



**ESPE**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE  
LA AGRICULTURA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**TESIS PREVIO A LA OBTENCION DEL TÍTULO DE  
INGENIERO AGROPECUARIO**

**TEMA: EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN  
FARMACOLÓGICA DE COBRE PARA CERDAS EN  
GESTACIÓN, LACTANCIA Y LA SUPLEMENTACIÓN DE  
ZINC EN LECHONES DE RECRÍA EN PARÁMETROS  
ZOOTÉCNICOS Y SANITARIOS**

**AUTORES: ANDRADE CAJAS, MARIA BELÉN  
CARRERA ONTANEDA, ANA VERÓNICA**

**DIRECTOR: ING. FALCONÍ PATRICIA  
CODIRECTOR: ING. VELA DIEGO**

**SANGOLQUÍ**

**2015**

## CERTIFICACIÓN

Ing. Patricia Falconí

Ing. Diego Vela

### **Certifican:**

Que el trabajo titulado EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN FARMACOLÓGICA DE COBRE PARA CERDAS EN GESTACIÓN, LACTANCIA Y LA SUPLEMENTACIÓN DE ZINC EN LECHONES DE RECRÍA EN PARÁMETROS ZOOTÉCNICOS Y SANITARIOS, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

El mencionado trabajo consta de documento empastado y disco compacto, el cual contiene los archivos en formato portátil de Word (docx) y Acrobat (pdf).

Autorizan a ANDRADE CAJAS MARIA BELÉN Y CARRERA ONTANEDA ANA VERÓNICA, que lo entregue a la Ing. Martha Vargas, en su calidad de Directora de la Carrera.

Sangolquí, Abril del 2015



Ing. Patricia Falconí  
DIRECTOR



Ing. Diego Vela  
CODIRECTOR

## DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

ANDRADE CAJAS MARIA BELÉN  
CARRERA ONTENEDA ANA VERÓNICA

### Declaramos que:

El proyecto de grado EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN FARMACOLÓGICA DE COBRE PARA CERDAS EN GESTACIÓN, LACTANCIA Y LA SUPLEMENTACIÓN DE ZINC EN LECHONES DE RECRÍA EN PARÁMETROS ZOOTÉCNICOS Y SANITARIOS, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Sangolquí, Abril del 2015



---

Andrade Cajas María Belén



---

Carrera Ontaneda Ana Verónica

## AUTORIZACIÓN DE RESPONSABILIDAD

**Nosotras, ANDRADE CAJAS MARIA BELÉN  
CARRERA ONTANEDA ANA VERÓNICA**


Autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN FARMACOLÓGICA DE COBRE PARA CERDAS EN GESTACIÓN, LACTANCIA Y LA SUPLEMENTACIÓN DE ZINC EN LECHONES DE RECRÍA EN PARÁMETROS ZOOTÉCNICOS Y SANITARIOS, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Sangolquí, Abril del 2015



---

Andrade Cajas María Belén



---

Carrera Ontaneda Ana Verónica

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de investigación se lo dedico de todo corazón a mis padres, por ser un apoyo incondicional en los momentos difíciles y agrestes que soportamos durante nuestro trabajo.

Dedico también a mis hermanos Luis y Marco que siempre se involucraron brindándome su apoyo y aportando con sus conocimientos.

A mis abuelitos que de una u otra manera colaboraron con mi formación.

Belén Andrade

## DEDICATORIA

A mis padres, por darme la vida, su amor, confianza, por estar conmigo en cada etapa de mi corta vida, por creer en mí, darme todo su apoyo y consejos para la culminación de esta carrera.

A mis hermanos Sebastián, Henry y Carlos, por estar siempre junto a mí, los quiero mucho.

A mis tíos y primos, por quererme y apoyarme en todo momento.

Verónica Carrera

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco al creador de todas las cosas a Dios, a mi hermana y abuelitas que gozan del descanso eterno, por ser una compañía especial y cuidarme en todo momento.

A la UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE, por ser una institución de primer nivel, pionera en la investigación y habernos brindando la oportunidad de desarrollar un tema en el área agropecuaria que es de fundamental importancia para el avance del país.

Al Dr. Christian Ponce, Ing. Patricia Falconí e Ing. Diego Vela por la orientación dada y la confianza para el desarrollo de esta investigación.

A la Ing. Alicia Lascano por la ayuda prestada y enseñanzas en todo este tiempo.

A Verónica por ser una compañera que ha sabido comprender mis puntos de vista y por ser incondicional y darme esas palabras de aliento en estos 6 años de amistad.

A mis amigas de toda la vida Dayana, Sonia, Claudia y Karina por sacarme siempre una sonrisa en las buenas y malas situaciones que nos ha tocado vivir.

A mis amigos Santiago, Anto, Wilson, Henry, Luis por acompañarme en cada paso que di durante toda mi carrera universitaria y a todas las personas que directa o indirectamente fueron parte de este proyecto.

Belén

## AGRADECIMIENTO

A Dios, Santa Bárbara Bendita y Elegua por bendecir y abrir mis caminos e iluminarme para llegar a alcanzar mi objetivo de ser profesional en el campo de las Ciencias Agropecuarias.

A la UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE, por la formación académica, por su motivación a la investigación y por confiar en las capacidades de sus alumnos.

Al Dr. Christian Ponce, Ing. Patricia Falconí e Ing. Diego Vela por la orientación dada y la confianza para el desarrollo de esta investigación.

A la Ing. Alicia Lascano por el aporte brindado para el desarrollo de este proyecto.

A Belén por ser una compañera fiel y amiga exigente durante el desarrollo de esta investigación.

A mis amigos Anto, Santiago, Wilson, Henry, Andrés, Tania y Luis por compartir junto a mí los momentos difíciles y de felicidad durante la carrera.

Un agradecimiento muy especial a mis padres, hermanos, tíos, primos y seres queridos, por la paciencia, la comprensión, y el ánimo que he recibido durante todos estos años.

Verónica



## **RESUMEN**

Se realizó este experimento con el fin de evaluar los efectos de la alimentación con altas dosis de cobre en cerdas durante las etapas de gestación, lactancia y zinc en lechones destetados por un periodo de 28 días. 8 cerdas fueron escogidas con un peso promedio de 205 kg. Se adjudicó los tratamientos que contenían 0 y 250 ppm de Cu para las cerdas reproductoras y 3000 ppm de Zn para los lechones. El consumo de alimento tanto para la fase de gestación como para la de lactancia fue mayor para el tratamiento de 0 ppm de Cu, las cerdas alimentadas con altas dosis de Cu (250 ppm) al final de la lactancia obtuvieron mayores pesos con una media de 220 kg. En los días de regreso a celo existió una diferencia numérica que corresponde al 11.76% a favor de las cerdas que se encontraban bajo el tratamiento con 250 ppm de Cu, es decir que lograron presentar el celo post destete en un período más corto de tiempo aunque este no fue significativo ( $P=0.5137$ ). Después del parto se procedió a la toma de muestras de sangre en lechones. En los descendientes de cerdas tratadas con sulfato de cobre se encontró: 9.3g/dl de hemoglobina, 26.81% de hematocrito siendo estos parámetros que nos indican que no existió anemia. Los lechones destetados obtuvieron una ganancia diaria de peso de 550.11 g lo que representó la media más alta obtenida por los lechones de madres de 0 ppm de Cu en el período de 22-28 días con zinc ( $P=0,001$ ).

### **PALABRAS CLAVE:**

- **COBRE**
- **GESTACIÓN**
- **LACTANCIA**
- **ZINC**
- **LECHONES DESTETADOS**

## **ABSTRACT**

This experiment was performed to evaluate the effects of feeding with high doses of copper in sows during the stages of gestation, lactation and zinc in weaned piglets for a period of 28 days. 8 sows were selected with an average weight of 205 kg. Treatments containing 0 and 250 ppm of Cu for sows and 3000 ppm Zn for the piglets. Feed intake for both gestation and lactation for the treatment was greater than 0 ppm Cu, sows fed high doses of Cu (250 ppm) at the end of lactation had higher weights with an average of 220 kg. In the days of return to estrus there was a numerical difference corresponding to 11.76% in favor of sows that were under treatment with 250 ppm of Cu, they presented the post weaning estrus in a shorter period of time but this was not significant to present ( $P = 0.5137$ ). After childbirth, we proceeded to the taking of blood samples in piglets. In the offspring of sows treated with copper sulfate was found: 9.3g / dl of hemoglobin, hematocrit 26.81% being these parameters indicate that there was no anemia. Weaned piglets obtained a daily weight gain of 550.11 g representing the highest average obtained by mothers piglets 0 ppm Cu in the period 22-28 days with zinc ( $P = 0.001$ ).

### **KEY WORDS:**

- **COPPER**
- **GESTATION**
- **LACTATION**
- **ZINC**
- **WEANED PIGLETS**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CERTIFICACIÓN</b> .....	<b>ii</b>
<b>DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD</b> .....	<b>iii</b>
<b>AUTORIZACIÓN DE RESPONSABILIDAD</b> .....	<b>iv</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>v</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>vii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>x</b>
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	<b>xi</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>xv</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	<b>xvi</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>xvii</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Justificación.....	2
1.2 Objetivos .....	4
1.2.1 Objetivo General .....	4
1.2.2 Objetivos Específicos.....	4
1.3 Hipótesis.....	5
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>6</b>
2.1 El Cerdo .....	6
2.1.1 Generalidades .....	6
2.1.2 Clasificación Taxonómica.....	6
2.1.3 Origen del cerdo.....	7
2.2 Principales Razas Porcinas.....	7
2.2.1 Duroc.....	8
2.2.2 Hampshire .....	8
2.2.3 Landrace.....	9
2.2.4 Yorkshire.....	9

		xii
2.2.5	Piétrain.....	10
2.3	El Porcino en el Ecuador .....	10
2.3.1	Producción Porcícola Nacional.....	11
2.4	Etapas de Producción .....	12
2.4.1	Gestación.....	12
2.4.2	Lactancia .....	14
2.4.3	Destete .....	15
2.4.3.1	Tipos de destetes .....	15
2.4.3.2	Los problemas asociados con el destete.....	17
2.4.4	Período de Recria.....	18
2.5	Nutrición General Porcina.....	18
2.5.1	Nutrición de la cerda gestante.....	19
2.5.1.1	Requerimiento de nutrimentos para cerdas gestantes .....	20
2.5.2	Alimentación de transición .....	21
2.5.3	Nutrición de la cerda lactante.....	22
2.5.3.1	Requerimientos nutricionales en la fase de lactancia.....	22
2.5.4	Nutrición del lechón.....	23
2.6	Aditivos Nutricionales: Promotores de Crecimiento.....	23
2.6.1	Antibióticos .....	23
2.6.2	Probióticos .....	24
2.6.3	Minerales.....	24
2.6.3.1	Cobre.....	25
2.6.3.2	Suplementación farmacológica de Cobre en cerdas gestantes y lactantes..	25
2.6.3.3	Suplementación Farmacológica de Zinc .....	26
2.6.3.4	Zinc en lechones.....	26
2.6.3.5	Uso Terapéutico del óxido de zinc.....	26
2.6.3.6	Cobre y Zinc.....	27
2.7	Mecanismo de Acción de los Minerales .....	28
2.7.1	Metabolismo del cobre.....	28
2.7.2	Metabolismo del zinc .....	29
2.7.3	Interacciones entre el cobre y zinc .....	29
2.8	Problemas Comunes por la falta de Zinc y Cobre .....	30

2.9	Impacto Ambiental .....	30
2.10	Digestibilidad .....	31
2.10.1	Determinación de la Digestibilidad.....	32
2.10.2	Método de la Colecta Total .....	32
<b>CAPITULO III</b>		
<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>		<b>33</b>
3.1	Ubicación del Lugar de Investigación.....	33
3.1.1.	Ubicación Política .....	33
3.1.2.	Ubicación Geográfica .....	33
3.1.3.	Ubicación Ecológica .....	33
3.2.	Materiales.....	33
3.2.1.	Materiales de Campo.....	33
3.2.2	Materiales de Laboratorio .....	35
3.3	Métodos.....	35
3.3.1	Selección y preparación de las cerdas.....	36
3.3.2	Inseminación y Verificación de Preñez.....	35
3.3.3	Asignación de tratamientos de las madres .....	36
3.3.4	Pesado de tratamientos para las cerdas gestantes.....	36
3.3.5	Gestación.....	37
3.3.6	Desinfección del área de maternidad. ....	38
3.3.7	Parto.....	38
3.3.8	Lactancia .....	38
3.3.9	Desinfección del área de recría .....	39
3.3.10	Aleatorización de los tratamientos de los lechones .....	39
3.3.11	Pesado de los tratamientos de los lechones.....	40
3.3.12	Recría .. .....	40
3.3.13	Actividades diarias .....	42
3.3.14	Recolección de excretas .....	42
3.3.15	Análisis de muestras.....	42
3.3.16	Diseño experimental.....	43
3.3.16.1	Factores a probar .....	43
3.3.16.2	Tratamientos.....	43

	xiv
3.3.16.3 Tipo de diseño experimental .....	45
3.3.16.4 Análisis estadístico.....	45

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN ..... 46**

4.1	Parámetros Zootécnicos Registrados Durante Gestación y Lactancia.....	46
4.2	Dieta Utilizada Durante las Fases de Gestación y Lactancia.....	48
4.3	Consumo de Alimento de Gestación y Lactancia, g. ....	48
4.4	Peso de las Madres al Destete, kg.....	49
4.5	Celo Postparto. ....	50
4.6	Digestibilidad del Cobre en las Cerdas Durante la Fase de Lactancia. ....	51
4.7	Peso de los Lechones al Nacimiento, kg (Camada, Individual) .....	53
4.8	Componentes de la Sangre.....	56
4.9	Peso de los Lechones Durante la Lactancia, kg (Animal/Camada).....	58
4.10	Ganancia Diaria de Peso Durante la Lactancia, kg (Animal). ....	58
4.11	Peso de los Lechones al Destete, kg (Animal/Camada) .....	59
4.12	Número de Lechones Destetados.....	59
4.13	Dieta Utilizada en los Lechones de Recría (Predeste y Destete).....	60
4.14	Ganancia Diaria de Peso en los Lechones de Recría, g .....	60
4.15	Consumo de Alimento de los Lechones en Recría, g.....	61
4.16	EG (Eficiencia de la Ganancia) de los Lechones en Recría. ....	62

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 69**

5.1	Conclusiones.....	69
5.2	Recomendaciones.....	71
5.3	Bibliografía .....	72

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>TABLA 1</b>	Clasificación Taxonómica.....	7
<b>TABLA 2</b>	Peso de las cerdas gestantes de acuerdo al número de pariciones.....	13
<b>TABLA 3</b>	Peso de las cerdas a la lactancia. ....	15
<b>TABLA 4</b>	Dosis recomendadas de cobre y zinc, para cerdos en crecimiento.....	27
<b>TABLA 5</b>	Dosis recomendadas de cobre y zinc para cerdas gestantes, lactantes...28	
<b>TABLA 6</b>	Ingredientes de balanceado producido en IASA I.....	37
<b>TABLA 7</b>	Score de diarreas utilizado durante la recría. ....	41
<b>TABLA 8</b>	Descripción de tratamientos durante la etapa de gestación.....	43
<b>TABLA 9</b>	Descripción de tratamientos durante la etapa de Lactancia. ....	44
<b>TABLA 10</b>	Descripción de tratamientos durante la recría (28 días).....	44
<b>TABLA 11</b>	Composición de la dieta para las etapas de gestación y lactancia.....	48
<b>TABLA 12</b>	Composición de la dieta utilizada en los lechones de recría.....	60

**ÍNDICE DE CUADROS**

<b>CUADRO 1</b>	Parámetros zootécnicos de las cerdas.....	47
<b>CUADRO 2</b>	Consumo de alimento de las cerdas durante la gestación y lactancia. ....	49
<b>CUADRO 3</b>	Digestibilidad, Cantidad de Cu y concentración de cobre en las heces durante la etapa de lactancia. ....	52
<b>CUADRO 4</b>	Análisis de los pesos al nacimiento, durante la lactancia y al destete (kg), individual y por camada de los lechones. ....	55
<b>CUADRO 5</b>	Componentes de la sangre en lechones, muestreados un día después del nacimiento. ....	57
<b>CUADRO 6</b>	Promedios del consumo de alimento, ganancia diaria de peso y eficiencia de la ganancia de lechones descendientes de cerdas que recibieron los tratamientos (0 y 250 ppm de Cu). ....	63
<b>CUADRO 7</b>	Análisis de la interacción entre el cobre (0 y 250 ppm durante la gestación y lactancia) y el zinc para el consumo de alimento, ganancia diaria de peso y eficiencia de la ganancia en lechones de recría en diferentes periodos de tiempo (0, 14 y 28 días).....	65
<b>CUADRO 8</b>	Medias del consumo de alimento, ganancia diaria de peso y eficiencia de la ganancia en lechones que recibieron Óxido de zinc durante 0, 14 y 28días.....	67



**ÍNDICE DE FIGURAS**

<b>FIGURA 1</b>	Medidas de la condición corporal de las cerdas .....	14
<b>FIGURA 2</b>	Distribución de tratamientos cerdas gestantes y lactantes.....	36
<b>FIGURA 3</b>	Distribución de tratamientos durante el período de recría .....	40

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

En el Ecuador actualmente no existen investigaciones que hayan determinado la utilización de suplementación farmacológica de cobre durante el periodo de gestación y lactancia y los efectos subsecuentes de la utilización de Zn en la progenie (Ponce, 2014).

Se sabe que el cobre es necesario para obtener una reproducción normal en las cerdas, debido a las extensas funciones de Cu que requieren las enzimas, la información que existe sobre los requerimientos durante las etapas de gestación y lactancia es escasa. Lillie y Frobish (1978) sugieren que cerdas alimentadas con 60 ppm de Cu mejoran los pesos de los lechones al nacimiento y destete, esta respuesta puede ser el resultado del efecto farmacológico de altos niveles de cobre en la dieta. Kirchgessner et al. (1980), reportaron que cerdas gestantes alimentadas con 2ppm de Cu en las dietas presentaron una reducción de ceruloplasmina, que es la principal proteína transportadora de cobre en la sangre, y mayor número de lechones muertos al parto (16%) que cerdas alimentadas con 9.5ppm de Cu (2%).

