéndolos al azar y comparándolos en base al sexo y al tratamiento sometido.

1.1 Objetivo

Evaluar el efecto de la aplicación de diferentes dosis de hierro sobre la ganancia de peso, alzada y longitud corporal en lechones al destete y posdestete.

1.2 Justificación

Conocer las dosis necesarias para un mejor crecimiento y ganancia de peso en los lechones, además de evitar anemias, lograr un mayor número de lechones al destete en beneficio de la economía de los porcicultores.

1.3 Hipótesis

Hipótesis nula: La aplicación de distintas dosis de hierro y sexo influyen en la ganancia de peso, alzada y longitud.

Hipótesis alternativa: La aplicación de distintas dosis de hierro y sexo no tiene efecto en la ganancia de peso, alzada y longitud.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Aparato digestivo del lechón

En la vida fetal del cerdo el tracto gastrointestinal (TGI) pasa por tres fases durante su desarrollo: proliferación, crecimiento y morfogénesis, diferenciación de células epiteliales, y por último la maduración funcional (Cranwell, 1995). Después de que nace dicho mamífero inmediatamente comienza otra importante etapa en el TGI encargada de proveer a los neonatos las sustancias protectoras a través del endocitosis de las inmunoglobulinas que están presentes en el calostro (Zabielski *et.al.*, 1999). Al destete el tracto gastrointestinal se ve sometido a un proceso de adaptación (Dirkzwager *et.al.*, 2005) lo cual genera cambios morfológicos y funcionales en el mismo lo que puede causar alteración y/o trastornos en el proceso digestivo (Le Dividich y Sève, 2000).

El desarrollo gastrointestinal del lechón está relacionado a varios factores como son el reloj biológico, la dieta, la genética, entre otros (Cranwell, 1995) alcanzando la madurez hasta las 12 semanas de vida (Bikker *et.al.*, 1996).

Thymann (2005), señala que el nacimiento y el destete son las fases más críticas en la vida del cerdo, al nacimiento este animal se ve sometido a muchos cambios ya que el intestino recibe una nutrición diferente a la acostumbrada por medio del cordón umbilical, este nuevo tipo de nutrición se llama “entérica” y es básicamente la alimentación de calostro y leche. Al destete el intestino se debe adaptar a dietas con productos vegetales. Para llevar a cabo el destete se recomienda llevar a cabo una transición en el alimento del animal, es decir, no ofrecerle bruscamente una dieta diferente ya que esto podría ocasionar trastornos.

Los órganos del tracto digestivo del cerdo se encuentran conectados por medio de un tubo musculo- membranoso que va de la boca hasta el ano y estos son: Boca, la cual aparte de consumir el alimento juega un papel importante para la molienda del

alimento mezclándolo con la saliva y así empezar la reacción química de la comida, después pasa de la boca a la faringe, luego del esófago al estómago. Estómago, responsable de almacenar y de iniciar la descomposición de nutrientes para posteriormente pasar la digesta al intestino delgado. Intestino delgado, es el lugar principal de absorción de nutrientes dividido en tres partes: duodeno, yeyuno e íleon. Intestino grueso, su principal función es la absorción de agua, ocurre actividad de enzimas microbianas que forman los ácidos grasos volátiles. Finalmente, la digesta se condensa en material semisólido el cual es expulsado por el ano (De Rouchey *et.al.*, 2014).

Koeslag *et.al.* (2004), reporta que el aparato digestivo del cerdo está conformado por 7 partes, cada una de ellas con sus respectivas funciones: 1) Boca: Aquí se lleva a cabo la trituración de los alimentos mezclándolos con saliva con ayuda de los dientes y lengua iniciando la digestión. 2) Faringe: Esta es la unión de la boca y la cavidad nasal. 3) Esófago: Es el encargado de conducir el alimento hacia el estómago, es un tubo. 4) Estómago: La entrada al estómago se denomina "píloro". El estómago tiene una capacidad de 6 a 8 litros en animales adultos y su pared tiene 4 capas, la capa interna posee glándulas que secretan ácidos y enzimas digestivas. 5) Intestino delgado: Mide aproximadamente 20 metros en animales adultos y su función es de absorción. 6) Intestino grueso: Este se divide en ciego, colon y recto. Mide aproximadamente 5 metros y aquí se lleva a cabo la absorción de los alimentos. 7) Ano: Aquí son expulsados los desechos de la digestión, es el final de recto.

Revenge (1975), menciona que el aparato digestivo del cerdo es muy simple, tiene una excelente digestibilidad ya que el propósito para el que éste se produce (carne) lo requiere para un rápido y óptimo crecimiento. El cerdo tiene la ventaja, a comparación de otros animales, que todo el alimento ingerido lo asimila para convertirlo en carne y grasa alimenticia.

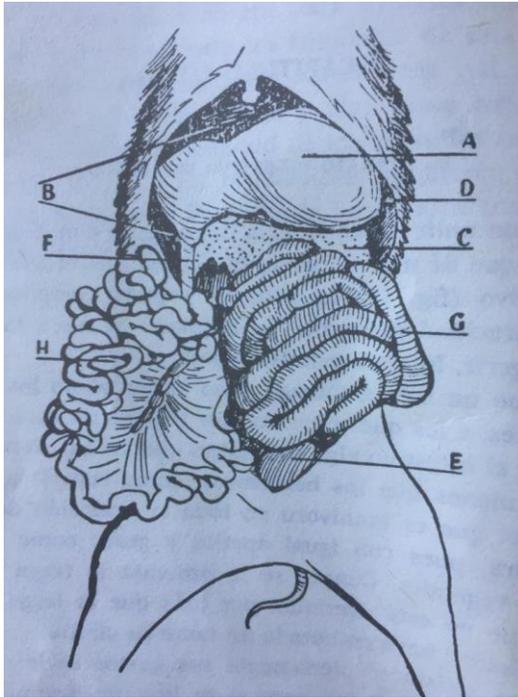


Figura 1. Aparato digestivo del cerdo.

A: estomago; B: hígado; C: páncreas; D: bazo; E: vejiga; F: duodeno; G: ciego; H: yeyuno- íleon.

Fuente: (Revenga, 1975)

2.2 Minerales

La Fundación Española de la Nutrición (FEN) (2015), señala que los minerales son aquellos nutrientes que el organismo necesita en cantidades relativamente pequeñas a comparación de los macronutrientes, como son las proteínas y lípidos, considerándose micronutrientes. Estos nutrientes los encontramos en los alimentos en diferentes cantidades según el origen y desarrollan funciones importantes como controlar la composición de los líquidos orgánicos extracelulares y forman parte de la estructura de huesos y dientes, entre otras.

Las vitaminas y minerales traza se agregan a los alimentos en forma de premezclas satisfaciendo totalmente los requerimientos de estos nutrimentos (Campabadal, 2019).

A partir de las tres semanas de vida del lechón, se recomienda ofrecer una dieta de preiniciación la cual es baja en fibra. Se sugiere que ésta debe contener aproximadamente un 44 por ciento (%) de polvo de leche desnatada, 16% de harina

de pescado, 15% de azúcar, 13% de maíz molido, 5% de manteca de cerdo estabilizada y 3% de harina de soya, el % restante lo conforman vitaminas, minerales y antibióticos (Koeslag *et.al.*, 2004).

