



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

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y  
TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA**

**CENTRO DE POSGRADOS MAESTRÍA EN NUTRICIÓN Y  
PRODUCCIÓN ANIMAL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE MAGÍSTER EN: NUTRICIÓN Y PRODUCCIÓN ANIMAL**

**TEMA: EFECTO DEL USO DE DOS COMPLEJOS MINERALES  
ORGÁNICO E INORGÁNICO SOBRE DESEMPEÑO Y EFICIENCIA  
REPRODUCTIVA EN CERDOS REPRODUCTORES**

**AUTORES:  
ARMAS PAZMIÑO, JULIO GUSTAVO  
BÁEZ ORTIZ, WILSON GUILLERMO**

**DIRECTOR: ING. FALCONÍ CARDONA, RÓMULO RENÁN**

**SANGOLQUI**

**2018**



**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA DE  
TECNOLOGÍA  
CENTRO DE POSGRADOS**

**CERTIFICADO DEL DIRECTOR**

Certifico que el trabajo de titulación, “EFECTO DEL USO DE DOS COMPLEJOS MINERALES ORGÁNICO E INORGÁNICO SOBRE DESEMPEÑO Y EFICIENCIA REPRODUCTIVA EN CERDOS REPRODUCTORES” fue realizado por los señores Armas Pazmiño, Julio Gustavo, y Báez Ortiz, Wilson Guillermo, el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

**Sangolquí, 08 de agosto del 2018**

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Rómulo Renán Falconí Cardona', is positioned above a horizontal dotted line.

**Ing. Falconí Cardona, Rómulo Renán**

**C.C: 0602081549**



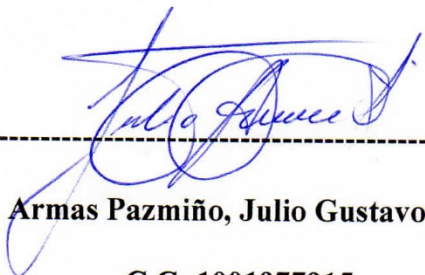
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA DE  
TECNOLOGÍA

CENTRO DE POSGRADOS

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

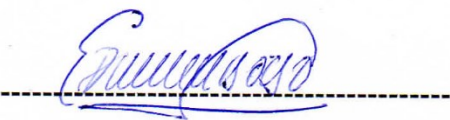
Yo, *Armas Pazmiño, Julio Gustavo*, con cédula de ciudadanía n°: 1001977915, y *Báez Ortiz, Wilson Guillermo*, con cédula de ciudadanía n°: 1001451358, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: *“Efecto Del Uso De Dos Complejos Minerales Orgánico E Inorgánico Sobre Desempeño Y Eficiencia Reproductiva En Cerdos Reproductores”* es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas. Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Sangolquí, 08 de agosto del 2018



Armas Pazmiño, Julio Gustavo

C.C: 1001977915



Báez Ortiz, Wilson Guillermo

C.C: 1001451358



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA DE  
TECNOLOGÍA

CENTRO DE POSGRADOS

AUTORIZACIÓN

Yo, **Armas Pazmiño, Julio Gustavo**, con cédula de ciudadanía n°: 1001977915, y **Báez Ortiz, Wilson Guillermo**, con cédula de ciudadanía n°: 1001451358, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: “Efecto Del Uso De Dos Complejos Minerales Orgánico E Inorgánico Sobre Desempeño Y Eficiencia Reproductiva En Cerdos Reproductores” en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 08 de agosto del 2018

**Armas Pazmiño, Julio Gustavo**

C.C: 1001977915

**Báez Ortiz, Wilson Guillermo**

C.C: 1001451358

## **DEDICATORIA**

Esta tesis la dedico a mi padre Gustavo Armas, a pesar de nuestra distancia física, siento que estás conmigo siempre y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento hubiera sido tan especial para él como lo es para mí. A mi esposa Rina Estévez madre de mis hijos, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar cualquier circunstancia. A mi Madre y Hermanos que les llevo dentro de mi corazón y por compartir momentos significativos conmigo y por siempre estar dispuesta a escucharme y ayudarme en cualquier momento. Y a mis hijos Julia, Solange y Fabio que son el amor y la razón de mi vida, les dedico con sencillez y profundo cariño.