Thacker, (1991) informó que al alimentar a las cerdas con un alto nivel de cobre en las dietas, (hasta 250 mg / kg), durante la gestación y lactancia, al igual que Roos & Easter. (1986), en la lactancia, no mostraron ningún efecto sobre la ganancia de peso en lechones, Por otro lado Cromwell, & et al. (1993), informaron que existió un aumento en la condición corporal de las cerdas y el peso de los lechones al nacimiento y al destete al suplementar 250 mg de Cu / kg en las dietas de la cerdas que contenían 10-15 mg Cu / kg. Concluyendo así que estos resultados puede ser el efecto del uso de dosis farmacológicas de cobre en las dietas.

## 1.1 Justificación

Según ASPE<sup>1</sup>, (2012) la producción del cerdo en los últimos años ha seguido expandiéndose dentro del Ecuador. El consumo de la carne de cerdo se estima en 10 kg per cápita, y se estima que el Ecuador importa aproximadamente 13% de sus necesidades.

Dentro de la actividad porcina, el rubro de alimentación es el costo de mayor influencia dentro de los costos de producción de la carne, siendo de aproximadamente el 71 % ASPE, (2012). Adicionalmente, dentro de los parámetros que están vinculados a la rentabilidad y bienestar animal dentro de la producción de cerdos, el período crítico constituye la gestación, lactancia y recría. Por ende, factores de eficiencia productiva y de sanidad dentro de estas etapas son críticas para la producción. Incorporación de tecnología especializada en estas etapas fisiológicas, así como manejo de alternativas nutricionales para soportar tasas de crecimiento eficientes, así como para la prevención y tratamiento de problemas sanitarios, son requeridas para una producción sustentable de la carne de cerdo. Dentro del Ecuador, es necesario llegar a ser autosustentable en cuanto a la producción de cerdo en los próximos años, e investigaciones relacionadas a fortalecer esta área son de vital importancia (Ponce, 2014).

En la producción intensiva actual de cerdos existe una cierta interacción entre la microbiota intestinal, la calidad del alimento suministrado y la incidencia de diarreas en los lechones tras el destete, esto influye claramente en su salud y desarrollo corporal con repercusiones inmediatas en el coste productivo y en los beneficios económicos de la explotación (Riopéres & Rodríguez-Membibre, 2012).

Álvarez, (2004) menciona que en la etapa de crecimiento y engorde, es cuando los animales alcanzan su mayor desarrollo, además ocurren las mayores pérdidas como consecuencia de factores estresantes debido a los desequilibrios gastrointestinales, lo que ocasiona una mayor incidencia de enfermedades y mortalidad, así como una disminución de los niveles de producción esperados. Por lo mencionado anteriormente

---

<sup>1</sup> Asociación de Porcicultores del Ecuador

y debido al manejo actual sumado a una mala formulación de las dietas y a las condiciones ambientales, se puede desestabilizar el equilibrio natural en el ecosistema microbiano del tracto gastrointestinal, lo que trae consigo el desarrollo de un estado disbiótico, el cual favorece el desarrollo de microorganismos patógenos que provocan trastornos gastrointestinales y afectan la salud del animal y el comportamiento productivo (Collins & Gibson, 2004)

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

- Evaluar el efecto de la suplementación farmacológica de cobre para cerdas en gestación, lactancia y la suplementación de zinc en lechones de recría en parámetros zootécnicos y sanitarios.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Determinar el efecto de la suplementación de Cu en parámetros productivos y digestibilidad en cerdas multíparas, durante gestación y lactancia.

- Determinar el efecto de la suplementación de Cu en parámetros productivos y estatus de Cu, de la camada de la cerda durante el período de lactancia.

- Determinar el efecto de la suplementación de Zinc en parámetros productivos y sanitarios de lechones recientemente destetados.

### 1.3 Hipótesis

- **Hi:** La adición de altas dosis de cobre en la dieta de la cerda gestante tiene efecto positivo sobre los parámetros zootécnicos y sanitarios.
- **Ho:** La adición de altas dosis de cobre en la dieta de la cerda gestante no tiene efecto sobre los parámetros zootécnicos y sanitarios.
- **Hi:** La adición de altas dosis de zinc en la dieta de los lechones de recría tiene efecto positivo sobre los parámetros zootécnicos y sanitarios.
- **Ho:** La adición de altas dosis de zinc en la dieta de los lechones de recría no tiene efecto sobre los parámetros zootécnicos y sanitarios.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 El Cerdo

##### 2.1.1 Generalidades

El cerdo es un animal omnívoro, precoz, prolífico, de corto ciclo reproductivo; requiere poco espacio, se adapta fácilmente a diferentes climas y ambientes, posee una gran capacidad de transformación para producir carne de alta calidad nutritiva, con una buena conversión alimenticia. Es una especie zotécnica que registra un buen rendimiento, y del cual se puede obtener varios productos de consumo humano tales como: carne, tocino, grasa, huesos, piel, intestinos, sangre, pelo, etc. (Carrero, & et al., 2015).

Los cerdos son poliéstricos, lo que significa que las hembras entran en celo a intervalos de 21 días durante todo el año; por tanto, pueden reproducirse en cualquier época, son muy prolíficos. En cada celo, las hembras liberan de 16 a 18 óvulos y se implantan un buen número de óvulos fecundados. La hembra es capaz de parir y amamantar crías dos veces al año, lo que quiere decir, que puede dar a luz con una sola camada un promedio de 30 cerdos al año (Cintora, 2006).

En la actualidad, la creciente importancia del cerdo como fuente de alimentación, ha llevado a la evolución de su crianza, pasando de formas de producción doméstica hacia formas de producción más intensivas, desarrollándose inclusive razas especializadas en producción de carne magra (Padilla, 2006).

##### 2.1.2 Clasificación Taxonómica

El cerdo pertenece a la siguiente clasificación taxonómica:

**Tabla 1****Clasificación Taxonómica**

Clasificación Taxonómica	
Clase:	Mammalia
Orden:	Artiodactyla
Suborden:	Suina
Familia:	Suidae
Subfamilia:	Suinae
Género:	Sus
Especie:	<i>Sus scrofa</i> <i>domesticus</i>

**Fuente:** (Sañudo, 2011)

**2.1.3 Origen del cerdo**

Los antepasados más remotos de los cerdos se remontan a los 40 millones de años, tal como avalan fósiles hallados en bosques y pantanos en Eurasia (Ballina & Bencomo, 2010).

Los cerdos domésticos modernos se originaron del cerdo de Europa y del cerdo del Sureste de Asia. El primero era un animal que crecía lentamente y maduraba tarde. El otro fue un animal pequeño con patas cortas, que crecían rápidamente y maduraba temprano. Estos animales fueron domesticados hace unos 6 000 años (Buxadé & Daza, 2001).

Los primeros cerdos que llegaron a América fueron traídos por los conquistadores. Estos animales se multiplicaron principalmente en México y Brasil (Koeslang & Castellanos, 2006).

**2.2 Principales Razas Porcinas**

Los cambios en las condiciones de mercado, han determinado el desarrollo de razas de porcinos acordes al nuevo entorno, que exige la producción de carne de gran



calidad y en volúmenes crecientes. Como resultado de esta tendencia la producción se ha orientado a desarrollar animales que produzcan más carne que grasa y cuyo crecimiento sea precoz, tratando de obtener altos niveles de conversión en engorde (Padilla, 2006).

### **2.2.1 Duroc**

Originaria del norte de Estados Unidos, la raza es de color rojo, pero presentan variaciones en su tonalidad que van de amarillo claro al rojo cereza oscuro. El cuello es corto y profundo, el lomo largo y angosto, el jamón ancho y firme bien cubierto de carne. Las extremidades son medianas y fuertes (Castillo, 1984).

Son de elevada rusticidad y prolíficas, buen carácter maternal, de temperamento tranquilo y producen moderadamente cantidad de leche. Estos cerdos manifiestan un gran desarrollo, excelente conversión y velocidad de crecimiento (Carrero, & et al., 2015).

### **2.2.2 Hampshire**

Originario del sur de Escocia y el norte de Inglaterra a partir de los cruzamientos de las razas inglesas Essex y WessexSaddleback (Carrero, & et al., 2015).

Son de color negro con una franja blanca que rodea el cuerpo y abarcando miembros anteriores. Presenta orejas del tipo asiático. Son animales rústicos pero menos resistentes al calor. Muy prolíferos, tienen excelente aptitud lechera y materna. De aptitud cárnica, Posee relativas aptitudes productivas y buenos parámetros de calidad. Se utiliza generalmente como machos finalizadores de carne. Es esta raza la que normalmente se introduce en los cruzamientos para mejorar la calidad de la canal (AACP, 2007).

### **2.2.3 Landrace**

Tiene su origen en Europa. Presenta una coloración blanca con orejas del mismo color, dirigidas en su totalidad hacia delante. Son los más largos de todas las razas. Muy prolíferos, con un promedio de 12 lechones con muy buen peso al nacer. Su forma de cría más adecuada es la intensiva.

Muy versátil, ya que se utiliza como línea pura, materna o paterna. Sus índices productivos son muy parecidos a la Yorkshire, aunque tiene un mayor rendimiento de la canal y también una mayor longitud de la misma. Presenta unos valores algo inferiores en los parámetros reproductivos. Esta raza está reconocida como de tipo magro, ya que presenta unos bajos valores de engrasamiento. Es, probablemente, junto con la Yorkshire la raza más utilizada (AACP, 2007).

### **2.2.4 Yorkshire**

Fue desarrollado en Inglaterra en el condado de York. Posteriormente el nombre fue cambiado a "Inglés Large White", pero se le conoce como Yorkshire (Carrero, & et al., 2015).

Su cuerpo es largo, ancho y profundo con apariencia maciza. Son totalmente blancos, sin manchas con orejas erectas. Tiene buena rusticidad, su carácter es prolífero y buena aptitud lechera y materna.

Muy valorada por sus características maternas, esta raza porcina se utiliza habitualmente en cruces como línea materna. Es además, la mejor considerada, entre las razas mejoradas, en cuanto a resistencia. La Yorkshire es, con frecuencia, la mejor raza en cuanto a valores de prolificidad, cualidades maternas como capacidad lechera y productividad (AACP, 2007).

### **2.2.5 Piétrain**

Raza overo-negra de origen belga, con orejas de tipo asiática. Por su abundante musculatura y poca grasa es una de las razas empleadas para producir líneas de madres destinadas a elaboración de cerdos híbridos.

Se utiliza para mejorar la calidad de la carne en cruces simples. Y, casi siempre, como es lógico, se utilizan los machos, y rara vez las hembras. Presenta una velocidad de crecimiento, índices de conversión y reproducción bajos; sin embargo, brinda el mayor porcentaje de piezas nobles, aunque posee mucha grasa intramuscular, lo que con frecuencia está mal valorado. (AACP, 2007).

## **2.3 El Porcino en el Ecuador**

En el Ecuador hace algunos años la producción de cerdos se limitaba a una labor poco tecnificada de crianza en patios, alimentados de desechos de cocina. La imagen de este tipo de producción y en sí de los cerdos era la de animales portadores de varias enfermedades. Actualmente esta es una labor más tecnificada, y dadas las nuevas exigencias de los mercados las producciones ahora son más sanitarias y especializadas (Muñoz, 2010).

En nuestro país, la producción porcícola se caracteriza por la participación de pequeños (familiar/traspatio), medianos y grandes productores que generan empleo, producción, consumo de materias primas nacionales y aportan a la soberanía alimentaria (Paez, 2013).

En cuanto al consumo per cápita de carne de cerdo se ha incrementado de 7 a 10 K/persona/año en los últimos 5 años, debido a mejores prácticas de producción, utilización de líneas genéticas de mayor rendimiento, uso de alimentos balanceados, mejora en la calidad e inocuidad de la carne y la tradición gastronómica del país (Paez, 2013).

### 2.3.1 Producción Porcícola Nacional

De acuerdo a los datos publicados en el III Censo Nacional Agropecuario levantado en el año 2000 indica que existían 1'527114 porcinos, con un promedio de 3.5 cerdos por finca. Para el año 2008 la información oficial de la población de porcinos se estimó en 1'097251 animales según (ESPAC<sup>2</sup>, 2008). Esto muestra una disminución de 429863 animales equivalente a una reducción del 28.15% en 8 años. En un convenio de cooperación realizado entre el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP<sup>3</sup>), la Agencia Ecuatoriana para el Aseguramiento de la Calidad (AGROCALIDAD<sup>4</sup>) y la Asociación de Porcicultores del Ecuador (ASPE) para realizar el primer censo de granjas porcícolas georreferenciado donde el propósito fue capturar la información necesaria para construir la línea base de la industria, comprender de mejor manera su estatus actual, caracterizar el sector y definir de mejor manera programas de prevención, control y erradicación de enfermedades (Paez, 2013).

Los resultados del censo arrojaron que en el país existen un total de 310607 cerdos, según (ASPE, 2012) de todos los animales censados tan solo 35000 fueron madres, esto representa un 11.26% de la población total. El mayor porcentaje de granjas y de animales se encuentran en las regiones Sierra y Costa, con el 79% de las granjas registradas y al 95% de la población porcícola nacional, en las regiones Amazónica y Galápagos, existe un 21% de las granjas y solamente el 5% de la población porcícola nacional. Además del total de todas las granjas apenas el 12% están registradas en el sistema oficial de AGROCALIDAD, el 2% cuenta con registro del Ministerio de Ambiente y el 7% tiene autorización Municipal, mostrando una tendencia hacia la informalidad, (Paez, 2013).

Comparando estos resultados con los obtenidos en el Censo Agropecuario del año 2000, en el mismo estrato, se observa una disminución del 46% en el número de granjas pero un incremento del 19% del número de animales; es decir que, en

---

<sup>2</sup> Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua 2008

<sup>3</sup> Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca

<sup>4</sup> la Agencia Ecuatoriana para el Aseguramiento de la Calidad

promedio, en los últimos 10 años, la población porcina se incrementó a una tasa neta anual del 1.7%, pero en cuanto al número de granjas en promedio, 6 de cada 100 dejaron anualmente de producir.

En este universo censal del año 2000 - 2012, la producción porcina está claramente dividida entre un pequeño grupo de grandes fincas tecnificadas con sistemas de producción intensiva, que representan el 3% del total de granjas y poseen el 73% de la población porcina y un gran grupo de pequeñas y medianas granjas que equivalen al 97% del total y poseen el 27% de los cerdos. El 85% de la población censada (262444) son categorías destinadas a producción y reemplazo de la producción. Del total destinado a la producción, el 47% de estos cerdos son para el engorde, el 23% son lechones y el 30% para levante (Paez, 2013).

El 15% de cerdos (48163 cerdos) son animales para reproducción lo cual comprende a las madres o vientres con el 74% de la población de esta categoría, seguida de las chanchillas o machos de reemplazo con el 22% y finalmente los verracos con el 5% (Paez, 2013).

## **2.4 Etapas de Producción**

### **2.4.1 Gestación**

La duración de la gestación es de 114 días con un rango de 110 a 120 días. Los niveles hormonales de progesterona producida básicamente por los cuerpos lúteos, alcanzan niveles altos a los 10 días siguientes al servicio y se mantienen constantes durante toda la gestación hasta cerca del parto. La gestación se puede dividir en tres tercios: en el primero se llevan a cabo dos grupos de eventos: desarrollo embrionario y los procesos necesarios que ocurren entre el embrión y la madre para el mantenimiento de la gestación, los óvulos son fecundados en la región de la ámpula del oviducto, entre el cuarto y quinto día del apareamiento ingresan al útero, donde quedan flotando y pueden trasladarse de uno a otro cuerno hasta que se inicie la implantación el día 13 y se realice el reconocimiento materno de la gestación, para que ocurra este último proceso, se requieren como mínimo 4 embriones, de no ser así la

gestación no continuara. En este primer tercio de la preñez se desarrollan casi todos los órganos, quedando estancados el sistema óseo y el muscular, provocando que de morir algún embrión, este sea reabsorbido.

En el segundo tercio se inicia la fase fetal, durante la cual ocurre la formación del esqueleto y se acelera el desarrollo de los diferentes órganos, quedando pendiente el tejido muscular, consecuentemente si muere un feto, este se momificara, debido a la deshidratación de los tejidos, en el tercer período de la preñez se desarrolla el tejido muscular y los diferentes sistemas terminan su maduración, sin embargo si algún feto muere en esta fase no es posible la deshidratación de los tejidos, por lo que el feto nace completo, pero su tamaño varía dependiendo el momento de su muerte, a este producto se le denomina mortinato. (Carrero, 2005).

Las características de las cerdas gestantes deben ser las mostradas en la Tabla 2

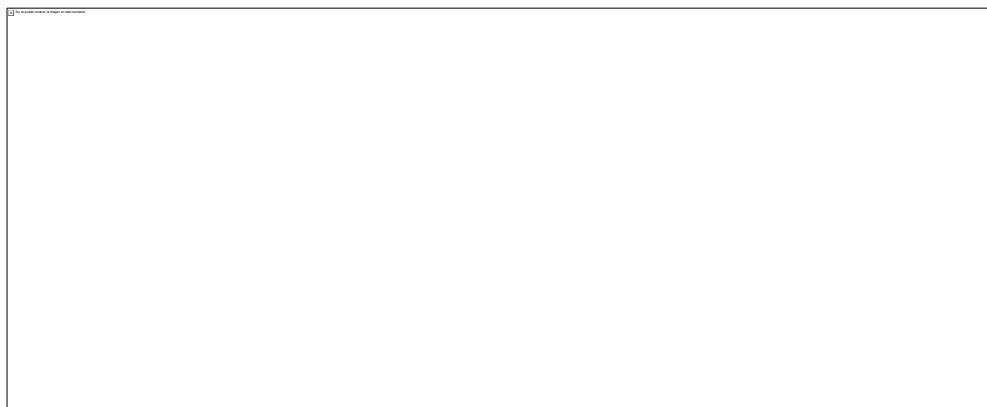
**Tabla 2**

**Peso de las cerdas gestantes de acuerdo al número de pariciones.**

<b>PESO</b>	<b>Nº DE PARTO</b>
<b>127</b>	<b>1</b>
<b>150</b>	<b>2</b>
<b>175</b>	<b>3</b>
<b>190</b>	<b>4</b>
<b>200</b>	<b>5</b>
<b>210</b>	<b>6</b>
<b>220</b>	<b>7</b>

**Fuente:** (PIC, 1996)

Ademas la condicion corporal no debe ser inferior a 2 y los mm de grasa dorsal debe estar entre 17 – 22. La mortalidad embrionaria debe encontrarse entre 10-15% y la mortalidad al parto no debe superar el 7%.