Koeslag *et.al.* (2004), enfatizan que para elaborar raciones para cerdos se deben mezclar alimentos, en donde se destacan: alimentos ricos en energía como tubérculos raíces y frutas que poseen aproximadamente 3200 Kilocalorías (Kcal) de energía y menos de 130 proteínas digestibles por kilogramo (kg) de materia seca (MS), alimentos ricos en proteínas como residuos de cervecería y harinas de carne, hueso y sangre que poseen más de 130 gramos (g) de proteínas digestibles y menos de 3200 Kcal de energía por kg de MS., alimentos ricos en energía y proteínas que contienen más de 130 g de proteínas digestibles y más de 200 Kcal de energía por kg de materia seca y son por ejemplo las harinas de origen animal, y alimentos ricos en vitaminas y minerales que son los forrajes desecados artificialmente y los forrajes verdes. Cabe destacar que las harinas de sangre y huesos se destacan por su alto contenido de minerales. Respecto a estos últimos, Koeslag *et.al.* (2004), mencionan que es necesario ofrecer ciertos minerales a los cerdos como por ejemplo calcio, fósforo, cloro y sodio; los demás, por lo general, se encuentran ya en los alimentos. La deficiencia de minerales provoca un bajo consumo de alimento y con ello poco peso en el animal, esto es más común en animales jóvenes, y además son más propensos a enfermedades.

A pesar de que los minerales y las vitaminas están presentadas en un porcentaje muy bajo en las dietas para cerdos, desempeñan un papel muy importante para la vida del animal. Cabe mencionar que más del 80% de los minerales del organismo se encuentran en el esqueleto: fósforo- calcio, estos minerales juegan un papel importante en el desarrollo y crecimiento del animal. El sodio y el cloro se encuentran en los tejidos del cuerpo y en los fluidos. El color rojo característico de los corpúsculos de la sangre se debe a la presencia del hierro en la hemoglobina. El cobre se encuentra asociado con la absorción y utilización del hierro y este debe estar presente para combatir anemias. Además de los alimentos a base de sangre y

carne, las proteínas animales contienen los minerales esenciales suficientes. (Peck, 1976).

Los minerales son importantes para la salud ya que participan en los procesos metabólicos y las enzimas requieren de ellos, además, también juegan un papel importante en la expresión genética. Se cree que con una buena dieta conseguimos todos los minerales que requerimos, lo cual es falso en la actualidad debido a que en la tierra no encontramos los minerales en forma homogénea y las plantas no son capaces de producir todos esos minerales ya que en la agricultura moderna generalmente se fertiliza el suelo con nitrógeno, fósforo y potasio en mayor cantidad (Manrique, 2017).

Palomo señala que los minerales son esenciales en la nutrición de los cerdos, actualmente se conocen 60 minerales en el suelo mientras que 27 de ellos son los más importantes para la vida productiva y reproductiva de los animales, los cuales se dividen en: 1) Macrominerales esenciales: se encuentran en las dietas en cantidades mayores de 100 ppm. 2) Microminerales esenciales: Se encuentran en la dieta por debajo de los 100 ppm. 3) Minerales esenciales menores: Son beneficiosos en casos especiales, sin embargo, se conocen por ser tóxicos. 4) Minerales altamente tóxicos no esenciales.

Al igual que todas las especies, el cerdo, además de alimentos necesita nutrimentos como minerales los cuales desencadenan importantes funciones en su organismo como es la digestión y formación del esqueleto además de formar parte de los tejidos. Generalmente estos minerales son la sal, el calcio, las cenizas de madera, hierro, azufre y fósforo. Los alimentos contienen la mayoría de los anteriores, sin embargo, en muchos casos se deben suplementar para cubrir los requerimientos del animal ya que los alimentos no poseen suficiente (Revenga, 1975; Scarborough, 1967).

Los minerales desempeñan diversas funciones reguladoras en el organismo de los porcinos, participan en el desarrollo y en la reproducción de éstos (Danura, 2009).

2.2.1 Requerimientos de minerales del lechón

Píe (2016), enfatiza que las dietas de los cerdos se basan en seis nutrientes los cuales son agua, carbohidratos, grasas, proteínas, minerales y vitaminas. Nos dice también que los minerales son requeridos en cantidades muy pequeñas, sin embargo, son de gran importancia para el óptimo desarrollo y así mismo un buen rendimiento productivo de este animal, los cuales se dividen en: macrominerales y microminerales.

Macrominerales: Se necesitan en considerables cantidades en la dieta

Microminerales: Se necesitan en muy pequeñas cantidades.

Los minerales son elementos químicos requeridos por los seres vivos y desencadenan importantes funciones biológicas, sistémicas y estructurales por lo que su deficiencia en las dietas provoca trastornos relacionados al elemento faltante (Cabrera, 2010).

A comparación de los demás animales de granja, el cerdo es el animal más predispuesto a deficiencias y toxicidades a causa de minerales debido a diferentes causas como: dieta pobre en minerales, su estructura ósea soporta mucho peso en relación a su tamaño por lo que sufre desgaste, reproducción temprana, sistema de producción confinado y ya que no se tiene acceso a forrajes o tierra lo cual ayudaría a balancear sus requerimientos de minerales y además existe restricción de agua. El cerdo es resistente a intoxicaciones, sin embargo, cuando padece alguna la manifiesta rápidamente (Pimentel *et.al.*, 2019).

Pimentel *et.al.* (2015), reportan que existen minerales que son esenciales en la dieta de este animal, dentro de los macrominerales encontramos: Sal (NaCl), se encuentra en los fluidos y tejidos del organismo, se recomienda que esté presente

hasta en un 5% en la dieta de estos animales ya que cumple con importantes funciones como regular el pH, mejorar el apetito, formación de ácido clorhídrico en el estómago. Calcio (Ca) y Fosforo (P), sus funciones están relacionadas y una de ellas son la formación y desarrollo del sistema óseo. Las cerdas gestantes tienen gran demanda de requerimientos de estos minerales a comparación de cerdos en otras etapas productivas a las que es ideal adicionarles .75% de C y .65% de P en su dieta. Magnesio (Mg), participa en procesos enzimáticos y es constituyente de los huesos. Lo encontramos como oxido de magnesio, sulfato de magnesio, carbonato de magnesio y caliza dolomítica. Potasio (K), dietas con elevado contenido de Cloro demanda las necesidades de K, este mineral se encuentra principalmente en el tejido muscular. Microminerales: Cobalto (Co), la microfibra intestinal sintetiza este mineral por lo que se requiere en muy pequeñas cantidades en la dieta, en cerdos jóvenes un nivel de 400 ppm de Co provoca toxicidad la cual se previene con Selenio y vitamina E. Cobre (Cu), el nivel indicado de Cu para lechones de 6 partes por millón (ppm), este mineral es necesario para la síntesis de hemoglobina y para la producción y activación de enzimas del metabolismo. Yodo (I), 0.14 ppm es suficiente para dietas en cerdos en crecimiento, el I es esencial para el control del metabolismo y la producción de calor. Hierro (Fe), se encuentra en el musculo, en el suero, en el hígado y en la leche, este mineral es necesario para la formación de hemoglobina en las células rojas y para la prevención de anemia, ayuda en la oxigenación del cuerpo. Es de suma importancia la administración de Fe en lechones (200 mg) ya que estos nacen con reservas muy bajas y la leche de la cerda les aporta mucho menos de la cantidad que requieren. Manganeso (Mn), el límite de este mineral es de 400 ppm, desempeña un importante papel en el desarrollo de los huesos y participa con enzimas en el metabolismo de los tejidos blandos. Selenio (Se), este mineral puede estar presente en .1 a .3 ppm en las dietas de los cerdos en cualquier etapa, participa como parte de la glutatión peroxidasa. Zinc (Zn), el nivel ideal de Zn en dietas para cerdos varía entre 50 y 100 ppm, sin embargo, en muchos casos estos valores son mayores en dietas para cerdos jóvenes.

Son entonces 14 los minerales de mayor importancia en porcinos debido a que cumplen una determinada función, lo cuales son: Ca, P, sodio (Na), cloro (Cl), I, Co, Fe, Cu, Mn, Mg, S, K, Se y Zn. Éstos están estrechamente relacionados con la velocidad de crecimiento y en la conversión alimenticia (Pinheiro, 1976).