**Armas Pazmiño, Julio Gustavo**

Dedico a mis padres porque me enseñaron que con persistencia y esfuerzo se llega al éxito. También a mi esposa e hijos por su apoyo incondicional para alcanzar un nuevo logro y culminar una etapa más de mi vida profesional.

**Báez Ortiz, Wilson Guillermo**

## AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi sincera gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida a la Virgen de El Quinche que me cuida y me guía por los caminos adecuados y a toda mi familia por estar siempre presente y apoyándome en esta trayectoria de mi vida.

Un profundo agradecimiento a todas las autoridades y personal que hacen la Escuela de Posgrado de la ESPE, por confiar en mí, abrirme las puertas y permitirme realizar esta Maestría.

De igual manera mis agradecimientos, a mis profesores quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a cada una de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad. Finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento al Ing. Mario Ortiz, principal Coordinador durante todo este proceso de esta Maestría, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió que se haga realidad este objetivo.

**Armas Pazmiño, Julio Gustavo**

Agradezco a Dios por haberme dado sabiduría y fortaleza para culminar esta nueva etapa a Nivel Superior. A mi esposa, a mis hijos que siempre me apoyaron incondicionalmente. Al director de tesis Ing. Rómulo Falconí por compartir sus conocimientos. A la ESPE y Coordinador de la Maestría Ing. Mario Ortiz por haberme dado la oportunidad de cursar sus aulas y conseguir con éxito esta meta anhelada.

**Báez Ortiz, Wilson Guillermo**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>CERTIFICADO DEL DIRECTOR</b> .....	i
<b>AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD</b> .....	ii
<b>AUTORIZACIÓN</b> .....	iii
<b>DEDICATORIA</b> .....	iv
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	v
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b> .....	vi
<b>INDICE DE TABLAS</b> .....	xi
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	xiii
<b>RESUMEN</b> .....	xiv
<b>ABSTRACT</b> .....	xv
<b>CAPITULO I</b> .....	1
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 Objetivo General.....	2
1.3.2 Objetivos Específicos.....	2
1.4 Hipótesis.....	3
<b>CAPÍTULO II</b> .....	4
<b>REVISIÓN DE LA LITERATURA</b> .....	4
2.1. Marco de Referencia (antecedentes de la investigación).....	4
2.1.1. Necesidades nutricionales en cerdos reproductores, verracos.....	4
2.1.1.1. Ácidos grasos.....	5
2.1.1.2. Energía.....	6
2.1.1.3. Proteína.....	7
2.1.1.4. Fibra.....	8
2.1.1.5. Vitaminas.....	8
2.1.1.5.1. Vitamina A.....	9
2.1.1.5.2. Vitamina E.....	10
2.1.1.6. Minerales inorgánicos y orgánicos.....	10
2.1.1.6.1. Cobre.....	11

2.1.1.6.1.1. Deficiencia y toxicidad por cobre .....	13
2.1.1.6.2. Selenio .....	13
2.1.1.6.2.1. Ruta metabólica del selenio.....	14
2.1.1.6.2.2. Deficiencia y toxicidad del selenio .....	15
2.1.1.6.3. Hierro... ..	15
2.1.1.6.3.1. Ruta metabólica del hierro .....	16
2.1.1.6.3.2. Deficiencias y toxicidad del hierro.....	17
2.1.1.6.4. Forma Quelatada .....	17
2.1.1.6.5. Manganeseo .....	17
2.1.1.6.5.1. Ruta metabólica del Manganeseo .....	18
2.1.1.6.5.2. Necesidades del Manganeseo.....	19
2.1.1.6.6. Zinc.....	19
2.1.1.6.6.1. Ruta metabólica del Zinc.....	20
2.1.1.6.6.2. Funciones del Zinc .....	21
2.1.2. Razas de cerdos reproductores .....	21
2.1.2.1. Raza York Shire .....	22
2.1.2.2. Raza Landrace .....	22
2.1.2.3. Raza Large White.....	23
2.1.3. Espermatogénesis (generalidades) .....	24
2.1.3.1. Edad de inicio como reproductor .....	25
2.1.3.2. Fases de la espermatogénesis .....	25
2.1.3.2.1. Maduración.....	26
2.1.3.2.2. Obtención e incremento de motilidad .....	27
2.1.3.2.3. Cambios en la membrana plasmática .....	27
2.1.3.2.4. Salida de la gota citoplasmática .....	27
2.1.3.2.5. Eyaculado .....	27
2.1.4. Parámetros de evaluación.....	28
2.1.4.1. Características macroscópicas.....	28
2.1.4.1.1. Volumen.....	28
2.1.4.1.2. Color.....	28
2.1.4.1.3. pH.....	28
2.1.4.1.4. Viscosidad .....	29
2.1.4.2. Características microscópicas .....	29