**Figura 1. Medidas de la condición corporal de las cerdas**  
**Fuente: (Paulino, 2006)**

#### **2.4.2 Lactancia**

La lactancia es el proceso por el cual la madre entrega nutrientes, inmunidad (en grados variables) y componentes regulatorios del crecimiento al recién nacido. Leche es el término colectivo para esta forma de nutrición, esencial para la sobrevivencia del mamífero recién nacido. La composición de la leche es variable dependiendo de la especie, estado de desarrollo del neonato y del medio ambiente. El desarrollo mamario y el inicio y regulación de la secreción de la leche están íntimamente relacionados a la reproducción. En efecto, se puede considerar que el proceso reproductivo no está completo ni ha sido exitoso si no existe la lactación y la sobrevivencia inicial del recién nacido. Por otro lado, la lactancia es la fase del proceso reproductivo más demandante metabólicamente por la gran cantidad de nutrientes que se requieren para satisfacer las necesidades de mantención y crecimiento del neonato (Recabarrem, 2008).

La duración de la producción de leche en cerdas es de aproximadamente 42 días, una cerda produce diario entre 7 a 12 kg de leche y sus necesidades nutricionales diarias son tres veces más que durante la gestación (Frutos, 2011).

El peso de las cerdas en la etapa de lactancia debe ser el mostrado en la Tabla 3

**Tabla 3****Peso de las cerdas a la lactancia.**

<b>Peso a la lactancia</b>	<b>Nº de Parto</b>
<b>160-180</b>	1
<b>173-193</b>	2
<b>190-205</b>	3
<b>205-220</b>	4
<b>220-236</b>	5-7

**Fuente:** (PIC, 1996)

La condición corporal de las cerdas no debe ser menor a 3, el número de lechones ideal al nacimiento es de 10,5 sin embargo en condiciones de traspatio se puede aceptar 5. El peso al nacimiento óptimo de los lechones oscila entre 1.10 y 1.30 kg, dependiendo del tamaño de la camada, a mayor número de lechones nacidos, menor es el promedio de peso del lechón al nacimiento. La mortalidad durante la lactancia no debe superar el 10% de nacidos vivos. (FAO, 2013).

### **2.4.3 Destete**

El destete es uno de los momentos más estresantes en la vida de un cerdo. No sólo significa grandes ajustes en el entorno social, térmico y físico, pero también significa un gran cambio en la forma de la dieta y composición. Como resultado, los lechones a menudo sufren de una ingesta de alimento pobre y un bajo rendimiento durante este período inicial después del destete, hasta que son capaces de adaptarse. Para reducir el estrés durante este período, muchas técnicas diferentes se han tratado de animar a los cerdos a consumir alimento seco y para estimular el desarrollo de la capacidad digestiva. El objetivo es minimizar el potencial del post-destete que son problemas de salud, como la diarrea y la mortalidad (Simpson, 2012)

#### **2.4.3.1 Tipos de destetes**

El destete se suele realizar en una de las tres siguientes categorías:



#### **2.4.3.1.1 Destete convencional: 5-10 kg de peso vivo (PV)**

A esta edad, los cerdos son de un tamaño y edad para valerse por sí mismos en condiciones medias de granja. Hay que recordar que la edad de destete es una parte integral del programa de cría y reducir la edad de destete implicará cambios en los programas de apareamiento y de parto. La producción de leche de la cerda se ha reducido drásticamente a la quinta semana, por lo que es poco rentable para alimentar a los lechones a través de la leche de la cerda más allá de esta etapa.

Sin embargo, a fin de mantener las tasas de crecimiento de los lechones, deben recibir alimentación adicional. Afortunadamente, a esta edad y peso, los cerdos se están acostumbrando al pienso seco y pueden adaptarse mejor a los cambios de temperatura y el estrés. Sin embargo, un alto nivel de higiene aún debe mantenerse. Cuando un medio ambiente adecuado puede ser mantenido y los productores tienen la experiencia, pueden reducir progresivamente la edad de destete hasta un punto en que sienten que todavía pueden obtener el beneficio necesario de los cerdos sometidos a un destete temprano (Graeme & Roese, 2006).

#### **2.4.3.1.2 El destete precoz: 4.5 kg PV**

En 2-3 semanas de edad, los lechones han alcanzado una etapa cuando su sistema digestivo es capaz de manejar los carbohidratos más complejos. A esta edad, el sistema regulador térmico del lechón también está empezando a funcionar de manera eficiente, siendo capaces de adaptarse a un entorno razonable. El uso de las instalaciones de destete especializadas ha ayudado considerablemente en el éxito del destete precoz (Graeme & Roese, 2006).

#### **2.4.3.1.3 Destete especializado**

Destete temprano segregado (SEW): Esto es destetar los cerdos a una edad temprana, generalmente menos de 18 días de edad y retirarlos de inmediato del hato de cría después del destete como un medio de eliminar o al menos reducir la carga de enfermedad en cerdos que ingresan a las instalaciones de destete.

Destete temprano medicado (MEW): Esta técnica se utiliza para obtener cerdos libres de algunos patógenos endémicos del hato. Se dosifican las marranas con altos niveles de antibióticos cuando ingresan al corral de parto, hasta que se destetan los lechones. Los lechones se destetan a los 5 días de edad y se trasladan a una unidad aislada de destete temprano. Se dosifica los lechones desde el nacimiento hasta aproximadamente 10 días de edad, con medicamentos similares a los que recibieron las cerdas (Graeme & Roese, 2006).

### **2.4.3.2 Los problemas asociados con el destete**

Los problemas pueden adoptar diversas formas:

El desarrollo de conductas de estrés, por ejemplo, canibalismo; malos hábitos de aseo; las tasas de crecimiento deprimidos; desgrasado. Un factor crítico es la cantidad de ración suplementaria consumida antes del destete. Aparte de conseguir lechones que se encuentran familiarizados con el alimento seco, alimentarlos con esta ración acelera la maduración del sistema digestivo (Graeme & Roese, 2006).

#### **2.4.3.2.1 pH del estómago**

Mientras que el grado de acidez varía a lo largo del tracto digestivo, el pH del estómago es muy ácido (generalmente pH 2-3). Este pH bajo es debido a la secreción de ácido clorhídrico que es necesario para la función de las enzimas que digieren proteínas, pero lo más importante en lo que concierne al lechón, es que previene la multiplicación de las bacterias ingeridas.

Cuando se alimenta el cerdo, el pH se eleva hacia el pH de la comida, el estómago segrega ácido clorhídrico y el pH cae otra vez hacia pH 2-3. Si la comida se come en grandes cantidades a intervalos frecuentes, el pH del estómago tiende a permanecer alto durante períodos más largos. Esto permite que las bacterias se multipliquen y pasen a través del estómago a los intestinos. Esto provoca un aumento en las bacterias

que se producen, y si se dispone de proteínas no digeridas, el E. coli puede prosperar y causar diarrea y muertes (Graeme & Roese, 2006).

#### **2.4.4 Período de Recría.**

El período de recría va desde el momento del destete (3-4 semanas) hasta la 10ma semana de vida, al final de esta etapa se espera que los animales lleguen a una velocidad de crecimiento de 650 (g/d), peso de 30kg, y un índice de conversión alimenticia de 1.4 ( Flores & Rodríguez, 2010).

Esta es una de las etapas en la que los animales alcanzan su mayor desarrollo, además ocurren las mayores pérdidas como consecuencia de factores estresantes debido a los desequilibrios gastrointestinales, lo que ocasiona mayor incidencia de enfermedades y mortalidad, así como una disminución de los niveles de producción esperados (Álvarez, 2004).

Durante esta etapa el cambio a dietas solida provoca ciertos trastornos para el tracto gastrointestinal desde el punto de vista fisiológico. Estos problemas generados por el destete no se presentan en ninguna otra etapa del crecimiento del cerdo (Gómez, & et al., 2008).

En esta etapa los factores que pueden llegar a producir un estrés para el lechón son: cambios nutricionales, medioambientales y psicologicos Pluske, & et al., (1995). El cambio de un dieta liquida a una dieta sólida a base de cereales, no es la adecuada para su aparato digestivo que tiene una baja capacidad de digestion y absorcion. Gómez, & et al., (2008), esto ocasiona que los nutrientes no sean digeridos ni absorbidos resultando en una proliferacion de bacterias enteropatógenas (Kelly, & et al., 1991).

### **2.5 Nutrición Porcina General**

El cerdo se caracteriza por ser un animal omnívoro, que consume eficientemente granos y subproductos, tortas de oleaginosas, raíces tubérculos. Pueden aprovechar

una serie de nutrientes de productos poco útiles para otras especies domésticas (Padilla, 2006).

El costo de alimentación representa aproximadamente el 80% de todos los gastos de producción, lo cual se convierte en el factor principal de la explotación diaria del cerdo. Por lo cual, el objetivo de una alimentación racional debe residir en proporcionar al cerdo aquel tipo de alimentos que menos esfuerzo le cueste digerir y los cuales puedan extraer el máximo de nutrientes (Pardo & et al. , 2007)

Gualavisí & León, (2008) mencionan que las necesidades nutritivas de los cerdos varían según las etapas: Gestación, lactancia, crecimiento y engorde. Sin embargo, existen ciertos requisitos nutritivos básicos para todas las etapas. Estos requerimientos son:

- **Proteína**, para el mantenimiento de sus funciones corporales y formación del tejido muscular.
- **Energía metabolizable y energía neta**, para mantenimiento, crecimiento y engorde.
- **Minerales** (calcio, fósforo, magnesio, potasio, cloruro de sodio, azufre, yodo, hierro, cobre, cobalto, manganeso, zinc, selenio, molibdeno), que son necesarios para la formación de huesos, músculos, órganos, glóbulos sanguíneos y tejidos blandos.
- **Vitaminas**, para procesos fisiológicos, crecimiento y bienestar del animal.
- **Agua**, para los procesos fisiológicos, regulación de la temperatura corporal, facilita la digestión de los alimentos.

### 2.5.1 Nutrición de la cerda gestante.

El estatus metabólico y nutricional de la cerda tiene una gran influencia en el control de la reproducción, pues son determinantes de la capacidad de respuesta ovárica a la acción de las gonadotropinas. Los objetivos de una buena nutrición durante la etapa de gestación son: minimizar la pérdida de condición corporal de la cerda durante la lactancia, promover un consumo elevado desde el destete a la monta para asegurar un buen porcentaje de ovulación (Martínez, & et al. 2002).

En cuanto a la nutrición durante la gestación se puede dividir en tres etapas: La primera etapa (0 a 25 días) es importante para la implantación de los embriones, para esta etapa se recomienda alimentar a las cerdas a razón de 1.5 veces sus necesidades de mantenimiento (Martínez, & et al., 2002)

En la segunda etapa (26-75 días) una mejor nutrición en la cerda tiene dos objetivos, pretende mejorar la condición corporal y aumentar el número de fibras musculares en los embriones, el cual se verá reflejado posteriormente en el rendimiento productivo de esos lechones, con un crecimiento acelerado y una mayor tasa de conversión alimenticia (Martínez, & et al., 2002).

La tercera etapa (76 días hasta el parto) se relaciona con el crecimiento fetal y el desarrollo de la glándula mamaria, La nutrición en esta está encaminada a mantener un óptima condición corporal de la madre y garantizar un buen rendimiento en el siguiente parto. Sin embargo es importante suministrar una ración de acuerdo al peso del animal para así evitar problemas al parto que se originan al tener una ganancia excesiva de peso (Martínez, & et al., 2002 ).

### **2.5.1.1 Requerimiento de nutrientes para cerdas gestantes**

**Energía:** el requerimiento energético para cerdas gestantes se puede expresar en términos de energía digestible (E.D) o de energía metabolizable (E.M). El requerimiento energético de las cerdas durante la preñez está afectado por su genotipo, el peso de la cerda, por su ganancia durante este período y por el manejo y las condiciones ambientales (N.R.C 1988).

Una cerda gestante en los primeros 3 o 4 partos deben consumir y ser manejada para que obtenga un ganancia de peso durante la preñez de 25 kg (Aherne & Kirkwood, 1985).

El aumento en peso de la placenta y otros productos de la concepción es de aproximadamente 20 kg, para hacer una ganancia total de 45 kg Verstegen et al.,

(1987). Durante la preñez el requerimiento de mantenimiento representa un 80% del total energético que necesitan las cerda, un 15% se necesita para la ganancia de peso materno y un 5% para el desarrollo de la nueva camada (Aherne, 1999).

En término de valores cuantitativos, el requerimiento de energía digestible para mantenimiento fluctúa entre 4.5 y 5.5 Mcal/día; equivalente a 110 kcal/kg de peso metabólico. El requerimiento total para la ganancia de peso en gestación es de 1.2 Mcal/día, siendo 1.10 Mcal para la ganancia de la madre y sólo 0.19 Mcal/día para el desarrollo fetal, por lo que el porcicultor deberá proporcionar entre 5.8 y 6.8 Mcal totales de energía a fin de satisfacer todo el requerimiento energético de la gestación (Campabadal, 2011).

**Proteína:** Un problema práctico es decidir cuantos gramos de proteína requiere una cerda gestante con una determinada ganancia de peso maternal (Campabadal, 2011).

Los requerimientos de proteína de una cerda gestante están basados en un gramo por cada kg de peso de la cerda y 2 gramos por kilogramo de ganancia de peso maternal y productos de la concepción es decir camadas y placenta. Por lo tanto una cerda que pesa 150 kg, y debe ganar 30 kg de peso y sus productos de la concepción pesan 20 kg el requerimiento diario de proteína será:  $150 \text{ kg} \times 1 + (30 + 20) \times 2 = 250$  gramos por día (Aherne, 1999).

### 2.5.2 Alimentación de transición

En el pasado, era común alimentar a las cerdas con una dieta durante toda la gestación y lactancia, y esto todavía puede ser la práctica de alimentación frecuente en algunos países. Sin embargo, la mayoría de las cerdas hoy en día son alimentadas con una dieta baja en energía y alta en proteína en la mayor parte de o durante toda la gestación, y se desplazan a una dieta alta en energía y proteína durante la fase de lactancia. El período de transición, que aquí se define como los últimos 10 días de gestación y los primeros 10 días de lactancia, abarca cambios sustanciales para la cerda. Las cerdas que entran en el período de transición se someten a muy diferentes

regímenes de alimentación. Idealmente, la alimentación de las cerdas durante el período de transición debe ser adaptado a cada individuo teniendo en cuenta el estado fisiológico (es decir, días de gestación o días de lactancia), peso vivo y el nivel de la productividad (por ejemplo, la producción de leche) con el fin de cumplir los requisitos nutricionales.

Los requerimientos nutricionales de energía, proteínas y aminoácidos esenciales cambian rápidamente durante la transición. El contenido de nutrientes de las dietas de gestación y lactancia, tanto necesitan ser óptimas para el crecimiento fetal, el crecimiento mamario, el calostro (Theil, 2015).

### **2.5.3 Nutrición de la cerda lactante**

Durante este período es recomendable que las cerdas consuman el alimento “ad libitum” para poder conseguir la máxima proporción de leche. El consumo puede estar entre 4 y 7 kilos por día dependiendo de la composición nutricional del alimento (i.e. concentración energética, proteína, etc); condición corporal de la cerda, consumo en la gestación anterior. temperatura ambiente, condiciones de la jaula de parto y consumo de agua (Acosta, 1981).

Una cerda debe comer aproximadamente 2 kg de alimento para mantenimiento a el que se le deberá sumar 0,5 kg por cada lechón, muchas veces estos consumos no se logran (Acosta, 1981).

Entre los objetivos de una buena nutrición en la etapa de lactancia tenemos: Alta producción láctea, perder poco estado corporal, rápido retorno al celo, buen performance en el siguiente parto (Acosta, 1981).

#### **2.5.3.1 Requerimientos nutricionales en la fase de lactancia**

**Energía:** Las necesidades de energía y de lisina de una cerda lactante dependen del peso de la cerda, su producción de leche y su composición, y el cambio en el peso corporal. Las estimaciones sobre el costo energético de la producción de leche son 2

Mcal / kg de leche. Más del 80% de la energía necesaria de una cerda en lactación es para la producción de leche. Las recientes estimaciones de la producción de leche han demostrado que las cerdas modernas producen de 10 a 12 kg de leche / día (Aherne, 2001)

#### **2.5.4 Nutrición del lechón.**

El desafío de pasar un lechón de una dieta de leche materna a una dieta sólida se ha atendido desde muchas perspectivas. Se entiende que los lechones que se exponen al alimento temprano, a los 7 - 10 días, varias veces al día, es un buen comienzo. La dieta debe ser palatable, en algunas condiciones, la aspersion de leche en polvo en el balanceado para mejorar propiedades de palatabilidad y olor. El alimento debe ser lo suficientemente suave para ser masticado por el animal. Esto significa que las partículas de alimentación deben ser lo suficientemente pequeñas (minipelets) para ser recogidas por la lengua y lo suficientemente blando para ser masticado sin causar molestias a la boca del lechón (Barrie, 2013).