Los cerdos no tienen mucho problema de minerales en su nutrición ya que resulta muy fácil una suplementación en esta especie. Los alimentos que éstos consumen contienen algunos de los minerales necesarios como K, Fe y Mg (Pinheiro, 1976).

Cuadro 1. Microelementos requeridos por el cerdo		
Elemento mineral	Necesidades (mg/kg de ración)	Nivel de toxicidad (mg/kg de ración)
Cobre	6(1)- 20(4)	250 (2)- 500 (4)
Hierro	80(1)- 150 (4)	5.000
Yodo	0,2- 0,5	
Magnesio	400 (1)	
Manganeso	20	4.000
Cinc	50 (3)- 150 (4)	2.000
Selenio	0,1	5

Fuente: Cunha 1972, NRC, 1968.

(1) Requerimientos de lechones. (2) En pocos casos se han observado síntomas tóxicos. (3) Se requieren mayores niveles cuando existe exceso de Ca; (4) Datos extraídos de Cunha.

Close, menciona que los datos de los requerimientos del cerdo que generalmente conocemos provienen de estudios de hace muchos años, alrededor de 20 o 30, por lo que considera que dichos datos no sean ya los correctos para el cerdo moderno ya que éste desempeña un rápido crecimiento a diferencia del cerdo de hace años. Por lo anterior es que actualmente los productores ofrecen en su piara un nivel poco más alto en la suplementación de minerales a los recomendados.

Los requerimientos de Fe de un lechón son diferentes según la ración: leche de vaca enriquecida: 60, leche descremada en polvo: 80, dieta tipo de caseína sintética:

125 miligramos (mg) por kg de ración. Se recomienda que la ración contenga al menos 80 mg de Fe por kg ya que se desconocen los requerimientos exactos de este mineral (National Academy of Sciences, 1973).



Figura 2. Nutrición y alimentación del ganado porcino (primera parte).

Fuente: Danura, (2009).

2.3 Hierro en lechones

El lechón nace con reservas escasas de Fe corporal (40- 50 mg), el cual se encuentra distribuido el 47% en la sangre, 15% en el hígado, 1.6% en el bazo y el 36.4% en otros tejidos. Esto cubre las necesidades de los primeros tres días de vida del animal, seguido a ello se debe hacer un aporte adicional.

Los cerdos que se encuentran confinados están limitados a satisfacer sus requerimientos de Fe ya que de manera adicional solo lo obtienen de la leche de la madre a diferencia de las explotaciones que están a la interperie en donde existe el acceso a otras fuentes de hierro como lo es el suelo y las plantas lo que evita desencadenar enfermedades y/o anemia (Samara *et.al.*,1999) ya que en el periodo neonatal el Fe está estrechamente asociado con la hemoglobina (National Research Council, 1979).

El Fe juega un papel importante en la fijación y transporte de oxígeno por medio de hemoglobina y mioglobina, siendo una de sus principales funciones además de activar enzimas de los procesos inflamatorios y de la formación de anticuerpos y participar en la producción de ácido clorhídrico y el desarrollo de microvellosidades intestinales que favorecen a la maduración del tracto digestivo durante la lactancia (Virbac, 2012).

Este mineral es necesario para el crecimiento y desarrollo del organismo, así también es encargado de la oxigenación de los pulmones a diferentes partes del cuerpo por medio de la producción de proteínas de los glóbulos rojos llamadas hemoglobinas y las mioglobinas que transportan el oxígeno a los músculos. Además, el Fe también sirve para producir hormonas y tejido conectivo (National Institutes of Health, 2014).

La hemoglobina es un compuesto orgánico de cuatro pigmentos rojos de porfirina hemes y cada uno de estos contiene un átomo de Fe y globina, que es una proteína globular constituida por cuatro cadenas de aminoácidos. La función de la hemoglobina es captar el oxígeno del aire de los pulmones y así producir oxihemoglobina, sustancia que transporta oxígeno a los tejidos. Este proceso es una oxigenación, no una oxidación, para que esta ocurra se requiere hierro ferroso en la molécula de hemoglobina (Frandsen, 1976).

Hábil (1982), menciona que el Fe desarrolla funciones como: componente de hemoglobina, pigmento de glóbulos rojos, transportador de oxígeno y además es necesario para la formación de una reserva de oxígeno en el músculo por medio de la mioglobina (pigmento muscular).

El Fe además de darle el color rojo característico de los corpúsculos de la sangre también es importante para la producción de enzimas del crecimiento y para la resistencia de enfermedades (Peck, 1976).

2.3.1 Requerimientos de hierro en lechones

Los lechones recién nacidos poseen aproximadamente 47 mg de Fe cuando sus requerimientos están alrededor de 7 mg por día para su óptimo crecimiento y la leche de la cerda contiene en promedio 3 mg de Fe por litro por lo que se debe ofrecer este mineral al lechón, administrarle Fe a la cerda antes del parto no ha sido eficaz para la solución de este problema en sus crías por lo que se debe ofrecer Fe a los lechones de manera oral o inyectada para satisfacer dichos requerimientos.

El Fe ayuda como preventivo de anemias nutricionales y además es importante en la hematopoyesis (National Academy of Sciences, 1973).

La necesidad de hierro en lechones es de 10 - 11 mg/ día, este valor se calcula a partir de la proporción en que se incorpora este elemento en la hemoglobina producida a medida que el animal crece (Frederick *et.al.*, 1961).

Agricultural Research Council (1969), enfatiza que suponiendo que un cerdo en crecimiento necesita un nivel de hemoglobina de 8 g/ 100 ml de sangre y considerando que estos animales jóvenes tienen un volumen de sangre de 7% de su peso vivo y la hemoglobina contiene 0.34% de Fe, se necesitan 19 mg de Fe por cada kg de aumento de pesos vivo para la formación de sangre solamente.

2.3.2 Absorción del hierro

El hierro se presenta en los alimentos como Fe no-hemo de alimentos de origen vegetal y lácteos y Fe hemo en productos de origen animal (Hooda *et.al.*, 2012), el cerdo es capaz de absorber ambos.

La leche materna es fuente de Fe no- hemo, este también está presente como suplemento mineral en algunas dietas iniciadoras (NRC, 1998). El Fe- hemo por lo

general lo encontramos solo si la dieta contiene ingredientes como harina de sangre, carne o vísceras (DeRouchey, 2003).

El Fe no- hemo es liberado de su unión a proteínas por el ácido clorhídrico en el estómago, posteriormente solubilizado mediante la reducción del estado férrico a ferroso, después se une a una proteína ligando y al llegar al intestino delgado es nuevamente oxidado por efecto de pH alcalino, a nivel de enterocito él es reducido por la ferrireductasa a la membrana (DcytB) en el borde en cepillo en la parte apical de los enterocitos. Luego el Fe es transportado al interior de los enterocitos a través del transportador de metales divalentes (Lipiński *et.al.*, 2013).

A diferencia el Fe hemo se absorbe mediante una proteína transportadora del grupo hemo 1, la cual no ha sido caracterizada en cerdos, pero si en humanos y roedores, que captura al grupo hemo completo desde las hemoproteínas y lo internaliza intacto por endocitosis al interior de los enterocitos (Shayeghi, 2005), posteriormente el grupo hemo es catabolizado por la enzima hemoxigenasa, la que libera al F y también biliverdina y monóxido de carbono (Keel, 2008).

En el cerdo existen dos vías diferentes de absorción de hierro: zona apical y zona basolateral, estas son dos rutas por las que el hierro absorbido de manera intestinal pasa a formar parte del Fe común almacenado en las moléculas de ferritina de las células intestinales. La primera consiste en secuestrar el hierro por medio de la ferritina en el intestino hasta que el organismo lo requiera y la segunda en donde es transportado por transportado por la ferroportina-1 (proteína que transporta el hierro desde el interior al exterior de la célula) para después este ser entregado a la transferrina para ser incorporado a la circulación (Lipiński, 2013).