2.1.4.2.1. Motilidad .....	29
2.1.4.2.2. Morfología.....	29
2.1.4.2.3. Dosis por eyaculado .....	30
2.1.4.2.4. Conservación del semen.....	30
2.1.4.2.5. Razas y calidad del semen.....	30
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>31</b>
<b>MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>31</b>
3.1 Ubicación del lugar de investigación .....	31
3.1.1 Ubicación Ecológica .....	31
3.1.2 Características climáticas .....	31
3.2 Materiales y Equipos.....	32
3.2.1 Materiales de campo.....	32
3.2.2 Materiales y equipos de laboratorio .....	33
3.3 Factores en estudio .....	34
3.4 Diseño experimental.....	35
3.4.1 Tipo de diseño .....	35
3.4.2 Esquema del análisis de la varianza del experimento .....	35
3.4.3 Análisis funcional.....	35
3.5 Características de los tratamientos para los bloques .....	35
3.6 Variables en estudio .....	36
3.7 Variables del semen extraído sin dilución.....	36
3.7.1 Volumen de eyaculado en ml. ....	36
3.7.2 Concentración total espermática del eyaculado multiplicada por $10^9$ .....	36
3.7.3 Movilidad y vitalidad del espermatozoide expresada en % .....	36
3.7.4 Motilidad progresiva expresada en escala de 0 a 5 .....	37
3.7.5 Aglutinación espermática en escala 1-3 .....	37
3.7.6 Anormalidades morfológicas totales en %.....	37
3.7.7 Anormalidades morfológicas o mal formación del acrosoma del espermatozoide en %.....	38
3.7.8 Anormalidades morfológicas de la cola o dobles del flagelo del espermatozoide.....	38
3.7.9 Presencia de gotas citoplasmáticas proximales y distales en %.....	38
3.7.10 pH del semen extraído.....	38
3.8 Variables de semen diluido de 1 al 5 día.....	39
3.8.1 Movilidad y vitalidad del espermatozoide de la muestra diluida expresado en% .....	39

3.8.2 Promedios por tratamiento de la movilidad y vitalidad del espermatozoide de la muestra diluida expresado en% .....	39
3.8.3 Motilidad progresiva de la muestra diluida en escala del 0 al 5 .....	39
3.8.4 Promedio del número de lechones nacidos vivos o viabilidad en tres cerdas primerizas por tratamiento y reproductor .....	39
3.9 Metodología específica para el manejo del ensayo .....	39
3.9.1 Disposición de los animales .....	39
3.9.2 Preparación de los animales antes de la extracción .....	40
3.9.3 Colección de semen .....	41
3.9.4 Evaluación de semen .....	42
3.9.5 Dilución de semen porcino .....	42
3.9.6 Procesado del semen.....	42
3.9.7 Conservación de semen e inseminación .....	42
3.9.8 Transferencia o inseminación en cerdas .....	42
3.9.9 Número de cerdos nacidos.....	43
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>44</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSION.....</b>	<b>44</b>
4.1 Variables de semen extraído sin dilución.....	44
4.1.1 Volumen de eyaculado en ml .....	44
4.1.2 Concentración total espermática del eyaculado multiplicada por $10^9$ .....	45
4.1.3 La movilidad y vitalidad del espermatozoide expresada en % .....	47
4.1.4 Motilidad progresiva expresada en escala de 0 a 5.....	48
4.1.5 Aglutinación espermática en escala 1-3.....	50
4.1.6 Anormalidades morfológicas totales del espermatozoide en % .....	51
4.1.7 Anormalidades morfológicas o mal formación del acrosoma del espermatozoide en % .....	53
4.1.8 Anormalidades morfológicas de la cola o dobles del flagelo del espermatozoide .....	55
4.1.9 Presencia de gotas citoplasmáticas proximales y distales en % .....	56
4.1.10 pH del semen extraído.....	58
4.2 Variables de semen diluido de 1 al 5 día.....	59
4.2.1 Movilidad y vitalidad del espermatozoide de la muestra diluida expresado en% .....	59
4.2.2 Motilidad progresiva de la muestra diluida en escala del 0 al 5 .....	61
4.2.3 Promedio del número de lechones nacidos vivos o viabilidad en tres cerdas primerizas por tratamiento y reproductor .....	62