#### **2.6 Aditivos Nutricionales: Promotores de Crecimiento**

Los promotores de crecimiento son compuestos sintéticos orgánicos, químicos o elementos inorgánicos simples, administrados en pequeñas cantidades con la finalidad de mejorar la tasa de crecimiento y conversión alimenticia (Parrado & Chamorro, 2006).

##### **2.6.1 Antibióticos**

Los antibióticos son sustancias producidas por hongos, levaduras o bacterias, son los promotores de crecimiento más utilizados en la producción animal, representando una herramienta importante para proporcionar una adecuada productividad en animales criados en condiciones intensivas (Parrado & Chamorro, 2006).

Desde hace varios años se descubrió que los antibióticos mejoran el crecimiento de lechones alimentados con raciones a base de ingredientes proteicos de origen



vegetal. El comportamiento de los animales a estos antibióticos es variado, los incrementos de la ganancia de peso diario son más notables al inicio del período de crecimiento rápido pero luego tiende a disminuir, el uso de antibióticos ha contribuido a aumentar la producción de carne, no obstante hay dudas sobre la conveniencia de continuar usándolos ante la eventual contingencia de producir problemas de resistencias en los procesos inmunológicos de los animales y humanos (Barreto, 2005).

### **2.6.2 Probióticos**

Según Quinteros, (2005). Probióticos son bacterias residentes que forman colonias en el tracto gastrointestinal y en la boca. Estas bacterias “amistosas” como el *Lactobacilos acidophilus*, *Lactobacilos bulgaris*, *Bifidobacterias bífido*, *Bifidobacterias infantiles*

Los probióticos son considerados “alimentos funcionales”, en otras palabras, alimentos enriquecidos que no solo aportan a quien los ingiere beneficios meramente nutricionales sino también otros que los permiten mejorar su salud. Así los probióticos, además de nutrir a quien los consume, colonizan el intestino modificando positivamente la flora intestinal y mejorando el funcionamiento del sistema inmune y, por tanto, la salud global del organismo. Estos microorganismos ingeridos a través de probióticos logran llegar vivos al intestino delgado donde interaccionan con la bacterias de la microflora endógena. Además colonizan el intestino grueso y estabilizan la flora intestinal al adherirse a la mucosa del intestino para impedir la actividad de los microorganismos dañinos. Por tanto, estas bacterias ácido lácticas tienen también propiedades inmunomoduladoras en la medida que estimulan la producción de anticuerpos y refuerzan el sistema inmune (Castro, & et al., 2010).

### **2.6.3 Minerales**

Algunos minerales se han empleado como promotores del crecimiento. En un estudio realizado por Masuda, & et al., (2001) se plantea que la excesiva cantidad de Cu y Zn en la dieta no es necesaria en el crecimiento de los cerdos. Además sugiere que el empleo de la fitasa de la dieta mejora la utilización del Zn.

Li, & et al., (2001) obtuvieron un cambio en la morfología del epitelio del intestino delgado, lo que afecta la digestibilidad y la absorción en lechones recién destetados, suplementado con óxido de zinc en la dieta, Mavromichalis, & et al., (2001) usaron como promotor de crecimiento el óxido de Zn (ZnO), en la dieta de cerdos jóvenes, a niveles farmacológicos y obtuvieron que el Zn es un buen promotor del crecimiento en cerdos recién destetados, alimentados con dietas que contengan o no antibióticos.

### **2.6.3.1 Cobre**

El cobre es necesario para el buen funcionamiento de la central nerviosa, los sistemas inmunes y cardiovasculares, así como para la pigmentación de la piel. Aunque el requisito mínimo es sólo el 5-10 ppm, los niveles más altos estimulan el crecimiento. El sulfato de cobre, y Cu, en particular, por lo tanto, se ha añadido a las dietas de cerdos como un promotor de crecimiento (Close, 2007).

El cobre es necesario para la síntesis de hemoglobina y para la activación de varias enzimas oxidativas necesarias para el metabolismo normal (Carlson & Boren, 2014).

### **2.6.3.2 Suplementación farmacológica de Cobre en cerdas gestantes y lactantes**

La continua alimentación con altos niveles de cobre en cerdas durante seis ciclos consecutivos de gestación-lactancia mostro que no hubo efectos negativos en el desempeño reproductivo, a pesar de que hubo un incremento de las concentraciones de cobre en el hígado y riñones (Cromwell, & et al., 1993).

De hecho, los pesos de los lechones al nacimiento y destete fueron mejores en cerdas de madre alimentadas con altos niveles de cobre, también se observó una mejora en ganancia de peso durante la etapa de lactancia (Lillie & Frobish, 1978).

El mecanismo a través del cual se pueden observar efectos benéficos del cobre son aún desconocidos. La estimulación del crecimiento por acción de una dieta con cobre fue atribuida a sus acciones antimicrobiales (Fuller, & et al., 1960).

### **2.6.3.3 Suplementación Farmacológica de Zinc**

El zinc es un componente de muchas funciones metabólicas y juega un papel vital en la secreción de hormonas, especialmente las relacionadas con el crecimiento, la reproducción, la inmunocompetencia y el estrés. Está implicado en el proceso de generación de queratina y colágeno en la piel y la síntesis de ácido nucleico (Close, 2007).

Zinc (Zn) se requiere para el desarrollo del tejido epidérmico normal y la función apropiada de varias enzimas metabólicas (Carlson & Boren, 2014).

La importancia biológica del zinc radica en que es un cofactor necesario para varios cientos de enzimas (Vallee & Falchuk, 1993).

### **2.6.3.4 Zinc en lechones**

El zinc es el oligoelemento que participa más que cualquier otro micro-minerales en la nutrición de los cerdos recién destetados. De hecho, el zinc es un nutriente mineral esencial para la salud y el crecimiento de los lechones jóvenes y es reconocido como tal en la Unión Europea (UE) y se permite hasta 150 ppm en la dieta de alimentos para cerdos. Al zinc a veces se lo ha llamado un "promotor del crecimiento" por algunos autores, pero en un informe de 2003 por la Comisión Europea, los niveles de inclusión de zinc hasta 250 ppm no mostraron diferencias significativas en el rendimiento. Las únicas situaciones en las que se han observado mejores resultados de crecimiento con zinc fueron en lechones después del destete (Burch, 2014).

### **2.6.3.5 Uso Terapéutico del óxido de zinc**

La utilización terapéutica de óxido de zinc (2500 ppm de zinc; 3100 ppm de óxido de cinc) para la prevención de la diarrea post-destete, asociada con las infecciones por *Escherichia coli*. La prevención de la diarrea post-destete puede mejorar en los

lechones dramáticamente el crecimiento y la eficiencia de conversión alimenticia (Burch, 2014).

Esta es un área de gran debate en este momento, ya que algunos estados miembros de la UE permiten su uso y algunos no lo hacen, ya que están preocupados por la contaminación ambiental y la acumulación a largo plazo de zinc en el suelo (Burch, 2014).

### 2.6.3.6 Cobre y Zinc

En general, Cu y Zn en dietas para cerdos son muy superiores a los requisitos mínimos de funcionamiento normal (es decir: 5-25 ppm Cu y Zn 50-125 ppm para las distintas clases de cerdos). Esto se debe a que los minerales mencionados actúan como promotores del crecimiento cuando se incluye en niveles mucho más altos que los requisitos mínimos. En Canadá, la Ley federal Feeds limita el nivel máximo de Cu y Zn en la dieta de 125 ppm y 500 ppm, respectivamente, pero en los EE.UU., niveles mucho más altos son comunes. En algunos países, como los Países Bajos, los niveles de crecimiento de Cu y Zn ya no se permiten en las dietas de cerdos de acabado debido al impacto en el medio ambiente (Simpson, 2009).

Las dosis recomendadas de cobre y zinc para las dietas de cerdos en sus diferentes etapas fisiológicas se detallan en la tabla 4 y tabla 5.

**Tabla 4**

#### **Dosis recomendadas cobre y zinc, para cerdos en crecimiento.**

<b>Peso corporal (kg)</b>	<b>Cobre (mg)</b>	<b>Zinc (mg)</b>
3-5	1.5	25
5-10	3	50
10-20	5	80
20-50	7.42	111.3
50-80	9.01	129.75
80-120	9.23	153.75

**Fuente:** N.R.C<sup>5</sup>. 1998

<sup>5</sup> National Research Council Minerals.

**Tabla 5****Dosis recomendadas cobre y zinc, para cerdas gestantes y lactantes.**

	<b>Gestantes</b>	<b>Lactantes</b>
<b>Cobre (mg)</b>	9.3	26.3
<b>Zinc (mg)</b>	93	263

**Fuente:** (N.R.C., 1998)

## 2.7 Mecanismos de Acción de los Minerales

El mecanismo por el que los altos niveles de cobre y zinc mejoran la tasa de crecimiento en cerdos todavía no está claro. Ambos tienen algunas propiedades antibacterianas, lo que puede explicar el efecto promotor del crecimiento, pero el aumento de las tasas de crecimiento cuando las dietas son complementadas con zinc, en el período post-destete ha demostrado ser más efectiva cuando se los administra en forma de óxido (Hahn & Baker, 1993).

### 2.7.1 Metabolismo del cobre

El cobre se absorbe en el intestino delgado superior. Su absorción como la de todos los elementos es difícil de medir y consecuentemente existe alta variabilidad en los resultados publicados. La absorción de cobre se ve afectada por el estado fisiológico del animal, el nivel de cobre en la dieta (Jenkins & Hidioglou, 1989).

Lønnerdal, & et al., (1985) informan que la absorción de cobre es mayor en los recién nacidos que en los adultos.

Se ha demostrado que la bilis es la principal vía para la excreción de cobre en muchas especies de animales Aoyagi & Baker, (1993) Las heces son, por tanto, la principal vía de excreción de cobre, la excreción urinaria que representa sólo pequeñas pérdidas a través de riñones.

### 2.7.2 Metabolismo del zinc

El zinc disponible para el cerdo depende del contenido del mismo en la ración y de la composición de la misma, pero también del porcentaje absorbido por el aparato digestivo y de la cantidad excretada (Quiles, 2005).

El zinc se absorbe en función de las necesidades del organismo mediante un sistema de transporte activo, siendo la zona del yeyuno, la de mayor absorción y en menor medida la del duodeno e intestino grueso (Quiles, 2005).

Respecto al transporte, el zinc es transportado por el torrente sanguíneo unido mayoritariamente a la albúmina plasmática (65%). Otra parte del zinc se transporta en forma de  $\alpha_2$ -macroglobulina y en forma de restos de metalotioneína. La mayor parte del zinc que circula por las vías sanguíneas (80%) se encuentra localizado en los hematíes (1 mg de Zn/106 hematíes), del cual el 85% se encuentra en forma de anhidrasa carbónica y un 5% en forma de cobre-zinc superóxido dismutasa. Por otra parte, la capacidad para almacenar zinc en los tejidos, por parte de los cerdos, es escasa. En situaciones de déficit se puede movilizar zinc acumulado en los huesos, páncreas e hígado, que son los mayores depósitos de este oligoelemento. Finalmente, el zinc se elimina fundamentalmente a través de las secreciones pancreáticas y las heces, y en mucha menor medida por la orina, esperma o descamación de la piel. Se ha observado que el aporte de aminoácidos en la dieta como histidina, cistina, metionina, triptófano y lisina aumentan la eliminación urinaria del zinc (Quiles, 2005).

### 2.7.3 Interacciones entre el cobre y zinc

En monogástricos, existe una interacción antagonista entre el cobre y elementos como zinc y hierro. Una dieta alta en zinc induce la deficiencia de cobre y viceversa ya que ambos elementos compiten por absorción (Davis & Mertz, 1987).

En cerdos, los altos niveles de cobre en la dieta disminuyeron el almacenamiento de hierro en el hígado, esto podría conducir a una anemia en ausencia de hierro (Bradley, & et al., 1983).

## **2.8 Problemas comunes por falta de Zinc y Cobre**

Una deficiencia de cobre conduce a una mala movilización de hierro, la formación anormal de sangre, mala queratinización, y la mala síntesis de colágeno, elastina y la mielina. Signos de deficiencia de cobre incluyen arqueamiento de las piernas, fracturas espontáneas, falta de apetito, reducción del crecimiento, trastornos cardíacos y vasculares, y despigmentación (Carlson & Boren, 2014).

Una deficiencia de zinc en los cerdos se caracteriza por una pérdida de apetito, menor tasa de crecimiento y la eficiencia de la alimentación y el desarrollo sexual alterada, y a menudo se acompaña de una condición de la piel llamada paraqueratosis. La tasa de crecimiento y la eficiencia alimenticia por lo general se ven afectados mucho antes de que aparezca paraqueratosis. Elevado nivel de calcio en la dieta aumentan el requerimiento de Zn. El exceso de calcio reduce la absorción de zinc y puede acelerar su eliminación de los tejidos (Carlson & Boren, 2014).

## **2.9 Impacto Ambiental**

Las cantidades máximas aceptadas de cobre, utilizadas como aditivo en la alimentación porcina, son de 150ppm hasta 200ppm. Prácticamente la totalidad del cobre ingerido es eliminado. Simultáneamente los cultivos pueden extraer entre 15 y 50 g, de Cu por ha y por año lo que acarrea una acumulación de cobre en la capa arable de los suelos, debido a su escasa movilidad. Por otro lado, algunos investigadores estiman que el 50% del cobre aportado se presenta bajo formas solubles y por lo tanto, esta fracción, es asimilada por los cultivos. Dado que el suelo normalmente contiene entre 5- 15 ppm y que a partir de 50 ppm este elemento comienza a ser toxico es fácilmente comprensible que el aporte de residuos de ganado porcino, realizados como vertido y no como reciclado, pueda provocar graves daños a los suelos. Debido a esto actualmente tiende a suprimirse este aditivo y se espera que en los próximos años, por mejora genética o utilización de otros aditivos, el uso de cobre en cantidades altas tienda a ser excluido como promotor de crecimiento (Rodriguez, 2010).

El zinc es un metal relativamente insoluble, por lo que la difusión de estiércol que contenga óxido de zinc podría acumularse en el suelo. Algunos podrían funcionar fuera aparentemente, especialmente en suelos arenosos, ácidos, ya que aumenta la solubilidad de zinc. Un informe de la EFSA<sup>6</sup> (2012) describe que "en relación con el medio terrestre como la concentración prevista (PEC<sup>7</sup>) en el suelo, simularon en un período de 50 años de estiércol, no superó las concentraciones sin efecto (PNEC<sup>8</sup>) para las especies terrestres en cualquier escenario modelo desarrollado '. Esto no se aplica a los suelos arenosos y ácidos y el compartimiento de agua donde PNEC podrían ser superados en diez años (Burch, 2014).

Sin embargo, sólo el uso de zinc a 2.500 ppm en el período post-destete, sorprendentemente, puede aumentar la producción de zinc para un criador / unidad de acabado en un 70%, por lo que la consideración de la eliminación del estiércol debe ser realizada. Es interesante sin embargo que en Dinamarca se encontró que el contenido de zinc de estiércol de cerdo no superó los niveles encontrados en los desechos humanos, por lo que se les permitió usarlo (Burch, 2014).

## **2.10 Digestibilidad**

El proceso digestivo es un conjunto de fenómenos cuyo objetivo es proporcionar nutrimentos al animal, y está compuesto por el proceso de ingestión de alimento, la secreción de ácido clorhídrico y de enzimas en el tracto gastrointestinal, la hidrólisis de macromoléculas, la absorción de nutrientes y la excreción de productos de desecho. La combinación de los procesos de digestión y absorción es conocida como la digestibilidad de nutrimentos y está íntimamente relacionada con el valor nutritivo de los alimentos (Parra & Gómez, 2009).

El valor nutricional de una dieta, alimento o nutrimento para cerdos, puede ser expresado mediante el coeficiente de digestibilidad, el cual es la proporción del

---

<sup>6</sup> European Food Safety Authority

<sup>7</sup> Concentración prevista

<sup>8</sup> Concentración sin efecto



alimento que no es excretada y que se supone por tanto, ha sido absorbida. La digestibilidad de un alimento es inferior al 100%, ya que durante la digestión y absorción se producen pérdidas de nutrientes (Reis de Souza & Mariscal, 1997).

### **2.10.1 Determinación de la Digestibilidad**

A través de las colectas fecales en porcinos, se puede evaluar además de los valores energéticos, la digestibilidad de la proteína y de otros nutrientes (Pérez Rubio, 2011).

La digestibilidad puede ser evaluada mediante la utilización de varios métodos, donde el más representativo es la colección total de heces (método directo). Este método implica el registro exacto del consumo de alimento y la colección minuciosa del total de heces producidas durante la prueba de digestibilidad (Ly & Lemus, 2007).

### **2.10.2 Método de la Colecta Total**

El método de colecta se basa en comparar el total de nutrientes del alimento consumido y el total en las excretas producidas durante un periodo de tiempo (Pérez Rubio, 2011).

Es una técnica que se realiza estimando la diferencia entre lo ingerido y lo excretado en heces; la proporción digestible de un nutriente es modificado por los microorganismos del intestino grueso, por lo que se observa un cambio en el perfil de aminoácidos del contenido ileal con respecto al perfil en las heces (Parra & Gómez, 2009).