El hierro se absorbe en mayor cantidad en el duodeno, sin embargo, también ocurre en el estómago en un 10% y en partes distales del intestino delgado. Dicha absorción depende de la concentración del hierro captado por las células mucosas intestinales, una pequeña cantidad se transfiere a las células de la sangre y la

mayoría se retiene en la célula perdiéndose a la luz intestinal. En los animales deficientes el Fe se transporta más fácil de la célula mucosa a la sangre y posteriormente se crea una saturación en los tejidos lo que trae como consecuencia un retorno a la retención normal del hierro en la célula mucosa. La absorción del Fe también está en juego según el grado de saturación en que se encuentre el organismo con respecto a éste (Church, 1990; Kolb, 1985; Mynar, 1981).

El Fe férrico se une a la transferrina la cual se encarga de transportar este mineral a donde es almacenado o a los lugares de consumo, este transporte es limitado por la transferrina que se encuentre disponible (Church, 1990; Kolb, 1985).

Para la formación de hemoglobina es necesario el Cu además del Fe. La deficiencia de Cu crea dificultad en el tracto digestivo del animal para la absorción de Fe por una movilización incompleta del hierro de los tejidos (Gubler *et.al.*, 1952).

Peeck (1976), señala que los minerales solubles y las vitaminas, además de los productos de la digestión, se absorben a través de las paredes del intestino delgado pasando a los conductos sanguíneos y linfáticos para posteriormente ser trasladados al hígado (órgano más importante asociado con la nutrición): El resto de los alimentos pasan al intestino grueso en donde se lleva a cabo un proceso pequeño de fermentación bacteriana y putrefacción de fibra realizándose una reabsorción para recuperar agua que se penetra en el alimento con los jugos digestivos. Finalmente, los alimentos que resistieron a este proceso se evacúan por el ano.

La utilización del mineral y su absorción en la sangre dependen de la forma en que se encuentren internamente en la digestión. La absorción de estos minerales está en juego de varios factores como la edad del cerdo, momento de producción, consumo en base de requerimientos, forma química, sinergismos y antagonismos en la dieta, y factores ambientales. El requerimiento de cada mineral muchas veces se ve influenciado por otro u otros minerales. Existen minerales que no los encontramos

en la tabla periódica y no son esenciales en la nutrición de los animales, como por ejemplo los minerales radioactivos y minerales preciosos (Dr. Palomo).

2.3.3 Deficiencia de hierro en lechones

Una de las causas de que el lechón presente deficiencia de éste mineral son las prácticas de manejo que generalmente se les da a estos: castración, corte de colmillos y cola. Lo anterior debido a que ocurre una pérdida directa de sangre dando lugar a una anemia subclínica. Además de esto, existe una serie de factores que predisponen al lechón a estar deficiente en hierro, algunos de ellos son: el bajo contenido de hierro en la leche materna, el escaso contacto del animal con el suelo ((Svoboda y Drábek, 2005) y el rápido crecimiento que desempeña a comparación de otros mamíferos con el consiguiente aumento de volumen plasmático que exige un alto consumo de hierro para mantener la cantidad adecuada de hemoglobina (Miller y Ullrey, 2007).

Para diagnosticar deficiencia de hierro en lechones se observan distintos signos clínicos y además se realizan análisis de laboratorio (Svoboda y Drábek, 2005).

Cuando ocurre una deficiencia de hierro en lechones primero se manifiesta en la formación de hemoglobina y en la disminución de la síntesis de enzimas que la contienen (Kolb,1985).

Entonces, los niveles bajos de hierro en la piara provocan grandes pérdidas. La carencia de Fe disminuye la síntesis de hemoglobina lo que provoca anemia, bajo crecimiento, diarrea, falta de resistencia a enfermedades y muertes. Lo anterior se debe a que los lechones nacen con reservas muy bajas de este elemento (40-50 mg) y la leche de la cerda aporta muy poco (1 mg diario) por lo que no alcanza a satisfacer sus requerimientos por lo que estos animales en sus primeros días de vida se ven atendidos a una suplementación de hierro (Hábil, 1982).

Peck (1976), reporta que la deficiencia de Fe impide la producción de hemoglobina lo que provoca la falta de oxígeno en los tejidos sobrecarga del corazón que a menudo ocasiona muerte en cerdos pequeños.

En la figura 3 se observa a la izquierda un cerdo anémico. Se logra apreciar un animal decaído y piel arrugada, palidez en los parpados, nariz y orejas. Lo anterior, así como la cantidad baja de hemoglobina, son comunes signos de un animal con anemia. A la derecha un lechón sano.



Figura 3. Deficiencia de hierro en lechones.

Fuente: National Academy of Sciences. (1973).

(H.D. Wallace, Universidad de Florida).

2.3.4 Toxicidad por hierro

Cuando la cerda gestante presenta una deficiencia en Se y/o vitamina E existe una alta probabilidad de que los lechones al nacer también sean deficientes. En estas circunstancias las enzimas encargadas del metabolismo del hierro no pueden funcionar provocando que el Fe sea tóxico al organismo (Benchmark *et.al.*, 2000-2014).

Niveles altos de Fe suprimen la utilización de P. Dietas con concentraciones de 5 g de hierro por kg reduce la tasa de crecimiento, el nivel de fosfato inorgánico del suero y la ceniza del fémur, los cuales son las principales causas de deficiencia de P (Agricultural Research Council, 1969).

2.4 Anemia

La anemia es una de las principales enfermedades nutricionales que afecta a los cerdos en las primeras etapas y se desencadena debido a niveles bajos de hemoglobina (Lipiński *et.al.*, 2010).

Niveles bajos de hierro causan que la hemoglobina se produzca en menor cantidad lo que provoca un gran desafío para el sistema hematopoyético del lechón exponiéndolo a una anemia hipocrómica microcítica. Debido al origen de dicha anemia es que también es llamada “ferropónica” (Schwartz, 1990; Anderson, 1999; Victor y May, 2012).

La principal causa de anemia en lechones es debido a las reservas muy bajas de Fe con las que éste nace y la aportación de la leche de la cerda es insuficiente (1 mg/día), cabe mencionar que en esta etapa el lechón tiene una demanda de hierro de aproximadamente 12 mg/día por una alta tasa de crecimiento (Svoboda *et.al.*, 2004- 2007).

Se cree que en los últimos años los cerdos neonatos han descendido su capacidad de absorción de Fe, en la actualidad se ha reportado que los mecanismos encargados de la captación, absorción y transporte de Fe presentan cierta inmadurez (Lipinski y Starzynski , 2010).

Cabe mencionar que la anemia disminuye la resistencia a enfermedades en este mamífero, problemas respiratorios y la enteritis (Kolb, 1985).

Miller (1984), señala que la anemia en los lechones es una condición de la sangre en que la capacidad de transportar oxígeno se ve afectada (reducida), a causa de una deficiencia de Fe.

Normalmente, la anemia forrotípica se presenta en lechones de 1 a 4 semanas de vida. Cuando se desencadena la anemia se ven relacionados varios factores como son: bajas reservas de Fe en los lechones al nacimiento, rápido crecimiento de los lechones, bajo contenido de hierro en la leche de la cerda, limitaciones de fuentes de Fe como tierra.

Gustavo y Peter (2018), mencionan que el desarrollo y crecimiento rápido es causa de anemia en lechones ya que agotan rápidamente sus reservas de Fe.

El Fe forma parte de la hemoglobina y el Cu es el responsable de la formación de ésta. La deficiencia de cualquiera de los anteriores desencadena anemia nutricional en este mamífero. Cuando los lechones comienzan a ingerir alimentos además de la leche, disminuye su riesgo de contraer anemia ya que éstos alimentos por lo general contienen cantidades suficientes de Fe (Pinheiro, 1976).