<b>CAPÍTULO V</b> .....	65
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	65
5.1 Conclusiones .....	65
5.2 Recomendaciones.....	66
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	68

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	<i>Requerimientos de un verraco sexualmente activo .....</i>	<i>5</i>
<b>Tabla 2</b>	<i>Necesidades energéticas diarias para un verraco adulto en producción .....</i>	<i>6</i>
<b>Tabla 3</b>	<i>Necesidades proteicas diarias para un verraco adulto en producción .....</i>	<i>7</i>
<b>Tabla 4</b>	<i>Requerimientos vitamínicos para el verraco .....</i>	<i>9</i>
<b>Tabla 5</b>	<i>Análisis de variancia del volumen de eyaculado en ml. del semen de los cerdos reproductores, bajo el efecto de complejos minerales inorgánicos y orgánicos en la alimentación de cerdos reproductores. ....</i>	<i>44</i>
<b>Tabla 6</b>	<i>Promedios por tratamiento del volumen de eyaculado en ml. de semen de reproductores, DMS al 10%. ....</i>	<i>45</i>
<b>Tabla 7</b>	<i>Análisis de variancia de la concentración total espermática del eyaculado multiplicada por 109 bajo el efecto de complejos minerales inorgánicos y orgánicos en la alimentación en cerdos reproductores. ....</i>	<i>46</i>
<b>Tabla 8</b>	<i>Promedios por tratamiento de la concentración total espermática del eyaculado multiplicada por 109, DMS al 5%. ....</i>	<i>46</i>
<b>Tabla 9</b>	<i>Análisis de variancia de la movilidad y vitalidad del espermatozoide expresada en %, bajo el efecto de complejos minerales inorgánicos y orgánicos en la alimentación de cerdos reproductores .....</i>	<i>47</i>
<b>Tabla 10</b>	<i>Promedios por tratamiento de la movilidad y vitalidad del espermatozoide expresada en %, DMS al 10% .....</i>	<i>48</i>
<b>Tabla 11</b>	<i>Tabla de contingencia de la motilidad progresiva expresada en escala de 0 a 5, bajo el efecto de complejos minerales inorgánicos y orgánicos en la alimentación de cerdos reproductores. ....</i>	<i>49</i>
<b>Tabla 12</b>	<i>Tabla de contingencia de la aglutinación espermática es escala de 1 a 3, bajo el efecto de complejos minerales inorgánicos y orgánicos en la alimentación de cerdos reproductores. ....</i>	<i>50</i>
<b>Tabla 13</b>	<i>Análisis de variancia de las Anormalidades morfológicas totales del espermatozoide en %, bajo el efecto de complejos minerales inorgánicos y orgánicos en la alimentación de cerdos reproductores. ....</i>	<i>51</i>
<b>Tabla 14</b>	<i>Promedios por tratamiento de las anormalidades morfológicas totales del espermatozoide en % .....</i>	<i>52</i>
<b>Tabla 15</b>	<i>Análisis de variancia de las anormalidades morfológicas o mal formación del acrosoma del espermatozoide en %, bajo el efecto de complejos minerales inorgánicos y orgánicos en la alimentación de cerdos reproductores .....</i>	<i>53</i>
<b>Tabla 16</b>	<i>Promedios por tratamiento de las anormalidades morfológicas o mal formación del acrosoma del espermatozoide en %.....</i>	<i>54</i>