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Ubicación del Lugar de Investigación

##### 3.1.1. Ubicación Política

La investigación se llevó a cabo en la provincia de Pichincha, cantón Rumiñahui, en la parroquia San Fernando, Hda. El Prado, Proyecto de porcinos, de la Carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias IASA I de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

##### 3.1.2. Ubicación Geográfica

Altitud: 2.748 m

Latitud: 0°23'20" Sur

Longitud: 78°24'44" Oeste

##### 3.1.3. Ubicación Ecológica

Temperatura promedio: 16,35° C

Temperatura máxima: 22,06° C

Temperatura mínima: 8,08° C

Luminosidad: 12 horas luz

Precipitación anual: 1.200 mm

Humedad relativa: 63,41 %

#### 3.2. Materiales

##### 3.2.1. Materiales de Campo

- 8 Cerdas reproductoras

- Lechones
- Alimento para cerdas Gestantes “Bioalimentar”
- Alimento para cerdas Lactantes “Bioalimentar”
- Alimento para lechones “Bioalimentar Predestete”
- Alimento para lechones “Bioalimentar Destete”
- Eterol
- Hierro “Ferroin”, Anti anémico inyectable.
- Desinfectante “Vanodine”
- Óxido de zinc grado alimenticio
- Sulfato de cobre grado alimenticio
- Vitamina “Vigantol ADE”
- Pajuelas
- Gasa quirúrgica
- Oxitocina “Oxyto-Synt 10”
- Vetalgina
- Oxitetraciclina “Tramicin L.A.”
- Iodo
- Antibiótico amplio espectro “Shotapen”
- Jeringuillas de 3ml.
- Fundas de plástico
- Jeringuillas
- Caja de guantes quirúrgicos
- Caja de guantes para palpación
- Hojas de bisturí
- Algodón
- Báscula para cerdos adultos
- Equipo de cirugía menor
- Balanza de precisión
- Granulado AGITA
- Vacuna “Cerdovirac”
- Ivermectina “Lavetec 1%”

### **3.2.2 Materiales de Laboratorio**

- Alcohol
- Tubos de ensayo “microcolect” con anticoagulante

### **3.3 Métodos**

#### **3.3.1 Selección y preparación de las cerdas.**

Las cerdas para la experimentación fueron seleccionadas de acuerdo al número de partos presentados previa experimentación, siendo un máximo de 5 partos y un mínimo de 2 partos, obteniéndose un total de 8 cerdas, las cuales fueron agrupadas por parejas. Cada cerda seleccionada fue identificada de acuerdo al nombre previamente proporcionado en el proyecto Porcícola del IASA 1.

Previo a la inseminación de las cerdas se realizó un desparasitación con “Ivermectina Lavetec 1%” usando una dosis de 1ml/33kg de peso vivo por cerda para garantizar que las cerdas no tengan presencia de parásitos y una vitaminización utilizando “Vigantol ADE” a una dosis de 1ml/cerda.

#### **3.3.2 Inseminación y Verificación de Preñez**

Las cerdas fueron inseminadas manualmente, realizándose dos servicios por cerda, con un intervalo de 24 horas entre el primero y segundo servicio, se utilizó 50ml de semen por servicio por cerda, el semen se adquirió en “Alfagenetics” entre las características del mismo tenemos: concentración espermática de 500.000 espermatozoides x mm<sup>3</sup>, raza ½ york x ½ landrance.

Durante la inseminación se registró el peso y se midió la condición corporal de cada una de las cerdas utilizando como referencia el Body Condition Score. (Ver Fig. N°1) Las cerdas se consideraron preñadas si luego de 21 días del servicio no presentaban nuevamente celo.

Después del servicio las cerdas se mantuvieron en jaulas individuales, de 2.10 metros de largo y 0.80 metros de ancho.

### 3.3.3 Asignación de tratamientos de las madres

Una vez confirmado el estado de preñez de las cerdas, el día 38 de la gestación, se procedió a la asignación de los tratamientos. Las 8 cerdas gestantes fueron distribuidas en 4 bloques de acuerdo a su número de parición.

Los tratamientos experimentales para las cerdas gestantes consistieron en la suplementación de 0 y 250 ppm de cobre a través de la dieta. La fuente de cobre utilizada fue el sulfato de cobre pentahidratado ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) que contiene un 26% de cobre. La distribución de tratamientos de las madres se muestra a continuación.

Nº de Bloque	Nº de partos	
Bloque 1	2do parto	
Bloque 2	3er parto	
Bloque 3	5to parto	
Bloque 4	4to parto	

MIZEL T1	LOLA CONTROL
FELIZA CONTROL	CARLA T1
DIANA CONTROL	CLARA T1
CARO T1	JUANA CONTROL

**Figura 2. Distribución de tratamientos cerdas gestantes y lactantes**

### 3.3.4 Pesado de tratamientos para las cerdas gestantes

Las dosis de cobre que se suministraron a las cerdas durante la gestación y lactancia fueron previamente pesadas en una balanza de precisión (marca KERN modelo 770, con un sensibilidad máxima de 220g y una mínima de 0.0001g) en los laboratorios del IASA I, para la etapa de gestación se pesó 1.87gr de sulfato de cobre y fue mezclado con 18.13gr de balanceado producido en el área de balanceados de la facultad, para la etapa de lactancia se pesó 5gr de sulfato de cobre y fueron mezclados

con 15gr de balanceado producido en el IASA I, estas dosis fueron suministradas diariamente para cada una de las cerdas en tratamiento.

**Tabla 6**

**Ingredientes de balanceado producido en IASA I**

<b>Ingrediente</b>	<b>% de dieta</b>
<b>Maíz molido</b>	23
<b>Soja</b>	22.0
<b>Afrecho de trigo</b>	17.5
<b>Palmiste</b>	32.5
<b>Melaza</b>	3.75
<b>Pre mezcla</b>	
<b>Fosfato Mono cálcico</b>	0.10
<b>Promotor de crecimiento</b>	0.10
<b>Toxiban (Atrapante de toxinas)</b>	0.10
<b>Vitaminas</b>	0.10
<b>Mocokap (Antimicótico)</b>	0.07
<b>Fitasa</b>	0.07
<b>Sal común</b>	0.60
<b>Metionina</b>	0.06
<b>Lisina</b>	0.05
<b>Total</b>	100.0

**Fuente:** Modulo de Balanceados IASA I.

### 3.3.5 Gestación

Los tratamientos fueron suministrados a las cerdas desde el día 40 de la gestación hasta la finalización de la misma.

Durante el período de gestación las cerdas fueron alimentadas con balanceado “Bioalimentar Gestación”, que posee un 13% de proteína cruda, 3% de grasa y 6% de fibra cruda, la cantidad de alimento suministrado fue de 2520 g, que fue pesado diariamente en la balanza de precisión (marca BOLGO modelo BLC-3000 con una sensibilidad máxima de 3000 g y una mínima de 1g)

Aproximadamente, el día 108 de gestación, las cerdas fueron llevadas a la sala de partos y maternidad, la cual disponía de; calentadores de ambiente con una temperatura de 38° C, jaula de parto de 2.40m de largo 0.90m de ancho, en la barra inferior de la jaula poseía separaciones inclinadas, donde permanecieron hasta el día en el que los lechones fueron destetados.

En el día 76 de la gestación se procedió a una segunda vitaminización con “Vigantol ADE” a una dosis de 1ml/cerda.

### **3.3.6 Desinfección del área de maternidad.**

Previo a los partos se realizó una desinfección del área de maternidad con “Vanodine” a una dosis de 1L por cada 250 litros de agua.

### **3.3.7 Parto**

Durante los partos las cerdas fueron asistidas en la limpieza de los lechones recién nacidos, corte y desinfección de ombligos, se registró el peso, sexo, el número de neonatos y mortinatos, se colocó oxitocina “Oxyto-Sync 10” a una dosis de 2ml/cerda, para una fácil expulsión de placenta, se verificó que los lechones calostren.

El peso de los lechones al nacimiento fue tomado en una balanza (marca BOLGO modelo BLC-3000 con una sensibilidad máxima de 3000 g y una mínima de 1g).

### **3.3.8 Lactancia**

Durante la etapa de lactancia las cerdas fueron alimentadas ad libitum, el balanceado consumido fue “Bioalimentar lactancia”, que posee un 17% de proteína cruda, 5% de grasa y 4% de fibra cruda. El agua estuvo disponible durante todo el período de investigación.

Se evaluó el estatus mineral de la cerda y de la progenie a través de la determinación de cantidades de hemoglobina, hematocrito, sedimentación, plaquetas, leucocitos y eritrocitos en el plasma sanguíneo de los lechones, cuya recolección de muestras se realizó el día siguiente al parto, tomando las muestras de la vena yugular con una jeringuilla de 3cc, la sangre se depositó en los tubos “microcolect” con anticoagulante y fue transportada inmediatamente a los laboratorios “Vetelab” ubicados en Machachi.

Al segundo día del nacimiento de los lechones se procedió al suministro de hierro “Ferroin” con una dosis de 2ml/lechón, descolado, descolmillado y muesqueo. La castración se la realizó al día 14 de lactancia.

Los lechones fueron pesados en intervalos de 7 días después del nacimiento (7, 14, 21 días y al destete), para esto fueron transportados a la balanza en donde se registró su peso luego de lo cual fueron marcados para ser enviados con su madres al área de maternidad.

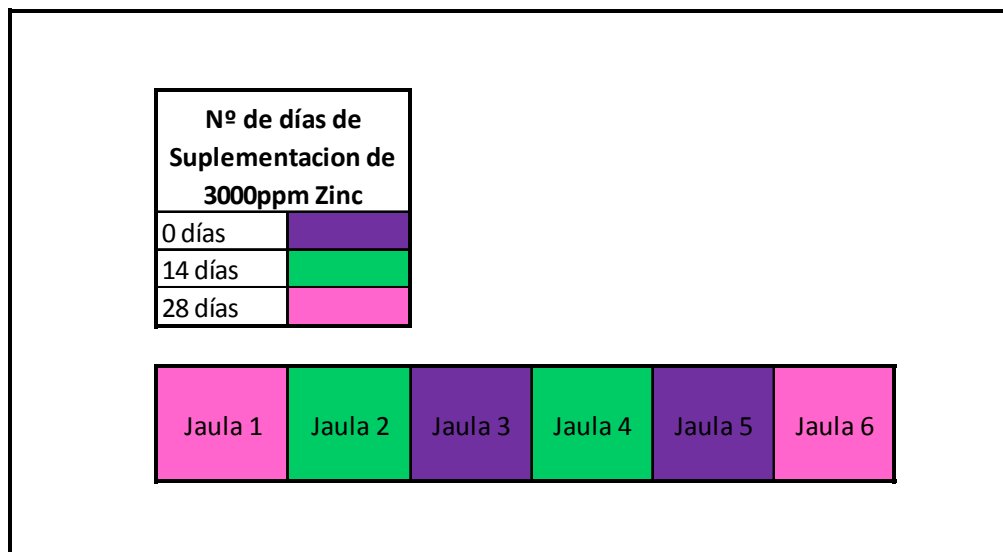
### **3.3.9 Desinfección del área de recría**

Días antes del destete de los lechones se realizó una desinfección en el área de recría utilizando “Vanodine” a una dosis de 1L por cada 250 litros de agua, para garantizar la inocuidad del lugar antes de la entrada de los lechones.

### **3.3.10 Aleatorización de los tratamientos de los lechones**

Una vez finalizado el período de lactancia se procedió a la asignación de tratamientos subsecuentes. Se formaron tres grupos por cada camada, usando como parámetro el peso de los lechones, dentro de cada tratamiento de Cu, y se procedió a la suplementación de 3000ppm de Zn, la fuente de Zn utilizada fue el óxido de zinc, durante diferentes periodos de tiempo 0, 14 y 28 días. La distribución de los tratamientos para los 28 días del período de recría se muestran en la figura N° 3





**Figura 3. Distribución de tratamientos durante el período de recría**

### 3.3.11 Pesado de los tratamientos de los lechones

Los tratamientos que se suministraron para los 28 días de la etapa de recría fueron pesados en los laboratorios del IASA I, en una balanza de precisión (marca KERN modelo 770 con una sensibilidad máxima de 220g y una mínima de 0.0001g), de acuerdo a su tratamiento se pesó: para 0 días de suplementación de zinc 15g se balanceado hecho en la Facultad, 14 y 28 días de suplementación se pesó 1gr de óxido de zinc y fue mezclado con 14g de balanceado proveniente de la planta de balanceados del IASA I. Las dosis de óxido de zinc en la dieta fueron variando de acuerdo al consumo de alimento de los lechones, llegando a un máximo de 2.5g de óxido de zinc mezclado con 12.5g d balanceado de la Facultad.

### 3.3.12 Recría

Para el período de recría los lechones se mantuvieron en jaulas individuales de 1.20m de largo y 0.80m de ancho, dispusieron de agua ad libitum, la temperatura en las jaulas fue aproximadamente de 30° C., el material que se usó para la construcción de los comederos fue la madera.

Durante el período de recría se evaluó el consumo de alimento, el cual fue pesado diariamente antes de ser suministrado y a su vez se pesó el sobrante diario, el alimento

fue pesado en una balanza (marca BOLGO modelo BLC-3000 con una sensibilidad máxima de 3000 g y una mínima de 1g).

Peso de los lechones, se registró con un intervalo de 7 días desde el destete hasta los 28 días del periodo de recría.

Eficiencia a la ganancia fue calculada con la siguiente formula, realizándose en intervalos de 7 días, (7, 14, 21 y 28 días después del destete).

$$\text{Eficiencia a la ganancia} = \frac{\text{Ganancia diaria de peso}}{\text{Consumo promedio de alimento}}$$

Ganancia diaria de peso fue calculada, con intervalos de 7 días durante los 28 primeros días de la etapa de recría, con la siguiente formula.

$$\text{Ganancia Diaria de Peso} = \frac{\text{Peso de los lechones} - \text{Peso al destete}}{\text{Número de días totales}}$$

Presencia de diarreas se registró durante toda la experimentación durante los 28 días de la etapa de recría, el registro fue diario, la escala utilizada se muestra en la siguiente tabla. (Tabla 7)

**Tabla 7**  
**Score de diarreas utilizado durante la recría.**

Score	Equivalencia
0	Heces Duras
1	Heces Blandas
2	Heces Pastosas
3	Heces Liquidas
4	Heces con sangre

**Fuente:** (Ponce, 2014)

En el día 45 de recría se procedió a la vacunación contra el cólera porcino con la vacuna “Cerdovirac”, a una dosis de 2ml/lechón, cada dosis posee una concentración de  $10^3$ D.I.<sub>50</sub> de virus vivo de cepa china lapinizada de cólera porcino.

### **3.3.13 Actividades diarias**

Se monitoreó el consumo de alimento de forma continua, anotando entrega diaria y adicionalmente se pesaron los desperdicios para obtener el consumo de alimento por animal durante el período de investigación, adicional se realizó la limpieza de comederos y espacios de los animales durante la experimentación.

### **3.3.14 Recolección de excretas**

La recolección de excretas para las cerdas gestantes se realizó durante 5 días, específicamente en los días 82-87 de la gestación, para el período de lactancia se realizó en los días 9 a 14, la recolección fue manual, se registró el peso total por día de las excretas, luego de lo cual solo el 40% fue identificado y posteriormente guardado en el refrigerador para poder ser tratado y analizado al final de la recolección.

Terminadas las recolecciones las muestras fueron descongeladas y secadas en un horno (marca Yamato, modelo DX 600) a 55° C durante 72 horas, luego de esto fueron molidas, en un molino (marca Thomas Scientific, modelo 3383-LI0 con un tamaño de la partícula de 0.841mm).

### **3.3.15 Análisis de muestras**

Las muestras de excretas de las cerdas gestantes y lactantes fueron llevadas a la Estación Experimental Santa Catalina- INIAP<sup>9</sup> en donde se analizaron, para conocer el porcentaje de cobre que se encontraba en las excretas, este análisis se realizó por medio del método MO-LSAIA-03.02. Método Ref.: U. FLORIDA 1970.

Las muestras de sangre colectadas en el día del parto fueron enviadas al laboratorio “Vetelab” en donde se realizó un hemograma para conocer el estatus de los lechones.

---

<sup>9</sup> Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias

### 3.3.16 Diseño experimental

#### 3.3.16.1 Factores a probar

En esta investigación se evaluaron dos factores, el sulfato de cobre, que fue suministrado en dosis de 0 (cero) y 250 ppm a las cerdas durante las etapas de gestación y lactancia.

Óxido de zinc, mismo que se suministró en dosis de 3000ppm en periodos de tiempo de 0 (cero), 14 y 28 días.

#### 3.3.16.2 Tratamientos

Durante la etapa de gestación y lactancia se utilizaron dos tratamientos, que consistían en la suplementación o no de cobre en las dietas. Tabla N° 8 y 9.

**Tabla 8**

**Descripción de tratamientos durante la etapa de gestación.**

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>
<b>Control</b>	Balanceado “Bioalimentar Gestación” + 20g de Balanceado producido en IASA 1
<b>Tratamiento T1</b>	Balanceado “Bioalimentar Gestación” + 1.87g de sulfato de cobre + 18.13g de balanceado producido en el área del Balanceados IASA I.

**Tabla 9****Descripción de tratamientos durante la etapa de Lactancia.**

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>
<b>Control</b>	Balanceado “Bioalimentar Lactancia” ad libitum + 20g de Balanceado producido en IASA 1
<b>Tratamiento T1</b>	Balanceado “Bioalimentar Lactancia” ad libitum + 5g de sulfato de cobre + 15g de balanceado producido en el área del Balanceados IASA I.

Durante los 28 días después de la lactancia (recría) se utilizaron tres tratamientos, que consistían en la suplementación de 3000ppm de zinc en diferentes periodos de tiempo 0, 14 y 28 días. Tabla 10.

**Tabla 10****Descripción de tratamientos durante la recría (28 días)**

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>
<b>T1</b>	Balanceado Bioalimentar + balanceado hecho en el IASA I
<b>T2</b>	Balanceado Bioalimentar + 3000ppm de Zinc+ Balanceado IASA I durante 14 días
<b>T3</b>	Balanceado Bioalimentar + 3000ppm de Zinc+ Balanceado IASA I durante 28 días

### **3.3.16.3 Tipo de diseño experimental**

Se utilizó un diseño de bloques al azar con un arreglo de tratamientos de forma factorial 2x3.

### **3.3.16.4 Análisis estadístico**

Los datos del experimento se analizaron utilizando un análisis de varianza (ANOVA) para el diseño de bloques al azar, usando el procedimiento mixto de SAS.

Las medias se consideraron estadísticamente significativas si  $Pr \leq 0.05$ .