La anemia es reconocida básicamente por la disminución de glóbulos rojos (eritrocitos), que es de hasta menos de 5 millones/milímetro cúbico (mm³), acompañada de una merma de la tasa de hemoglobina (menos de 8-10%). La causa principal de anemia es la carencia de Fe ya que sin él no se puede formar la hemoglobina (pigmento rojo de la sangre), también la deficiencia de Cu y vitaminas del complejo B. Como consecuencia de estas deficiencias se altera la hematopoyesis y la génesis del pigmento muscular mioglobina y la de los fermentos respiratorios amarillos. La intensidad de la anemia es variable (Hábil, 1982).

La anemia en lechones generalmente se debe a un mal manejo, esta es más común en lechones de 2 a 3 semanas de edad y es debido a una mala asimilación de Fe para suplementar las reservas bajas con las que nacen (Peck, 1976).

2.4.1 Signos clínicos de anemia

Coloración pálida de las mucosas, apatía en general, letargo, irritabilidad, color pálido de la piel, anorexia, respiración anormal, contracciones espasmódicas del diafragma, aumento del ritmo cardiaco y respiratorio, edema de la cabeza y los cuartos delanteros son algunos de los signos clínicos más fáciles de apreciar en lechones con niveles bajos de Fe y anemia (Svoboda y Drábek, 2005).

Existen distintos signos para diagnosticar una anemia por deficiencia de Fe, algunos de ellos son desgano, piel arrugada y el pelo áspero, movimiento espasmódico del diafragma después del ejercicio y mucosas pálidas. Cabe mencionar que el rápido crecimiento de los lechones puede provocar muertes a causa de la falta de oxígeno (Church, 1990; Kolb, 1985; Mynar, 1981; Miller, 1984).

Además de niveles bajos de glóbulos rojos y hemoglobina, se presentan bajas tasas de crecimiento, incremento en la frecuencia respiratoria y mortalidad (Gustavo y Peter, 2018).

Los trastornos de anemia se traducen en retrasos de crecimiento, poco aprovechamiento del alimento, animales propensos a otras enfermedades (gripa, diarrea, parasitosis, etc) (Hábil, 1982).

2.4.2 Prevención de anemias

Scarborough (1983), cita la importancia del dicho “Es mejor prevenir que remediar” haciendo énfasis en el manejo de las granjas porcinas ya que una enfermedad en estos animales retarda el crecimiento y trae grandes pérdidas económicas a la granja. Resulta difícil de creer, pero, prevenir enfermedades y parásitos en la piara resulta más económico que el estar curando a los animales por lo que el crear programas sanitarios se debería adoptar como una necesidad o buen hábito.

En las granjas grandes, en el primer día de vida del lechón se ofrece Fe vía oral y al tercer día se complementa con una inyección vía intramuscular. Para evitar anemia en lechones, de intolerancia tras la inyección de hierro- dextrano se recomienda aplicar vitamina E a las cerdas de gestación avanzada. Además de lo anterior, también es importante ofrecer a estos animales agua limpia para beber a partir de la primera semana de vida. Aportando hierro de manera natural (tierra) o con preparaciones de Fe y una buena dieta a las cerdas se obtienen camadas con refuerzos poco más altos (Hábil, 1982).

A raíz de que los lechones nacen con bajas reservas de Fe, se debe suplementar este mineral a los 3 o 4 días de vida si estos se encuentran confinados, de no ser así no es estrictamente necesario, pero si se deben tener en observación para evitar diarrea, pérdida de sangre y por consiguiente una anemia. Un buen cobijo y la lactancia natural ayudaran a prevenir anemias (Peck 1976).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del área de estudio

El experimento se llevó a cabo en la Granja Porcina de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ubicada en Buenavista Saltillo Coahuila, al sur de la ciudad a la altura del kilómetro (km) 7, a una altitud de 1608 metros (m); su localización geográfica se encuentra en las coordenadas 25° 22 minutos (") 44 segundos (') latitud norte y 100° 00" 00' longitud oeste; el clima se clasifica como semiárido cálido (BSh) por el sistema de Köppen-Geiger, donde la temperatura promedio es de 18.8 °C y la mayor parte de la precipitación es en el mes de septiembre promediando 61 milímetros (mm) mientras que marzo es el mes más seco con 6 mm de lluvia y julio es el mes más cálido del año con una temperatura promedio de 24.3 °C, enero es el más frío con temperaturas de 12 °C promedio.

3.2 Unidades experimentales

Para el presente trabajo se emplearon 24 lechones, de los cuales 12 eran hembras y 12 machos.

3.3 Material utilizado

- Solución inyectable de hierro dextrán (Dexferan B-12) (Registro SAGARPA Q-0088-017) adicionada con vitamina B 12, ligeramente viscoso, utilizado como tratamiento y/o prevención de anemia ferropriva por deficiencia de hierro en lechones.
- Jeringas
- Cinta de medir
- Báscula colgante
- Formatos de registro



Figura 4. Solución inyectable
Dexferan B-12



Figura 5. Cinta de medir



Figura 6. Báscula colgante

3.4 Características a evaluar

Las variables a evaluar en este trabajo de investigación fueron ganancia de peso, alzada y longitud en los lechones al destete (45 días de edad) y posdestete (60 días de edad).

3.5 Metodología

Como previamente se mencionó, para este trabajo de investigación se emplearon 24 lechones en total, de los cuales 12 eran hembras y 12 machos, distribuyéndose para cada tratamiento en una forma equitativa y aleatoria a cada uno de los cerditos.

A partir de su nacimiento los animales fueron pesados, medidos (alzada y largo) y manipulados para que tomaran calostro, y al tercer día se aplicó la primera dosis de hierro (dexán, 1 ml), esta última acción se ejecutó únicamente en los animales correspondientes a los tratamientos 2 y 3, dado que el tratamiento uno funge como testigo (sin aplicación de hierro), posteriormente a los 18 días de edad se realizó una segunda aplicación solamente al grupo de lechones del tratamiento 3.

3.6 Procedimiento experimental

Diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial.

Modelo estadístico: $Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$

3.7 Tratamientos

T1: Sin aplicación de hierro

T2: Aplicación de hierro al tercer día de vida del lechón

T3: Aplicación de hierro al día tres y 15 de vida del lechón

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Ganancia de peso

4.1.1 Nacimiento - destete

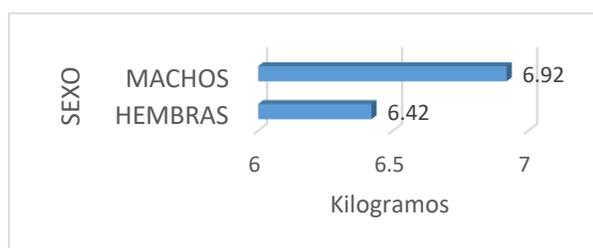
Los resultados obtenidos para la fase del nacimiento al destete en los tres tratamientos son los siguientes: T1 6.025 kg, T2 6.705 kg y T3 7.28 kg. Estadísticamente con estos resultados no existe una diferencia significativa ($P > .05$) para la ganancia de peso de los lechones, sin embargo, como se puede observar en la gráfica 1, si existe una mínima diferencia numérica entre tratamientos para dicha variable, donde a medida que aumentan las dosis se obtienen mejores resultados. En el trabajo realizado por Aguirre (2013), se comparó la ganancia de peso total de lechones a los 3, 6 y 9 días de vida, no encontrándose así diferencia estadística significativa, lo cual concuerda con el trabajo realizado por Vecchionacce *et.al.* (2011) y Castillo (2006), en el cual tampoco encontraron diferencia significativa en la ganancia de peso en un periodo de 7 a 30 días.