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Parámetros Zootécnicos Registrados Durante la Gestación y Lactancia

En el cuadro 1, se muestran los parámetros zootécnicos de las cerdas, observados durante la fase de campo de la experimentación. La condición corporal de las cerdas al momento de la inseminación se encontraba dentro de las medidas normales, con un promedio de 3, los animales se hallaban en un estado casi ideal para convertirse en una cerda gestante. Durante la fase de campo se obtuvieron un total de 95 lechones nacidos de 8 madres, de los cuales 3 nacieron muertos y eran descendientes de cerdas con 0 ppm de Cu es decir un 3.15% de mortinatos. En lo que se refiere a la etapa de lactancia los lechones que no pudieron culminar con la misma fueron 3 lo que representa el 3.26% de mortalidad durante esta fase.

**CUADRO 1****Parámetros zootécnicos de las cerdas.**

<b>Ítem</b>	<b>250 ppm Cu</b>	<b>0ppm Cu</b>	<b>Error Estándar</b>	<b>Valor P<sup>2</sup></b>
<b>Peso Inseminación</b>	200	210	6.9522	0.3840
<b>C.C<sup>1</sup>. Inseminación</b>	2.8750	3.125	0.1250	0.2522
<b>N días lactancia</b>	25	27	1.4142	0.3203
<b>Peso al destete (kg)</b>	220	217.20	6.3599	0.7529
<b>Celo Postparto (días)</b>	3.75	4.25	0.4787	0.5137
<b>Promedio de Lechones</b>				
<b>Totales</b>	11	12.75	1.3957	0.2120
<b>Neonatos</b>	10.5	12	1.0206	0.2967
<b>Natimortos</b>	0	0.75	0.3385	0.2152
<b>Muertos en la lactancia</b>	0.5	0.75	0.2700	0.3910
<b>Destetados</b>	10.5	11.25	0.7569	0.5195

<sup>1</sup>CC: Condición Corporal.

<sup>2</sup> Valor-P: Nivel de significancia observada entre los tratamientos en parámetros zootécnicos.



## 4.2 Dieta Utilizada Durante las Fases de Gestación y Lactancia

**Tabla 11**

### Composición de la dieta para las etapas de gestación y lactancia

Ingrediente	Gestación	Lactancia
<b>Proteína Cruda (mín)</b>	13	17
<b>Grasa (mín)</b>	3	5
<b>Fibra Cruda (máx)</b>	6	4
<b>Cenizas (máx)</b>	7	7
<b>Humedad (máx)</b>	13	13

## 4.3 Consumo de Alimento de Gestación y Lactancia, gr

El consumo de alimento registrado en las cerdas durante la etapa de gestación y lactancia se reportan en el (cuadro 2) donde se indica que la suplementación de Cu no tuvo efecto significativo en consumo de alimento ( $P = 0.6011$ ), que en las cerdas gestantes fluctuó entre los 2422.94 g. para el tratamiento con sulfato de cobre y 2443.87 g para el control. No existieron diferencias estadísticas entre las medias ( $P = 0.7191$ ), por cuanto el consumo de alimento en las cerdas lactantes fluctuó entre los 5979.14 g. para el tratamiento con 250 ppm de sulfato de cobre y 6203.23 g. para el control.

Los consumos de alimento durante las fases de gestación y lactancia no se vieron influenciados por efecto del sulfato de cobre, en lo que se refiere a lactancia existió una diferencia numérica donde las cerdas alimentadas con 250 ppm de Cu consumieron un 3.61% menos que las cerdas control. Se determinó que los consumos de alimento se encuentran entre los rangos establecidos ya que de acuerdo a Bioalimentar, (2015) las cerdas gestantes deben recibir entre 1800 y 2500 g/día. Las respuestas que se presentan en Cromwell & et al, (2014), donde los promedios de consumo diario de alimento para las cerdas gestantes control fueron de 1910 g/día y para las cerdas que recibieron 250 ppm de Cu fueron de 1900 g/día mientras que para las lactantes que se encontraban en el tratamiento control el consumo fue de 4810 g/día

y 4830 g/día para las cerdas con 250 ppm de Cu, en donde se aprecia que tampoco existieron diferencias significativas dentro de esta variable del experimento.

## CUADRO 2

### Consumo de alimento de las cerdas durante la gestación y lactancia.

Consumo etapa	250 ppm Cu	0 ppm Cu	Error Estándar	Valor $P^1$
<b>Gestación</b>	2422.94	2443087	32.474	0.6011
<b>Lactancia</b>	5979	6205.23	764.40	0.7191

<sup>1</sup> Valor- $P$ : Nivel de significancia observada entre los tratamientos durante las etapas de gestación y lactancia

#### 4.4 Peso de las madres al destete, kg

En el cuadro 1, se aprecian los pesos y la condición corporal de las cerdas al momento de la inseminación, 200 kg y un promedio de 2.87 CC para las cerdas que iban a recibir 250 ppm de Cu en el balanceado, mientras que las cerdas que iban a recibir 0 ppm de Cu tenían un peso de 210 kg y una condición corporal de 3.12; al momento del destete no hubo diferencias significativas entre los tratamientos ( $P=0.7529$ ).

Al finalizar el periodo de lactancia, las cerdas a las cuales se les proporcionó 250 ppm de Cu obtuvieron un peso promedio de 220 kg, mientras que las hembras que se encontraban bajo el tratamiento control presentaron un peso de 217.25 kg, de acuerdo a Cromwell & et al, (2014) el peso promedio obtenido al momento del destete en cerdas con 250 ppm de Cu fue de 191.1 kg mientras que las cerdas control presentaron un peso de 179.9 kg, con lo cuál se confirma que no existieron diferencias significativas en cuanto al peso de las cerdas al destete. Las respuestas encontradas en nuestra investigación guardan concordancia con las determinadas por Thacker, (1990) en donde se muestra un peso de 206 kg y 213 kg para las hembras control y para las hembras con 250 ppm de Cu respectivamente. Se puede notar que en todos los estudios antes mencionados las hembras que fueron alimentadas con la cantidad más alta de Cu son más pesadas.

Según Trolliet , (2005) las cerdas delgadas al momento del destete reaccionarán retrasando una nueva fecundación. Esto se traduce en un incremento en el número de días que transcurren entre el destete y una nueva concepción, afirma que el objetivo de un buen manejo de la alimentación durante la lactancia, debe ser llegar al momento del destete con una cerda en buenas condiciones corporales, tratando de explotar sus condiciones reproductivas al máximo, para lo cual es indispensable reducir al mínimo posible el intervalo destete – estro para lograr, rápidamente, una nueva concepción. Debido a las altas demandas de la producción láctea, las necesidades nutricionales de las cerdas son elevadas durante el periodo de lactación. El requerimiento total de energía se duplica o triplica al pasar de la gestación al pico de lactación, por lo cual las cerdas lactantes necesitan dietas con altas cantidades de nutrientes.

Las cerdas pertenecientes al tratamiento de 250 ppm de Cu, obtuvieron mayores pesos con menor consumo de balanceado, situación que se encuentra directamente relacionada con la rentabilidad de la granja.

#### **4.5 Celos Postparto**

El celo postparto de las madres con tratamiento de sulfato de cobre y las madres control se observan en el (cuadro 1) en donde no existieron diferencias significativas ( $P=0.5137$ ).

Las cerdas a las cuales se les aportó 250 ppm de Cu en el balanceado tuvieron un promedio de 3.75 días para regresar al celo, con lo que respecta a las cerdas que recibieron 0 ppm de Cu presentaron un promedio de 4.25 días de regreso al celo, existió una diferencia numérica que corresponde al 11.76% a favor de las cerdas que se encontraban bajo el tratamiento con 250 ppm de Cu, es decir que lograron presentar el celo en un período más corto de tiempo aunque este no sea significativo, según Cromwell & et al, (1993) indica que existió casi un día de diferencia entre los tratamientos a favor del Cu, con lo cual se coincide y confirma que las hembras que estuvieron bajo el tratamiento con 250 ppm de Cu entraron antes al estro.

El eje hipotálamo – hipófisis – ovario es el responsable del control del ciclo reproductivo. El anestro posdestete parece deberse a una disfunción en este eje, que se manifiesta antes y después del destete. La hormona luteinizante (LH) regula el crecimiento folicular y la ciclicidad de la ovulación, de manera que los niveles de LH y su frecuencia pulsátil al destete están inversamente relacionados con el intervalo destete-estro (Trolliet, 2005).

Tsuma et al (1995), explica que los problemas en la aparición del celo se han asociado a una secreción pulsátil reducida de LH después del destete, además se ha demostrado que la alimentación previa al destete, en las diferentes etapas de la lactancia, tiene una notable influencia sobre la secreción de LH.

Koketsu et al. (1996) observó que una restricción en el consumo de energía en cualquier semana de la lactación tiene como resultado un mayor intervalo destete – estro. Dietas que se encuentren formuladas con la suficiente cantidad de nutrientes y que cubran todas las necesidades de las cerdas en cada una de las etapas fisiológicas parece ser la respuesta para una mejor reproducción dentro de la explotación porcina.

#### **4.6 Digestibilidad del Cobre en las Cerdas Durante la Fase de Lactancia**

En el cuadro 3, se puede apreciar la digestibilidad del cobre de las cerdas lactantes, obteniendo diferencias significativas en cuanto a la concentración en las heces, la cantidad de cobre excretado y la digestibilidad con valores de:  $P=0.0059$ ,  $P=0.0237$  y  $P=0.0109$  respectivamente.

Zhang & et al (2007), mencionan que suplementando con 30 ppm de cobre procedente del sulfato de cobre en cabras, se encontró que la digestibilidad fue de 59.79% y la cantidad de cobre excretado fue de 26.70 mg diarios.

**CUADRO 3****Digestibilidad, Cantidad de Cu y concentración de cobre en las heces durante la etapa de lactancia.**

Ítem	250 ppm Cu	0 ppm Cu	Error Estándar	Valor $P^1$
<b>Concentración de Cu en heces ppm</b>	624.50	118	51.9242	0.0059
<b>Cantidad de Cu excretado(gr)</b>	1.2847	0.2672	0.1835	0.0237
<b>Digestibilidad Cu</b>	81.13	32.78	6.0434	0.0109

<sup>1</sup>Valor- $P$ : Nivel de significancia observada entre los tratamientos para digestibilidad de cobre.

#### **4.7 Peso de los lechones al nacimiento, kg (Camada, Individual)**

En el cuadro 4 se reportan los pesos de los lechones al nacimiento de las madres con tratamiento y las madres control. Se encontró que no existieron diferencias significativas en el peso total de la camada ( $P=0.8895$ ) y en el peso por animal ( $P=0.1686$ ).

Los lechones registraron un peso de 1.75 kg para el tratamiento con 250 ppm de Cu y para el tratamiento de 0 ppm de Cu un promedio de 1.45 kg, esta diferencia representó que los lechones procedentes de cerdas con cobre en la dieta fueron 17.14% más pesados. Además se obtuvo 17.96kg para las camadas de madres que fueron alimentadas con 250 ppm de Cu en el balanceado y 17.78 kg para las camadas de madres con 0 ppm de Cu, se concuerda con lo señalado por Cromwell & et al, (1993) en donde indica que los pesos individuales de los lechones al nacimiento fueron mejores con 250 ppm de Cu con un 9%.

Sin embargo al citar el trabajo de Thacker, (1990) quien manifiesta que no hubo efecto del tratamiento sobre el número de cerdos nacidos vivos o su peso al nacer con una media de 1.5 kg por lechón tanto para el control como para el Cu debido a la corta duración que se aplicaron los tratamientos antes del parto (una semana antes).

Los lechones con bajo peso al nacimiento tienen un menor índice de incremento diario de peso Buxadé y Sánchez, (2008), esto debido a que con frecuencia son lentos para adaptarse a los alimentos sólidos durante varias semanas (Murphy et al., 1997).

Los estudios indican que los lechones con un peso menor a 1 kg tienen muy pocas posibilidades de estar vivos al destete o producir un cerdo estándar, asimismo en otro trabajo se encontró que el 86% de los lechones que pesaron menos de 0,80 kg no sobreviven al destete (Beltrán , 2013).

Los lechones más grandes o pesados son más eficientes en la obtención de leche que sus compañeros de camada, es decir los lechones que fueron más pesados al nacer monopolizan los pezones ubicados en la parte anterior de la ubre (hay una variación

en la producción de leche entre pezones con grandes cantidades de leche producidas por las glándulas mamarias anteriores); también estos pueden aumentar su consumo de leche por la fuerza de masaje del pezón, demostrándose que los lechones pequeños pueden ser excluidos de la ubre por sus compañeros de camada más grandes (Canario et al, 2010).

Lechones con elevados pesos al nacimiento favorece a un elevado peso al destete además que demuestran: haber tenido un buen crecimiento muscular en la fase fetal, suelen resultar animales eficientes y eficaces en su fase productiva (Beltrán , 2013).

Al citar el trabajo de Rehfeldt & et al, (2011) en donde se explica que pesos menores a 1.20 kg son considerados como bajos y pesos mayores a 1.62 kg son considerados como altos, podemos indicar que los lechones de madres con 250 ppm de Cu obtuvieron pesos altos mientras que el tratamiento con 0 ppm de Cu lograron pesos medianos lo cuál va a repercutir en los rendimientos posteriores.

**CUADRO 4**

**Análisis de los pesos al nacimiento, durante la lactancia y al destete (kg), individual y por camada de los lechones.**

Ítem Peso	250 ppm Cu	0 ppm Cu	Error Estándar	Valor P <sup>1</sup>
<b>Nacimiento (kg)</b>				
Peso total camada	17.96	17.78	1.5556	0.8895
Peso prom. Lechón	1.7577	1.4528	0.1379	0.1686
<b>Día 1 – Día 7 (kg)</b>				
Peso total camada	30.7825	28.9220	3.3260	0.7189
Peso prom. Lechón	3.0806	2.4640	0.3243	0.2334
GDP <sup>2</sup>	0.1889	0.1428	0.2921	0.3355
<b>Día 8 – Día 14 (kg)</b>				
Pesos total camada	47.9750	49.8375	4.0699	0.7675
Peso prom lechón	4.8223	4.2590	0.4651	0.3199
GDP	0.2189	0.1996	0.0273	0.4849
<b>Día de destete (kg)</b>				
Peso total camada	76.2	83.35	7.3192	0.5297
Peso prom lechón	7.634	7.1053	0.7316	0.4679
GDP 0- destete (kg)	0.2355	0.2099	0.02487	0.1213

<sup>1</sup>Valor-P: Nivel de significancia entre tratamientos para pesos de lechones (nacimiento-destete)

<sup>2</sup> GDP: Ganancia Diaria de Peso.



#### 4.8 Componentes de la Sangre

Al analizar los componentes sanguíneos hemoglobina, hematocrito, eritrocitos, leucocitos y plaquetas (cuadro 5) de los lechones recién nacidos se pudo observar que existieron diferencias significativas para hemoglobina ( $P=0.0177$ ) y eritrocitos ( $P=0.0056$ ), en cuanto a la hemoglobina y a las plaquetas se encontraron diferencias numéricas con un porcentaje del 19.95% y 13.84% respectivamente, resultados que favorecieron al tratamiento con 250 ppm de Cu.

Mediante las pruebas de sangre realizadas se obtuvieron 9.3 g/dl de hemoglobina, 26.81% de hematocrito,  $4.8 \times 10^6$ /ul de eritrocitos,  $34.31 \times 10^4$ /mm<sup>3</sup> de plaquetas en la sangre de lechones que pertenecían a cerdas gestantes bajo el tratamiento de 250 ppm de Cu. Los lechones que recibieron 0 ppm de Cu durante la gestación alcanzaron 6.84 g/dl de hemoglobina, en lo que respecta al hematocrito presentaron 21.46%,  $3.13 \times 10^6$ /ul de eritrocitos y  $29.56 \times 10^4$ /mm<sup>3</sup> de plaquetas; con respecto a la cantidad de hematocrito y eritrocitos se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. Según Vetelab, (2014) los valores normales de referencia en cuanto a hemoglobina son de 9 -13g/dl, 26% al 35% de hematocrito, para eritrocitos de 5 a 7 \*  $10^6$ /ul y para plaquetas 20-50\* $10^4$ /mm<sup>3</sup> estableciéndose que los resultados conseguidos por el tratamiento con 250 ppm de Cu muestran relación con los parámetros de referencia ya mencionados por lo que los lechones descendientes de madres con 250 ppm de Cu no presentaron anemia; comportamiento que ratifica lo enunciado por Bikker & et al, (2011) quienes señalan que el cobre es un elemento esencial en varias enzimas implicadas en el transporte y metabolismo del hierro y la anemia es uno de los signos clínicos de la deficiencia de cobre.

**CUADRO 5****Componentes de la sangre en lechones, muestreados un día después del nacimiento.**

Ítem	250 ppm Cu	0 ppm Cu	Error Estándar	Valor <i>P</i> <sup>1</sup>
Hematocrito %	26.8167	21.4667	2.14	0.0813
Hemoglobina g/dl	9.3	6.8467	0.6494	0.0177
Eritrocitos x 10 <sup>6</sup> /ul	4.800	3.1333	0.3455	0.0056
Leucocitos 10 <sup>3</sup> /ul	8.3500	9.0333	0.4841	0.2870
Plaquetas 10 <sup>4</sup> /mm <sup>3</sup>	34.3167	29.5667	3.5850	0.3152

<sup>1</sup>Valor-*P*: Nivel de significancia entre tratamientos para componentes de sangre.

#### **4.9 Peso de los Lechones Durante la Lactancia, kg (Individual/Camada)**

En el cuadro 4, se aprecia que los lechones provenientes de las madres que recibieron el tratamiento con sulfato de cobre y los lechones provenientes de las madres control no muestran diferencias significativas en ninguno de los intervalos de tiempo en los que fueron tomados los pesos.

Se encontraron diferencias numéricas en lo que se refiere al peso individual del lechón en cada uno de los periodos de tiempo que fueron tomados los pesos: día 1 – día 7: 20.12%, día 8 – día 14: 11.82%, día del destete: 6.94% estos datos afirmaron que los lechones más pesados fueron descendientes de madres con 250 ppm de Cu.

#### **4.10 Ganancia Diaria de Peso Durante la Lactancia, kg (Animal)**

En el cuadro 4, se explica la ganancia diaria de peso durante toda la lactancia en donde no se encontraron diferencias significativas: día 1- día 7 ( $P=0.3355$ ), día 8 – día 14 ( $P=0.4849$ ), día 15 al día del destete ( $P=0.1213$ ).

Sin embargo, se observó ganancias de peso superiores: 22.22%, 9.52% y 13.04% para los períodos de d1 al 7, d8 al 14, d15 al destete, respectivamente; para los lechones de madres que recibieron 250 ppm de cobre. La ganancia diaria de peso en la fase de los 8 -14 días obtuvo un promedio de 0.2189 kg para lechones de madres con 250 ppm de Cu y 0.1996 kg para 0 ppm de Cu, resultados que concuerdan con el trabajo de Kitchen y Pérez, (2003), donde se menciona que el promedio de ganancia de peso se encuentra entre 117 y 121 gramos para lechones medianos y pesados respectivamente.

El comportamiento de la ganancia diaria de peso desde el día 1 al día de destete fue favorable para los lechones de madres que recibieron 250 ppm de cobre, con un promedio de 0.2355 kg; mientras que los lechones descendientes de madres con 0 ppm de Cu presentaron una media de 0.2099 kg durante todo el periodo de lactancia, no existieron diferencias significativas entre los tratamientos.

#### **4.11 Peso de los Lechones al Destete, kg (Individual/Camada)**

En el cuadro 4 se muestran las medias de los pesos individuales y por camada al momento del destete.

La media más alta adquirida por las camadas es de 83.35kg esta cifra pertenece a las madres con 0 ppm de Cu, 7.62kg representó el peso promedio más alto por cada animal al día del destete con madres de 250 ppm de Cu aunque numéricamente existió una variación a favor de estos lechones, no existieron diferencias significativas, según Thacker, (1990) señala que los pesos al destete tuvieron un promedio de 6.2kg para los dos tratamientos (0 y 250 ppm de Cu) además la composición de la leche no fue alterada, no hubo ningún efecto significativo en lo que se refiere a porcentaje de grasa, proteína, lactosa y sólidos totales, también menciona que el aumento de la tasa de supervivencia de los lechones es poco probable que sea observado en este estudio debido a los resultados obtenidos en la composición de la leche.

#### **4.12 Número de Lechones Destetados**

Las respuestas que se reportan en el (cuadro 1) pertenecen a la evaluación del efecto del sulfato de cobre (0 y 250 ppm de Cu) en la dieta de cerdas lactantes sobre el número de lechones destetados en donde se encontró que no existieron diferencias significativas ( $P=0.5195$ ).

La mayor cantidad de lechones destetados fueron hijos de las cerdas a las cuáles se les administró 0 ppm de Cu con una cifra de 11.25 mientras que la madres con 250 ppm de Cu lograron destetar 10.5, pero si existió una diferencia numérica de 6.6% que favoreció a las madres con 0 ppm de Cu.

Por el contrario el trabajo de Cromwell & et al, (1993) señala que el mayor número de lechones destetados fue para las madres con 250 ppm de Cu con una media de 8.10 mientras que las madres que tuvieron 0 ppm de Cu durante la gestación alcanzaron un promedio de lechones destetados de 8.01, por lo que puede mostrar que las diferencias entre estudios pueden estar supeditadas a los diferentes tipos de manejo, sistemas de

alimentación y el historial que posea la cerda reproductora (número de lechones en partos anteriores).

#### 4.13 Dieta Utilizada en los Lechones de Recría (Predestete y Destete)

**Tabla 12**

##### **Composición de la dieta utilizada en los lechones de recría**

<b>Ingrediente</b>	<b>Pre-destete</b>	<b>Destete</b>
<b>Lactosa (mín)</b>	15	8
<b>Lisina Total (mín)</b>	1,6	1,5
<b>Proteína Cruda (mín)</b>	20	19
<b>Grasa (mín)</b>	5	4
<b>Fibra Cruda (máx)</b>	4	3
<b>Cenizas (máx)</b>	7	6
<b>Humedad (máx)</b>	10	10

#### 4.14 Ganancia Diaria de Peso en los Lechones de Recría, gr

Los pesos de los lechones se vieron influenciados por el efecto del cobre durante la gestación como se puede observar en el cuadro 6. Los cuadros 6, 7 y 8 muestran que existieron diferencias significativas entre lechones que fueron descendientes de madres con 0 ppm de Cu y 250 ppm de Cu, la media más alta obtenida para la etapa de 0-7 días fue de 184.42 g de los lechones de madres con 0 ppm de Cu ( $P=0,0215$ ), de 8-14 días el mejor promedio fue de 227.17 g esta media fue obtenida por los animales que fueron crías de madres con 250 ppm de Cu ( $P=0,0016$ ), 550.11g representó la media más alta obtenida por los lechones de madres de 0 ppm de Cu en el período de 22-28 días ( $P=0,001$ ); refiriéndonos a la etapa de 15-21 días no se encontró una diferencia significativa para los tratamientos ( $P=0.0821$ ). En cuanto a las interacciones no se encontraron diferencias significativas ( $P=0.972$ ).

En el trabajo de Hojberg & et al, (2005), explican que la ganancia de peso era numéricamente mayor para los lechones que recibieron altas cantidades de óxido de zinc en la dieta 169 gramos frente a 156 gramos, sin embargo no obtuvieron ninguna

diferencia significativa, adicionalmente indican que la enmienda con sulfato de cobre afecta negativamente sobre el rendimiento del animal.

En nuestro estudio dentro de los 4 periodos de tiempo en los cuales se tomaron los pesos de los lechones solamente uno fue favorable a los lechones de madres con 250 ppm de Cu durante la lactancia mientras que los lechones de madres con 0 ppm de Cu obtuvieron promedios más altos.

La incidencia de diarreas de nuestro experimento obtuvo un porcentaje bajo. Podemos afirmarlo ya que las diarreas fueron medidas con una escala, en donde: 0=heces duras, 1=heces blandas, 2=heces pastosas, 3=heces líquidas, 4=heces con sangre; alcanzando resultados que se situaron entre 0 y 1, por lo que esta variable no afectó al rendimiento de los lechones destetados. Se debe tener muy en cuenta la desinfección de galpones y todo lo que se refiere a normas de bioseguridad antes de colocar animales que pasen de una etapa a otra, sobre todo si son lechones recién destetados; esto puede hacer la diferencia al momento del rendimiento del animal.

#### **4.15 Consumo de Alimento de los Lechones en Recría, gr**

En el cuadro 6, 7 y 9 se registran los consumos de alimento de los lechones en donde existieron diferencias significativas en los siguientes períodos: 8 – 14 días 356.38g (P=0.0096), 15 – 21 días 497.62g (P=0.0006) y de 22 – 28 días 709.26 g (P<0.0001) estos lechones pertenecían a las madres a las cuales se les administró el tratamiento con 0 ppm de Cu, en cuanto a las madres que fueron alimentadas con 250 ppm de Cu se tuvieron los siguientes resultados: de 8 – 14 días 339.38g, 15 – 21 días 545.38g y de 22 – 28 días 721.03g, en lo que se refiere a la primera etapa (8-14 días) los lechones que consumieron una mayor cantidad de alimento fueron descendientes de las madres con 0 ppm de cobre pero en las siguientes etapas se demostró que los animales con las medias más alta fueron camadas de las cerdas bajo el tratamiento de 250 ppm de Cu; no existieron diferencias significativas en lo que se refiere a la interacción de cobre y zinc en ninguna de las etapas en las cuáles se les proporcionó el alimento (P=0.8322).

Según Hojberg & et al, (2005), el consumo de alimento tuvo el mismo comportamiento que la ganancia de peso con valores de 3.90 kg y de 3.59 kg, el dato más alto perteneció a los lechones con altas dosis de óxido de zinc y también se observó una diferencia numérica pero ninguna diferencia estadística, se puede coincidir con nuestro estudio debido a que obtuvimos un consumo de 472.34 gramos en lechones de 28 días de tratamiento y 3000 ppm de Zn.

#### **4.16 EG (Eficiencia de la Ganancia) de los Lechones en Recría**

La eficiencia de la ganancia registró diferencias estadísticas en todas las etapas: 0-7, 8-14, 15-21, 22-28 días como se indica en los cuadros (6, 7 y 8) tiempo en el cuál se les administró el zinc. En el primer período que corresponde 0-7 días la media más alta fue de 0.64 (P= 0.0038) la misma que corresponde a los lechones que estuvieron expuestos al cobre con una cantidad de 0 ppm durante la fase de gestación, de 8-14 días el promedio más alto fue de 0.64 (P= 0.0007) y recayó sobre los animales que fueron hijos de cerdas a las cuales se les proporcionó 250 ppm de Cu, de 15-21 días se obtuvo un resultado de 0.97 (P=0.0105) que corresponde a los lechones de madres con 0 ppm de Cu, mientras que de 22-28 días el promedio fue de 0.76 (P=0.0015) que fue alcanzado por los lechones de madres con 250 ppm de Cu. Las conversiones alimenticias no presentaron diferencias significativas en cuanto al efecto individual del zinc. No se encuentran estudios realizados en cuanto a esta variable.

**CUADRO 6**

**Promedios del consumo de alimento, ganancia diaria de peso y eficiencia de la ganancia de lechones descendientes de cerdas que recibieron los tratamientos (0 y 250 ppm de Cu).**

Ítem	250 ppm Cu	0 ppm Cu	Error Estándar	Valor <i>P</i> <sup>t</sup>
<b>Consumo de alimento promedio (g)/lechón (días)</b>				
<b>0-7</b>	287,7	300,52	16,0789	0,0796
<b>8-14</b>	356,38	339,38	34,3139	0,0096
<b>15-21</b>	497,62	545,38	38,9758	0,0006
<b>22-28</b>	709,26	721,03	15,161	<0,0001
<b>0-28 Total</b>	<b>460,73</b>	<b>477,11</b>	<b>17,742</b>	<b>0,0021</b>
<b>GDP<sup>2</sup> promedio (g)/ lechón (días) g.</b>				
<b>0-7</b>	184,42	132,78	46,0322	0,0215
<b>8-14</b>	184,79	227,17	44,6828	0,0016
<b>15-21</b>	492,41	439,05	21,3037	0,0821
<b>22-28</b>	432,38	550,11	102,61	0,001
<b>0-28 Total</b>	<b>320,7</b>	<b>335,53</b>	<b>12,0946</b>	<b>0,2371</b>

Continua 



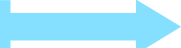
<b>Eficiencia a la ganancia promedio/lechón (días)</b>				
<b>0-7</b>	0,6484	0,4467	0,1752	0,0038
<b>8-14</b>	0,5142	0,6422	0,08198	0,0007
<b>15-21</b>	0,9763	0,8251	0,08005	0,0105
<b>22-28</b>	0,6103	0,7639	0,1458	0,0015
<b>0-28 Total</b>	<b>0,695</b>	<b>0,7089</b>	<b>0,04066</b>	<b>0,575</b>

<sup>1</sup>Valor-*P*: Nivel de significancia entre tratamientos para lechones en recría.

<sup>2</sup>GDP: Ganancia Diaria de Peso.

**CUADRO 7** Análisis de la interacción entre el cobre (0 y 250 ppm durante la gestación y lactancia) y el zinc para el consumo de alimento, ganancia diaria de peso y eficiencia de la ganancia en lechones de recría en diferentes periodos de tiempo (0, 14 y 28 días).

Ítem	250 ppm Cu			0 ppm Cu			Error Estándar	Valor <i>P</i> <sup>1</sup>
	0 días Zn	14 días Zn	28 días Zn	0 días Zn	14 días Zn	28 días Zn		
<b>Consumo de alimento</b>								
<b>promedio (g)/lechón (días)</b>								
<b>0-7</b>	301,03	298,93	301,58	294,58	276,77	291,75	17,5708	0,6391
<b>8-14</b>	332,01	340,46	345,67	361,96	352,5	354,069	34,8657	0,3392
<b>15-21</b>	545,38	545,38	548,38	481,7	505,58	505,58	40,9299	0,6698
<b>22-28</b>	721,03	721,03	721,03	710,22	708,79	708,79	15,3545	0,9648
<b>0-28 Total</b>	<b>475,39</b>	<b>476,98</b>	<b>478,94</b>	<b>455,04</b>	<b>461,44</b>	<b>465,73</b>	<b>18,4041</b>	<b>0,8322</b>
<b>GDP<sup>2</sup> promedio (g)/</b>								
<b>lechón (días) g.</b>								
<b>0-7</b>	125,3	140,61	132,44	193,67	162,04	197,75	50,7684	0,6102
<b>8-14</b>	251,32	207,44	222,75	169,08	194,18	191,12	46,3546	0,0756
<b>15-21</b>	445,92	423,27	437,96	486,43	496,94	493,88	35,9149	0,8872
<b>22-28</b>	563,64	546,5	540,17	481,07	398,34	417,73	107,38	0,7136
<b>0-28 Total</b>	<b>344,8</b>	<b>327,71</b>	<b>334,09</b>	<b>327,6</b>	<b>311,13</b>	<b>323,37</b>	<b>17,1362</b>	<b>0,972</b>

Continua 

<b>Eficiencia de la ganancia promedio/lechón (días)</b>								
<b>0-7</b>	0,4206	0,4785	0,441	0,6526	0,6143	0,6785	0,1861	0,7612
<b>8-14</b>	0,7193	0,5863	0,6211	0,4659	0,5454	0,5314	0,08875	0,0395
<b>15-21</b>	0,836	0,7953	0,844	0,9776	0,9708	0,9804	0,09885	0,9568
<b>22-28</b>	0,7834	0,7586	0,7498	0,6776	0,564	0,5894	0,1522	0,7181
<b>0-28 Total</b>	<b>0,7616</b>	<b>0,691</b>	<b>0,704</b>	<b>0,7066</b>	<b>0,6799</b>	<b>0,6984</b>	<b>0,04719</b>	<b>0,9468</b>

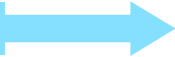
<sup>1</sup>Valor-*P*: Nivel de significancia entre tratamientos para lechones en recría.

<sup>2</sup>GDP: Ganancia Diaria de Peso.

**CUADRO 8**

**Medias del consumo de alimento, ganancia diaria de peso y eficiencia de la ganancia en lechones que recibieron Óxido de zinc durante 0, 14 y 28 días.**

Ítem	0 días (3000 ppm Zn)	14 días Zn (3000 ppm Zn)	28 días Zn (3000 ppm)	Error Estándar	Valor <i>P</i> <sup>1</sup>
<b>Consumo de alimento promedio (g)/lechón (días)</b>					
<b>0-7</b>	291,81	287,85	296,67	16,4645	0,4627
<b>8-14</b>	346,98	346,48	350,18	34,4527	0,8691
<b>15-21</b>	513,54	525,48	525,48	39,4734	0,6698
<b>22-28</b>	715,62	714,91	714,91	15,2071	0,9648
<b>0-28 Total</b>	<b>465,21</b>	<b>469,21</b>	<b>472,34</b>	<b>17,9098</b>	<b>0,4989</b>
<b>GDP<sup>2</sup> promedio (g)/ lechón (días)</b>					
<b>0-7</b>	159,48	151,32	165,1	47,2608	0,8703
<b>8-14</b>	210,2	200,81	206,93	45,1066	0,8205
<b>15-21</b>	466,17	460,1	470,92	25,3956	0,9555
<b>22-28</b>	522,36	472,42	478,95	103,76	0,4116
<b>0-28 Total</b>	<b>336,2</b>	<b>319,42</b>	<b>328,73</b>	<b>13,5323</b>	<b>0,5465</b>

Continua 

<b>Eficiencia a la ganancia promedio/lechón (días)</b>					
<b>0-7</b>	0,5366	0,5464	0,5597	0,178	0,9555
<b>8-14</b>	0,5926	0,5659	0,5763	0,08372	0,8119
<b>15-21</b>	0,9068	0,883	0,9122	0,08514	0,9099
<b>22-28</b>	0,7305	0,6613	0,6696	0,1474	0,3996
<b>0-28 Total</b>	<b>0,7191</b>	<b>0,6855</b>	<b>0,7012</b>	<b>0,04229</b>	<b>0,5438</b>

<sup>1</sup>Valor-*P*: Nivel de significancia entre tratamientos para lechones en recría.

<sup>2</sup>GDP: Ganancia Diaria de Peso.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

Al evaluar el efecto de las dosis de cobre (0 y 250 ppm) en las etapas de gestación y lactancia se determinó que existen diferencias numéricas en algunos parámetros zootécnicos.

La variable que más podemos destacar es la composición de la sangre, al encontrar que los lechones procedentes de madres que recibieron en su dieta 250 ppm de cobre presentaron valores que se encuentran dentro de los parámetros normales los mismos que indican ausencia de anemia (hemoglobina 9.3g/dl, hematocrito 26.81%), además existieron diferencias significativas con respecto al tratamiento 0 ppm de cobre.

El uso de altas dosis de cobre en la dieta no mostró tener efectos negativos en los parámetros reproductivos de las cerdas, en cuanto a los días de regreso al celo post-destete las hembras que presentaron esta condición en un periodo más corto de tiempo fueron las cerdas en cuyo alimento se adicionó 250 ppm de Cu, con un porcentaje de 11.76% lo que representa una diferencia numérica.

La ganancia diaria de peso durante la lactancia, se vio afectada por el peso al nacimiento confirmando una vez más que los lechones que tenga altos pesos van a desarrollarse de una mejor manera a lo largo de su vida productiva, los lechones que representan los mejores pesos dentro de experimento pertenecen a madres con 250 ppm de cobre.

El suministro de 3000 ppm de Zinc en los lechones de recría sobre el consumo de alimento fue mayor para el tratamiento de 28 días con un consumo de 472.34 gramos, no existieron incidencias de diarreas por lo cual los lechones no sufrieron deshidratación y no se presentaron grandes pérdidas de peso.