Grafica 1. Ganancia de peso por tratamiento del nacimiento al destete.

En cuanto al efecto del sexo sobre la ganancia de peso de los lechones en la fase del nacimiento al destete, se obtuvieron los resultados siguientes: machos 6.92

kg y hembras 6.42 kg. En la gráfica 2, se muestran resultados que marcan una tendencia con mejores resultados de ganancia de peso de los machos sobre las hembras, no así bajo un resultado estadístico dado a que no existe diferencia significativa ($P > .05$), lo que coincide con el trabajo que realizó Negrete (2005), en donde de igual forma no observó diferencia significativa entre hembras y machos en la ganancia de peso.



Gráfica 2. Ganancia de peso por sexo nacimiento- destete.

Aunque numéricamente en el cuadro 2 se observen diferencias al interaccionar el tratamiento y el sexo sobre la ganancia de peso de los lechones al destete, estadísticamente no existe significancia en la diferencia ($P > .05$).

Cuadro 2. Interacción tratamiento/ sexo ganancia de peso nacimiento- destete.

Tratamiento	Hembras	Machos
1	7	5.05
2	6.26	7.15
3	6	8.56

4.1.2 Nacimiento- posdestete

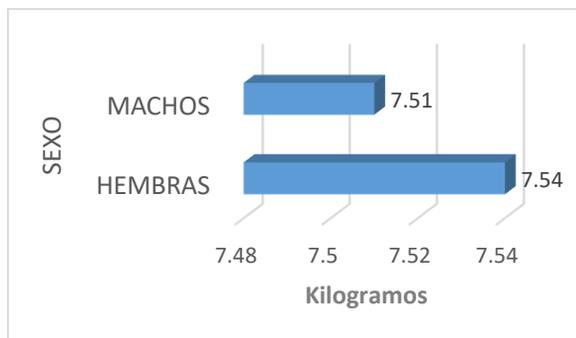
En la gráfica 3, se observa como los resultados por efecto de los tratamientos muestran una diferencia numérica, T1 6.91 kg, T2 7.54 kg y T3 8.12 kg, esto podría sugerir que a medida que se realizan mayor número de aplicaciones de hierro en los

lechones a edad temprana se obtendrían mayores ganancias de peso, pero estadísticamente con los resultados antes registrados no se tiene diferencia significativa ($P > .05$), lo anterior coincide con el trabajo de Zeballos (2008), donde señala que los lechones que reciben más dosis de hierro vía intramuscular obtienen una ganancia de peso mayor. No obstante, estadísticamente no existe tal diferencia.



Grafica 3. Ganancia de peso por tratamiento del nacimiento al posdestete.

En la fase del nacimiento a los 60 días de vida, solo numéricamente las hembras muestran una mejor ganancia de peso a comparación de los machos. Donde los resultados fueron los siguientes: hembras 7.54 kg y machos 7.51 kg, pero estadísticamente la diferencia es no significativa ($P > .05$).



Grafica 4. Ganancia de peso por sexo nacimiento- posdestetenacimiento- destete.

Mientras que la interacción de ambos factores (sexo- tratamiento) desencadena efectos numéricamente efectivos en la ganancia de peso de los animales, como se observa en el cuadro 3, estadísticamente estos resultados no muestran diferencia significativa ($P>.05$).

Cuadro 3. Interacción tratamiento/ sexo ganancia de peso nacimiento- posdestete.

Tratamiento	Hembras	Machos
1	8.42	5.4
2	7.22	7.87
3	6.98	9.26

4.2 Alzada

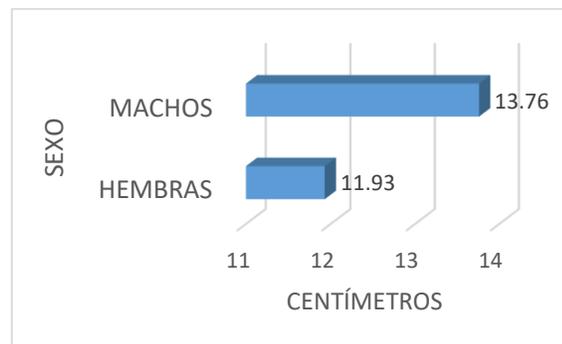
4.2.1 Nacimiento- destete

Para la variable de altura de los animales, se registra numéricamente menor y mayor impacto por efecto del tratamiento 1 y 3 respectivamente: T1 11.8 centímetros (cm), T2 12.25 cm y T3 14.5 cm. El comportamiento numérico de la variable en mención, de acuerdo a la gráfica 5, indica que a medida que se aplican mayor número de dosis a edad temprana en los lechones esto favorece en la altura de los mismos, pero estadísticamente los resultados indican que no existe diferencia significativa ($P>.05$) por lo que solo queda en un comportamiento tendencial.



Grafica 5. Alzada por tratamiento del nacimiento al destete.

Aparentemente, en la gráfica 6, y de acuerdo a los siguientes resultados: hembras 11.93 cm y machos 13.76 cm se observa que los machos, en cuanto a la alzada, crecen más que las hembras, Sin embargo, estadísticamente no existe diferencia significativa ($P > .05$).



Grafica 6. Alzada por sexo nacimiento- destete.

En la fase del nacimiento al destete, la interacción sexo - tratamiento estadísticamente no muestra diferencia significativa ($P > .05$). En el cuadro 4 se puede observar el comportamiento numérico de la interacción antes mencionada.

Cuadro 4. Interacción tratamiento/ sexo
alzada nacimiento-destete.

Tratamiento	Hembras	Machos
1	13.1	10.5
2	11.5	13
3	11.2	17.8

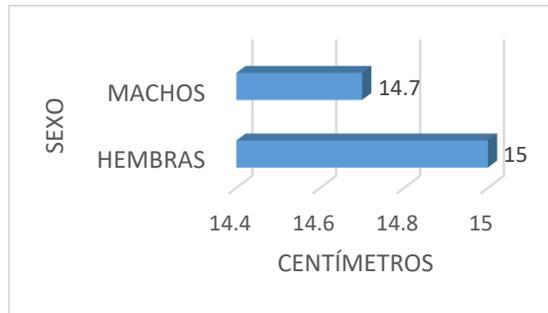
4.2.2 Nacimiento- posdestete

Al igual que en la fase de nacimiento destete, y de acuerdo a los resultados que se observan en la gráfica 7, el comportamiento numérico de la variable alzada, indica que a medida que se aplican mayor número de dosis a edad temprana en los lechones esto favorece en la altura de los mismos, pero estadísticamente los resultados indican que no existe diferencia significativa ($P>.05$) quedándose así solo en un comportamiento tendencial.



Gráfica 7. Alzada por tratamiento del nacimiento al posdestete.

En cuanto al efecto del sexo sobre la variable de alzada existe una muy pequeña diferencia numérica (gráfica 8), no así bajo un resultado estadístico donde nos dice que no existe diferencia significativa ($P>.05$).



Grafica 8. Alzada por sexo nacimiento- posdestete.

En la interacción tratamiento- sexo sobre la alzada se encuentran mínimas diferencias numéricas, pero estadísticamente resulta no haber diferencia significativa ($P > .05$) (cuadro 5).

Cuadro 5. Interacción tratamiento/ sexo alzada nacimiento- posdestete.

Tratamiento	Hembras	Machos
1	14.8	11.3
2	14.8	14.8
3	15.4	18

4.3 Longitud

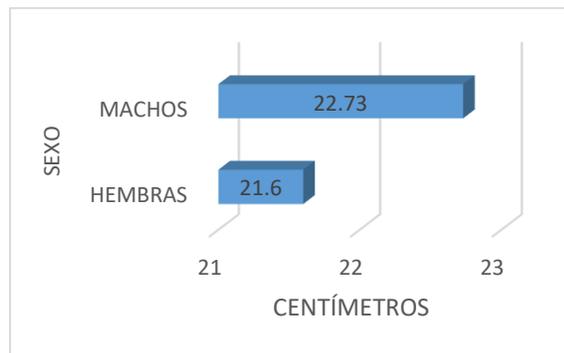
4.3.1 Nacimiento- destete

Los resultados de la variable longitud reflejan un comportamiento tendencial por efecto de los tratamientos (gráfica 9). T1 20.95, T2 22.54 y T3 23, No obstante, bajo un análisis estadístico no existe diferencia significativa entre tratamientos ($P > .05$).



Grafica 9. Longitud por tratamiento del nacimiento al destete.

El sexo del animal, bajo las condiciones en las que se realizó este trabajo de investigación, no tiene efecto significativo ($P > .05$) sobre la longitud en la fase del nacimiento al destete. Los resultados obtenidos son los siguientes: hembras 21.6 cm y machos 22.73 cm (grafica 10), solo numéricamente se aprecia una pequeña diferencia.



Grafica 10. Longitud por sexo nacimiento- destete.

En la interacción tratamiento - sexo sobre la longitud se encuentran mínimas diferencias numéricas, pero estadísticamente resulta no haber diferencia significativa ($P > .05$) (cuadro 6).

Cuadro 6. Interacción tratamiento/ sexo longitud nacimiento- destete.

Tratamiento	Hembras	Machos
1	22.3	19.6
2	22.1	23
3	20.4	25.6

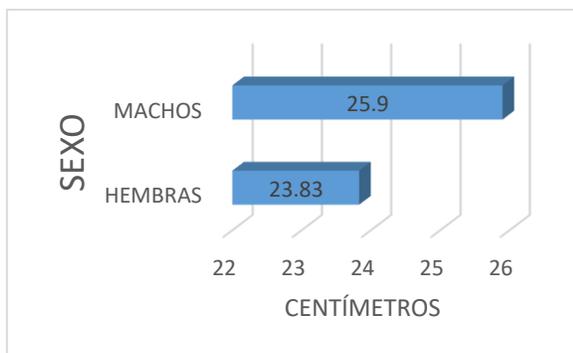
4.3.2 Nacimiento- posdestete

Como se observa en la gráfica 11, el crecimiento de los lechones por efecto de los tratamientos muestra un comportamiento ascendente de T1 a T3, esto únicamente de manera numérica dado a que estadísticamente no es así, no existe diferencia significativa entre los tres tratamientos ($P > .05$).



Gráfica 11. Longitud por tratamiento del nacimiento al posdestete.

En la fase del nacimiento a los 60 días de vida y de acuerdo al efecto del sexo, los machos destacan sobre las hembras en una diferencia mínima en la longitud, esto en base a los siguientes resultados obtenidos: machos 25.9 cm y hembras 23.83 cm, el comportamiento antes mencionado se aprecia en la gráfica 12. El escenario anterior solo indica un comportamiento tendencial ya que estadísticamente no existe diferencia significativa ($P > .05$).



Grafica 12. Longitud por sexo nacimiento- posdestete.

En cuanto al efecto de la interacción tratamiento- sexo, del nacimiento a los 60 días de vida de los lechones sobre la variable longitud, se encontraron resultados numéricamente favorables, como se observa en el cuadro 7, pero bajo un análisis estadístico no existe diferencia significativa en la interacción de ambos factores ($P > .05$).

Cuadro 7. Interacción tratamiento/ sexo longitud nacimiento- destete.

Tratamiento	Hembras	Machos
1	24.7	20.2
2	23.2	26.9
3	23.6	30.6

V. CONCLUSIÓN

A pesar de que numéricamente se observa un comportamiento tendencial en ascendencia por efecto de los tratamientos desde T1 a T3 respectivamente sobre las variables, ganancia de peso, alzada y longitud en lechones en las fases de nacimiento a destete y de nacimiento a posdestete estadísticamente no existe diferencia significativa entre tratamientos. Sin embargo, y de acuerdo al comportamiento observado se recomienda realizar nuevos estudios con mayor número de repeticiones por tratamiento con la finalidad de corroborar los propios o encontrar una respuesta distinta.

VI. RESUMEN

Uno de los problemas que presenta la producción de cerdos en el mundo es la reservas tan bajas de hierro (Fe) de éstos al nacer (40- 50 mg) por lo que de acuerdo con la literatura se recomienda suministrar este mineral al tercer día de nacidos debido a que actualmente las granjas porcinas mantienen a los cerdos en constante confinamiento limitando sus fuentes naturales de Fe y además la leche de la cerda contiene en promedio 3 mg de Fe por litro mientras que los requerimientos de los lechones están alrededor de 7 mg por día para su óptimo crecimiento. En el presente trabajo de investigación se evaluó el efecto de la aplicación de diferentes dosis de hierro sobre la ganancia de peso, alzada y longitud corporal en 24 lechones al destete y posdestete bajo los siguientes tratamientos: T1: testigo (sin aplicación de Fe) T2: 1 dosis de Dexferan B-12 (tercer día de edad) y T3: 2 dosis de Dexferan B-12 (a los 18 días de edad). Los resultados obtenidos muestran numéricamente un comportamiento tendencial en ascendencia por efecto de los tratamientos desde T1 a T3 respectivamente, no obstante, estadísticamente no existe diferencia significativa ($P>.05$) entre estos.

Palabras clave: Lechón, Hierro, Ganancia de Peso, Alzada, Longitud.

VII. LITERATURA CITADA

Agricultural Research Council, 1969. Necesidades nutritivas de los animales domésticos: cerdos. España: Academia.

Aguirre Arriaga Ana Deisy, 2013. Tesis De Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 34. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Anderson BK, Easter RA. 1999. A Review of Iron Nutrition in Pigs. University of Illinois Extension: Illini PorkNET.

Ángel Manrique Jorge Enrique, 2017. Nutrición y hábitos saludables. Vivo Sano Benchmark House, Smithy Wood Drive. (2000-2014). Manejo de las enfermedades porcinas. <http://www.elsitioporcino.com/publications/7/manejo-sanitario-y-tratamiento-de-las-enfermedades-del-cerdo/348/taxicos-potenciales/>. (03, septiembre, 2019)

Bikker P, Verstegen Mwa, Kemps B, Bosh Mw. Performance and body composition of finishing gilts (45 to 85 kilograms) as affected by energy intake and nutrition in earlier life: I. Growth of the body and components. J Anim Sci 1996; 74: 806-816.

Cabrera Cristina, 2010. Minerales. <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/NUTRICION/TEORICOS/2010.Tema%203.Minerales.pdf>. (24, septiembre, 2019).

Campabadal Carlos , 2009. Ingredientes utilizados en la alimentacion de cerdos. En Castillo Arroyo Erick Giovanni, 2006. Tesis de Licenciatura. USCG. Guatemala. 26. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Church D.C. Pond W. G. Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales. Limusa. 1990; 18--188 .

Close William H., (s/a). Minerales traza en la nutrición de cerdos: trabajando dentro de los márgenes de las nuevas recomendaciones. <https://www.engormix.com/porcicultura/articulos/minerales-traza-nutricion-cerdos-t25915.htm>. (30, octubre, 2019).

Cordero Gustavo y Wilcock Peter. (Marzo 2018). Mejore el nivel del hierro con altas dosis de fitasa. NutriNews.

Cranwell Pd. Development of the neonatal gut and enzyme systems. In: VARLEY MA, editor. Wallingford UK: CAB International, 1995: 99-154.

Danura Sebastian, 2009. Nutricion y alimentacion del ganado porcino (primera parte). <http://www.aacporcinos.com.ar>. (05, noviembre, 2019).

DeRouchey J, Tokach M, Nelssen J, Goodband R, Dritz S, Woodworth J, Webster M, James B. Effects of blood meal pH and irradiation on nursery pig performance. J Anim Sci 2003;81:1013-22.