El mayor valor en cuanto a la eficiencia de la ganancia (0.97) la obtuvieron los lechones provenientes de madres con 250 ppm de cobre en la etapa de 15 a 21 días en la recría, este parámetro puede estar influenciado por diferentes factores en este caso puede ser la formulación de la dieta que recibieron la madres en la etapa de lactancia y por ende los lechones recibieron estos beneficios, además que la eficiencia de la ganancia repercute directamente sobre la competitividad de la granja.

## 5.2 Recomendaciones

Se establecen las siguientes recomendaciones:

Se recomienda la suplementación de cobre en una dosis de 250 mg/kg de balanceado en la dieta de la cerda durante las etapas de gestación y lactancia para mejorar parámetros reproductivos.

Se recomienda realizar estudios de los posibles daños ambientales que pueden provocar la excreción de sulfato de cobre y óxido de zinc a fin de aplicar un uso moderado y amigable con el ambiente.

Se debe realizar experimentaciones para conocer los beneficios que pueden tener fuentes de cobre como: complejo de cobre-lisina, carbonato de cobre, proteinato de cobre sobre parámetros zootécnicos en las diferentes etapas productivas del cerdo.

No se recomienda el uso de óxido de zinc durante los 28 primeros días en la etapa de recría, ya que este estudio no mostró diferencias entre los tratamientos utilizados.



### 5.3 Bibliografía

- AACP. (14 de Mayo de 2007). *Sitio Argentino de Produccion Animal*. Obtenido de Sitio Argentino de Produccion Animal: [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_porcina/00-razas\\_porcinas/45-razas\\_porcinas.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_porcina/00-razas_porcinas/45-razas_porcinas.pdf)
- Acosta, A. (1981). *Practicas de manejo de las cerdas lactantes*. Quito: TecnilibroCia. Ltda.
- Aherne, F. (1999). *Manitoba Agriculture and Food*. Obtenido de Manitoba Agriculture and Food: [gov.mb.ca/agriculture/livestock/pork//swine/bab10s05.html](http://gov.mb.ca/agriculture/livestock/pork//swine/bab10s05.html)
- Aherne, F. X., & Kirkwood, N. R. (1985). Nutrition and Sow prolificacy. *Journal Report Fertile Suppl*, 33169.
- Álvarez, P. (2004). *Los probióticos como complemento alimentario. Efecto de la actividad probiótica de Lactobacillus*. Mexico.
- Aoyagi, S., & Baker, D. (1993). Bioavailability of copper in analytical-grade and feedgrade inorganic copper sources when fed to provide copper at levels below the chicks requirement. *Poultry Science*, 71: 1075-1083.
- ASPE. (2012). El cerdo en el Ecuador. *Porciandina*. Guayaquil: Porciandina.
- Ballina, A., & Bencomo, G. (9 de Marzo de 2010). *Pesacentroamerica.org*. Recuperado el 7 de Febrero de 2015, de *Pesacentroamerica.org*: <http://pesacentroamerica.org/biblioteca/cb-2%5B1%5D.pdf>
- Barreto de Escobar, L. (8 de Enero de 2005). *Universidad Nacional Abierta a Distancia*. Obtenido de Universidad Nacional Abierta a Distancia: <http://datateca.unad.edu.co/contenidos/201111/EXE%20NUTRIANIMAL%20MODULO/index.html>
- Barrie, E. (13 de Noviembre de 2013). *Ontario MINISTRY OF AGRICULTURE, FOOD AND RURAL AFFAIRS*. Obtenido de Ontario MINISTRY OF AGRICULTURE, FOOD AND RURAL AFFAIRS: [http://www.omafra.gov.on.ca/english/livestock/swine/facts/info\\_n\\_creep.htm](http://www.omafra.gov.on.ca/english/livestock/swine/facts/info_n_creep.htm)
- Bradley, B., Graber, G., Condon, R., & Frobish, L. (1983). Effects of graded levels of dietary copper on copper and iron concentrations in swine tissues. *Journal Animal Science*, 56: 625-630.
- Buxadé, C., & Daza, A. (2001). *Porcino Iberico: Aspectos claves*. Madrid, España: MundiPrensa.

- Carlson, M. S., & Boren, C. A. (10 de Febrero de 2014). *University of Missouri Extension*. Obtenido de University of Missouri Extension: <http://extension.missouri.edu/p/G2322>
- Carrero , H., Espinosa C, & Cataño, G. (28 de Enero de 2005). *Monografias.com*. Obtenido de Monografias.com: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf2/manual-produccionporcicola/manual-produccion-porcicola.pdf>
- Carrero, H. (25 de Mayo de 2005). *Monografias*. Obtenido de Monografias: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf2/manual-produccion-porcicola/manualproduccion-porcicola.pdf>
- Castillo, L. (1984). *Principales razas porcinas y cruzamientos*. Quito: INIAP.
- Castro, A., Santana, J., & Santana, L. (2010). *Efecto de la Utilizacion de diferentes nivele de probiotico en la dieta alimenticia de cerdos durante la fase de crecimiento y acabado*. Manabi.
- Cintora, I. (25 de Mayo de 2006). *Engormix*. Recuperado el 28 de Enero de 2015, de Engormix: <http://www.engormix.com/MAporcicultura/genetica/articulos/reproduccion-porcina-t228/103-p0.htm>
- Collins, M., & Gibson, G. (2004). Probiotics, prebiotics and symbiotics: approaches for modularty the microbial ecology of the gut. *Am. J Clin Nutr*, 69-75.
- Cromwell, G L; Monegue, H J; Stahly , T S. (1993). Long-term effects of feeding a high copper diet to sows during gestation and lactation. *Journal Animal Science*, 2996-3002.
- Davis, G., & Mertz, W. (1987). *Trace elements in human and animal nutrition: Copper*. Beltsville, Maryland: W. Merts Beltsville Human Nutrition Center.
- FAO. (2013). *Food and Agriculture Organization of the United Nations- Departamento de Agricultura*. Obtenido de Food and Agriculture Organization of the United Nations- Departamento de Agricultura: <http://www.fao.org/docrep/v5290s/v5290s23.htm>
- Flores Mengual, M., & Rodríguez Ventura, M. (2010). *Nutrición Animal -Porcinos*. Las Palmas.
- Frutos Benitez, O. (16 de Noviembre de 2011). *Engormix*. Obtenido de Engormix: <http://www.engormix.com/MA-equinos/manejo/articulos/analisis-lactancia-t3326/124-p0.htm>
- Fuller, L., Newland, G., Briggs, C., Braude, R., & Mitchell , K. (1960). The effect of dietary supplemnts of penicilin, chlortetracycline or copper on the faecal flora. *Journal of Applied Bacteriology*, 23: 195-205.

- García Contreras, A., De Loera Ortega, Y., Yague, A., Guevara Gonzales, J., & García Artiga, C. (2012). Alimentación práctica del cerdo. *Revista Coplutense de Ciencias Veterinarias*, 21-50.
- Gómez, S., Vergara, D., & Argote, F. (2008). Efecto de la dieta y edad al destete sobre la fisiología digestiva del lechón. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 6: 33-36.
- González, D. (2012). Porcicultura, Otra área de situación complicada. *El Agro*, 24-26.
- Graeme, T., & Roese, G. (18 de Abril de 2006). *The Pig Site*. Obtenido de The Pig Site: <http://www.thepigsite.com/articles/1616/basic-pig-husbandry-the-weaner>.
- Gualavisí, O., & León, V. (2008). *Evaluación de un balanceado mejorado con cuatro niveles de jabón calcico en cerdos Landrace en las etapas de crecimiento y engorde*. Cayambe: Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas.
- Hahn, J. D., & Baker, D. H. (1993). Growth and plasma zinc responses of young pigs fed pharmacologic levels of zinc. *Journal Animal Science*, 71-85.
- Herrera, K. J., & Monar, G. I. (10 de Junio de 2006). *Proyecto de inversión para la construcción de un granja en Vinces*. Obtenido de ESPOL: [http://www.cib.espol.edu.ec/digipath/d\\_tesis\\_pdf/d-35652.pdf](http://www.cib.espol.edu.ec/digipath/d_tesis_pdf/d-35652.pdf)
- Hettich, A. (1995). Determinación del valor de hematocrito y hemoglobina. *Hettich Zentrifugen*, 1-3.
- Hollis, G. R., Cartes, S. D., Cline, R. T., Crenshaw, T. D., Cromwell, G. L., Hill, G. M., . . . Veum, T. L. (2005). Effect of replacing pharmacological levels of dietary zinc oxide with lower dietary levels of various organic zinc sources for weanling pigs. *Journal Animal Science*, 2123-2129.
- Holm, A. (1990). E. coli associated diarrhoea in weaned pigs: Zinc oxide added to the feed as a preventive measure. *11th Congr. Int. Pig. Vet. Soc.*, (pág. 154). Lausanne, Switzerland.
- Jenkins, K., & Hidioglou, M. (1989). Tolerance of calf for excess copper in milk replacer. *Journal Dairy Science*, 72: 150-156.
- Kelly, D., Smuth, A., & McCracken, K. (1991). Digestive development of the early-weaned pig. *British Journal of Nutrition*, 179-206.
- Kirchgessner, M., Mader, H., & Grassman, H. (1980). Zur Fruchtbarkeitsleistung von Sauen bei. *Züchtungskde*, 52: 46-53.
- Koeslang, J., & Castellanos, F. (2006). Porcinos. Área Producción Animal. *Manuales para la educación Agropecuaria*, 110-112.

- Li, B., Kessel, A., Van, G., Caine, W. R., Huang, S. X., & Kirkwood, R. N. (2001). Small intestinal morphology and bacterial populations in ileal digesta and feces of newly weaned pigs receiving a high dietary level of zinc oxide. *Canadian Journal Animal Science*, 4: 511-516.
- Lillie, R. J., Frobish, L., Steele, N. C., & Graber, G. (1997). Effect of dietary copper and tylosin and subsequent withdrawal on growth, hematology and tissue residues of growing-finishing pigs. *Journal Animal Science*, 100-107.
- Lillie, R., & Frobish, L. (1978). Effect of Copper and Iron Supplement on Performance and Hematology of Confined Sows and their Progeny through Four Reproductive Cycles. *Journal Animal Science*, 46: 678-685.
- Lønnerdal, B., Bell, J., & Keen, C. (1985). Copper absorption from human milk, cows milk and infant formulas using suckling rat pup model. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 42: 836.
- Lopez, M. (2012). Trace minerals and Livestock: Not Too Much Not Too Little. *ISRN Veterinary Science*, 5-23.
- Ly, J., & Lemus, C. (2007). Las pruebas de digestibilidad en la evaluación de nuevos recursos alimentarios para cerdos. *IX Encuentro de Nutrición y Producción en Animales Monogástricos*, (págs. 41-45). Montevideo, Uruguay.
- Maham, D. (29 de 03 de 2014). *Produccion Animal Argentina*. Obtenido de Produccion Animal Argentina: [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_porcina/00-produccion\\_porcina\\_general/56-necesidades\\_minerales.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_porcina/00-produccion_porcina_general/56-necesidades_minerales.pdf)
- Martínez Gamba, R., Trujillo, M., & Herradora, M. (2002). *La perra reproductora* (1ra Edición ed.). Mexico: Mundi Prensa Mexico S A.
- Masuda, T., Ichikawa, A., Kano, M., & Hirayama, T. (2001). Reduction of copper excretion and zinc excretion in pigs I. the effect of copper, zinc and phytase supplemented diets on copper excretion and zinc excretion in growing and finishing pigs. *Research Bulletin of the Aichi-ken Agriculture Research Center*, 33: 307-3012.
- Mavromichalis, I., Webel, D. M., Parr, E. N., & Baker, D. H. (2001). Growth-promoting efficacy of pharmacological doses of tetrabasic zinc chloride in diets for nursery pigs. *Canadian Journal of Animal Science*, 81: (3) 387-391.
- Muñoz, A. (13 de 09 de 2010). *Agrytec*. Obtenido de Agrytec: [http://agrytec.com/pecuario/index.php?option=com\\_content&view=article&id=39:porcicultura-en-ecuador&catid=31:articulos-tecnicos&Itemid=32](http://agrytec.com/pecuario/index.php?option=com_content&view=article&id=39:porcicultura-en-ecuador&catid=31:articulos-tecnicos&Itemid=32)
- N.R.C. (1998). National Research Council Minerals. *Nutrient Requirements of Swine.*, (págs. 47-70). Washington, DC.

- Padilla, F. M. (2006). *Crianza de Porcinos*. Lima: Editorial Macro.
- Páez, J. A. (2013). *El sector porcicola en el Ecuador*. Guayaquil: Porciandina.
- Palomo. (2008). Veterinario. *Patología de la Nutrición* (pág. 5). Ciudad de Mexico: I Congreso Nacional de veterinarios de porcinos.
- Pardo, A., Durán, E., & Durán, F. (2007). *Manual de nutrición animal*. Madrid, Es, España: Grupo Latino.
- Parra, J., & Gómez, A. (2009). Importancia de la utilización de diferentes técnicas de digestibilidad en la nutrición y formulación porcina. *MVZ Córdoba Vol 14*, 1633-1641.
- Parrado Martínez, S., & Chamorro Saldaña, J. (2006). *Oregano como promotor de crecimiento en lechones destetados*. Bogota: Univerdidad de la Salle.
- Paulino, J. (07 de Octubre de 2006). *Engormix*. Obtenido de Engormix: <http://www.engormix.com/MA-porcicultura/nutricion/articulos/alimentacion-cerda-gestante-t1006/p0.htm>
- Pérez Rubio, M. d. (2011). Evaluacion de la composición nutricional y digestibilidad aparente e ileal en porcinos del frijo mungo (*Vigna radiata*) con y sin tratamiento térmico. *Universidad Nacional de Colombia*, (pág. 105). Palmira.
- Perrin, K. e. (1981). *Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Manual metodológico de evaluacioón económica*. México DF: CJMMYT.
- Peters, J. C., & Maham, D. C. (2008). Effects of dietary organic and inorganic trace minerals levels on sow reproductive performances and daily mineral intakes over six parities. *Journal Animal Science*, 2247-2260.
- PIC USA. (1996). *Nutrient Specifications. Technical Usdate* .
- Pluske, K., Williams, F., & Aherne, F. (1995). The neonatal pig: development and survival. *Centre for Agricultural Bioscience International*, 187-235.
- Ponce, C. (10 de 03 de 2014). Ph. D. (M. B. Andrade Cajas, Entrevistador)
- Quiles, A. (2005). Efecto del zinc en la alimentacion Porcina. *Cria y Salud*, 3:42-49.
- Quinteros, M. (2005). *Manual de Alimentacion Porcina*. Mexico: GEPLACEA.
- Recabarrem, S. (5 de Junio de 2008). *Veterinariaudec*. Obtenido de Veterinariaudec: [http://www.veterinariaudec.cl/fisenlab/apuntes/fisiologia\\_lactancia.html](http://www.veterinariaudec.cl/fisenlab/apuntes/fisiologia_lactancia.html)

- Reis de Souza, T., & Mariscal, L. (1997). El destete, a función digestiva y la digestibilidad de los alimentos en cerdos jóvenes. *Técnicos Pecuarios de México Vol 35*, 145-150.
- Richards, J. D., Zhao, J., Harrell, R. J., Atwell, C. A., & Dibner, J. J. (2010). Tacer Mineral Nutrition in Poultry and Swine. *Asian Journal Animal Science*, 1527-1534.
- Riopéres, J., & Rodriguez-Membibre, M. L. (2012). Patologías digestivas del lechón asociadas a la nutrición. *Mundo Veterinario - Porcino*, 40-46.
- Rodrigues, A. (29 de 04 de 2005). *dvsde*. Obtenido de dvsde: <http://www.bvsde.paho.org/dbsaidis/mexico2005/cassia.pd>
- Rodriguez, I. (2010). *Emisiones de metano generadas por excretas de animales de granja y contenido ruminal bovino*. Montecillo, Mexico.
- Roos, M. A., & Easter, R. A. (1986). Effect on sow and piglet performance of feeding a diet containing 250 ppm copper during lactation. *Journal Animal Science*, 63.
- Sañudo, C. (2011). *Atlas Mundial de Etnología Zootécnica*. Navarra, España: Servet.
- Shankar, A. H., & Prasad, A. S. (1998). Zinc and immune function: the biological of altered resistance to infection. *Asian-Aust. Journal Animal Science*, 463-447.
- Shelton, N. W., Jacob, M. E., Tokach, M. D., & Nelssen, J. L. (2009). Effects of copper sulfate, zinc oxide, and neoterramycin on weanling pig growth and antibiotic resistance rate for fecal Escherichia coli. *Kansas Agric Exp Sta Prog*, 73-79.
- Simpson, G. (14 de Julio de 2009). *Ontario MINISTRY OF AGRICULTURE, FOOD AND RURAL AFFAIRS*. Obtenido de Ontario MINISTRY OF AGRICULTURE, FOOD AND RURAL AFFAIRS: <http://www.omafra.goc.on.ca/english/livestock/swine/facts/nmannutr.htm#Background>
- Simpson, G. (29 de Febrero de 2012). *Ontario MINISTRY OF AGRICULTURE, FOOD, AND RURAL AFFAIRS*. Obtenido de Ontario MINISTRY OF AGRICULTURE, FOOD, AND RURAL AFFAIRS: [http://www.omafra.gov.on.ca/english/livestock/swine/facts/info\\_n\\_weanpigs.htm](http://www.omafra.gov.on.ca/english/livestock/swine/facts/info_n_weanpigs.htm)
- Suarez, G. (2010). *Formato de tesis*. Sangolquí.
- Suttle, N. F. (2010). Mineral Nutrotion of Livestock. *Cabi Publishing*, 58-86.
- Thacker, P. A. (1991). Effect of high levels of copper or dichlorvos during late gestation and lactatio on sow productivity. *Journal Animal Science*, 71: 227.
- Valle, B. L., & Falchuk, K. H. (1993). The biochemical basis of zinc physiology. *Asian-Aust. Journal Animal Science*, 79-118.

Verstegen , W. A., Verhagen, M. F., & Den Hartog, L. A. (1987). Energy requeriments of pigs during pregnancy. *Livestock Prod Sci*, 1675.