DeRouchey Joel y colegas del Equipo de Nutrición Aplicada del Cerdo de la Universidad Estatal de Kansas, 2014. Sistema digestivo del cerdo: anatomía y funciones. <http://www.elsitioporcino.com/articles/2513/sistema-digestivo-del-cerdo-anatoma-y-funciones/>. (01, septiembre, 2019).

Dirkzwager A, Veldman B, Bikker P. A nutritional approach for the prevention of Post Weaning Syndrome in piglets. Anim Res 2005; 54:231-236.

Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura, 2016. Panorama Agroalimentario. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200634/Panorama Agroalimentario Carne de Cerdo 2016.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200634/Panorama_Agroalimentario_Carne_de_Cerdo_2016.pdf). (19, septiembre, 2019).

Frandsen R.O. Anatomía y Fisiología de los Animales Domésticos. Segunda edición, Interamericana, 1976; 162-165.

Frederick, G. L. & Brisson, G. L. (1961) Can.J. Anim. Sci. 41, 212.

Fundación Española de la Nutrición, 2015. Principales funciones de los minerales. <http://www.fen.org.es/blog/principales-funciones-de-los-minerales-en-la-alimentacion/>. (20, septiembre, 2019).

Gracia Hernández Maximiliano, 2013. Situación actual de la carne de cerdo en México. <https://www.milenio.com/opinion/maximiliano-gracia-hernandez/la-economia-del-tunel/situacion-actual-de-la-carne-de-cerdo-en-mexico>. (19, septiembre, 2019).

Gubler, C. J., Lahey, M.E., Chase, M. S., Cartwright, G. E. and Wintrobe, M. M (1952). Blood, J. Hematol., 7, 1075. Libro Alimentacion de lechones autor: I. A. M. Lucas y G. A. Lodge (1967).

Guia tecnica para alimentacion de cerdos (40). Latinoamerica.

Hábil. Hans- Dieter Dannenberg, 1982. Enfermedades del cerdo. España: Editorial Acribia.

Hooda J, Shah A, Zhang L. Heme, an essential nutrient from dietary proteins, critically impacts diverse physiological and pathological processes. *Nutrients* 2014;6:1080-102.

Keel S, Doty R, Yang Z, Quigley J, Chen J, et al. A heme export protein is required for red blood cell differentiation and iron homeostasis. *Science* 2008;319:825-8.

Koeslag Johan H. et. al. (2004). *Porcinos*. México: Trillas.

Kolb E. *Fisiología Veterinaria*. Tercera edición, Acribia España, 1985; 148-150, 669-687.

Le Dividich J, Sève B. Effects of underfeeding during the weaning period on growth, metabolism, and hormonal adjustments in the piglet. *Domest Anim Endocrinol* 2000; 19:63-74.

Lipinski P, Stys A, Starzynsky R. Molecular insights into the regulation of iron metabolism during the prenatal and early postnatal periods. *Cell Mol Life Sci*. 2013;70:23-38.

M Svoboda, K. Nechvatalova, J. Krejci, J. Drabek, R. Ficek, M. Faldyna. The absence of iron deficiency effect on the humoral immune response of piglets to tetanus toxoid. *Veterinarni Medicina*, 52, 2007, (5), 179-185

Miguel Rodríguez, 2018. La mejor alimentación del cerdo. <https://misanimales.com/la-mejor-alimentacion-del-cerdo/>. (19, septiembre, 2019).

Miller E.R., Duane E.U. Anemia en los Lechones, *Porcira*, 1984; 3: 25-33.

Mynar L.A. Loosli J.K. Hintz H.F. Warner R. G. *Nutrición Animal*. Me. Graw Hill. Séptima edición (cuarta edición en español), 1981 ; 258-262.

National Academy of Sciences. (1973). *Necesidades nutritivas del cerdo*. Argentina: Hemisferio sur.

National Institutes of Health, 2014. Datos sobre el Hierro. <https://ods.od.nih.gov/pdf/factsheets/Iron-DatosEnEspañol.pdf>. (01, octubre, 2019).

National Research Council, 1979. *Nutrient Requirements of Domestic Animals*. Nutrient Requirements of Swine, Eighth Revised Ed. National Academy of Science-National Research Council, Washington, D.C.

Negrete Guevara Miguel Angel, 2005. Tesis De Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 34. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Palomo Yagüe Antonio, (s/a). Directorio de los minerales en alimentación porcina. <https://www.setna.com/documentacion/porcino/02mineralesenporcino.pdf>. (01, noviembre, 2019).

Pié Orpí Júlia, 2016. Los minerales en dietas para cerdos: El calcio. <https://www.veterinariadigital.com/articulos/los-minerales-en-dietas-para-cerdos-el-calcio/>. (24, septiembre, 2019).

Pimentel Emmanuel ,Herradora Marco, Ramírez Gerardo, 2015. La participación de los minerales en la alimentación porcina. <https://bmeditores.mx/porcicultura/articulos/nutricion-del-cerdo/alimentacion-del-cerdo-en-engorda/la-participacion-de-los-minerales-en-la-alimentacion-porcina-2321>. (25, septiembre, 2019).

Pinheiro M. Luiz Carlos. (1976). Los Cerdos. Argentina: Editorial Hemisferio Sur.

Revenga. (1975). Cría lucrativa del cerdo. Sintesis. Barcelona. S.A..

Samara N. Kleinbeck and Jhon J. McGlone. Intensive Indoor versus Outdoor Swine Production Systems: Genotype and Supplemental Iron effects on Blood Hemoglobin and Selected Immune Measures in Young Pigs. 1999. Journal of Animal Sciences. 77: 2384-2390

Scarborough, 1967. Cría de ganado porcino. Mexico: Limusa- Wiley.

Scarborough. 1983. Cría del ganado porcino. Mexico D.F: Limusa.

Schwartz KJ. 1990. Manual de Enfermedades de los porcinos. Editorial Imprenta DESA S.A. Primera Edición.

Shayeghi M, Latunde-Dada G, Oakhill J, Laftah A, Takeuchi K, Halliday N, Khan Y, Warley A, McCann F, Hider R, Frazer D, Anderson G, Vulpe C, Simpson R, McKie A. Identification of an intestinal heme transporter. Cell 2005;122:789-801.

Thymann Thomas, 2005. Fisiopatología digestiva del lechón lactante y destetado. https://www.3tres3.com/articulos/fisiopatologia-digestiva-del-lechon-lactante-y-destetado_1304/. (24 septiembre, 2019).

Vecchionacce, H.E.Vera, E.,Marín, R.Gonzalez,C.Figueroa,R. e I. Díaz. 2004. Comportamiento productivo de lechones predestete en granjas comerciales ,de acuerdo con suministro de hierro dextrano y glicoferron. Publicación disponible en: www.sian.info.ve/publicaciones/unellez/vecchionacce.htm

Victor I, Mary I. 2012. Iron Nutrition and Anaemia in Piglets: a Review. J Vet Adv 2012, 2(6): 261-265.

Virbac, 2012; Puebla, México. Importancia y funciones del hierro en lechones. <https://www.porcicultura.com/micrositio/Virbac-de-M%C3%A9xico/Importancia-y-funciones-del-hierro-en-lechones>. (01, septiembre, 2019).

W. D. Peck. (1976). Como ganar dinero con la cria del cerdo. Barcelona: SERTEBI.

Zabielski R, Le Huëron-Luron I, Guilloteau P. Development of gastrointestinal and pancreatic functions in mammals (mainly bovine and porcine species): influence of age and ingested food. Reprod Nutr Dev 1999; 39:5-26.

Zeballos Ochoa Lizbeth Gissele, 2008. Tesis de Licenciatura. UNAS. 56. Universidad Nacional Agraria de la Selva.