<b>Tabla 17</b> <i>Análisis de variancia de las anormalidades morfológicas de la cola o dobles del flagelo del espermatozoide, bajo el efecto de complejos minerales inorgánicos y orgánicos en la alimentación de cerdos reproductores.....</i>	55
<b>Tabla 18</b> <i>Promedios por tratamiento de las anormalidades morfológicas de la cola o dobles del flagelo del espermatozoide, DMS al 10%. .....</i>	56
<b>Tabla 19</b> <i>Análisis de variancia de la presencia de gotas citoplasmáticas proximales y distales en %, bajo el efecto de complejos minerales inorgánicos y orgánicos en la alimentación de cerdos reproductores.....</i>	56
<b>Tabla 20</b> <i>Promedios por tratamiento de la presencia de gotas citoplasmáticas proximales y distales en %, DMS al 5%.....</i>	57
<b>Tabla 21</b> <i>Análisis de variancia del pH del semen extraído, bajo el efecto de complejos minerales inorgánicos y orgánicos en la alimentación de cerdos reproductores .....</i>	58
<b>Tabla 22</b> <i>Promedios por tratamiento del pH del semen extraído .....</i>	58
<b>Tabla 23</b> <i>Análisis de variancia de la Movilidad y vitalidad del espermatozoide de la muestra diluida expresado en%, bajo el efecto de complejos minerales inorgánicos y orgánicos en la alimentación de cerdos reproductores.....</i>	60
<b>Tabla 24</b> <i>Promedios por tratamiento de la movilidad y vitalidad del espermatozoide de la muestra diluida expresado en %.....</i>	60
<b>Tabla 25</b> <i>Tabla de contingencia de la motilidad progresiva expresada en escala de 0 a 5, bajo el efecto de complejos minerales inorgánicos y orgánicos en la alimentación de cerdos reproductores .....</i>	61
<b>Tabla 26</b> <i>Análisis de variancia del promedio del número de lechones nacidos vivos o viabilidad en tres cerdas primerizas por tratamiento y reproductor, bajo el efecto de complejos minerales inorgánicos y orgánicos en la alimentación de cerdos reproductores .....</i>	62
<b>Tabla 27</b> <i>Promedios por tratamiento del número de lechones nacidos vivos o viabilidad en tres cerdas primerizas por tratamiento y reproductor.....</i>	63

## INDICE DE FIGURAS

<i><b>Figura 1</b></i> Ruta metabólica del Cobre.....	12
<i><b>Figura 2</b></i> Ruta metabólica del hierro.....	16
<i><b>Figura 3</b></i> Regulación hormonal de la espermatogénesis.....	25
<i><b>Figura 4</b></i> Proceso de espermiogénesis .....	26
<i><b>Figura 5</b></i> Mapa de la ubicación del Cantón Antonio Ante.....	32
<i><b>Figura 6</b></i> Análisis comparativo de, complejo inorgánico y orgánico .....	45
<i><b>Figura 7</b></i> Análisis comparativo del complejo inorgánico y orgánico .....	47
<i><b>Figura 8</b></i> Análisis comparativo del complejo inorgánico y orgánico en la.....	48
<i><b>Figura 9</b></i> Frecuencias con respecto a la motilidad progresiva expresada en .....	50
<i><b>Figura 10</b></i> Frecuencias con respecto a la aglutinación espermática.....	51
<i><b>Figura 11</b></i> Análisis comparativo de, complejo inorgánico y orgánico .....	53
<i><b>Figura 12</b></i> Análisis comparativo del complejo mineral inorgánico y orgánico en .....	54
<i><b>Figura 13</b></i> Análisis comparativo del complejo mineral inorgánico y orgánico .....	56
<i><b>Figura 14</b></i> Análisis comparativo del complejo inorgánico y orgánico .....	57
<i><b>Figura 15</b></i> Análisis comparativo de, complejo inorgánico y orgánico .....	59
<i><b>Figura 16</b></i> Análisis comparativo del complejo inorgánico y orgánico en la.....	61
<i><b>Figura 17</b></i> Frecuencias con respecto a la motilidad progresiva expresada .....	62
<i><b>Figura 18</b></i> Análisis comparativo del complejo mineral inorgánico y orgánico .....	63

## RESUMEN

El sector porcícola en el Ecuador, ha tenido un gran crecimiento en los últimos años, gracias a la biotecnología que implanta técnicas como la inseminación artificial, una de las formas de incrementar la productividad de cualquier empresa porcina consiste en el uso de genética mejorada con machos reproductores de buen potencial productivo que garanticen este objetivo. En la actualidad existen falencias en la nutrición por lo que sus requerimientos en el aspecto mineral son importantes para su productividad. Esta investigación propone ver que alternativa es mejor en la suplementación de microelementos para incrementar y mejorar los parámetros reproductivos y calidad seminal que se emplea en los centros de inseminación artificial. La presente investigación se realizó en la Provincia de Imbabura con dos tratamientos el complejo mineral orgánico y el complejo mineral inorgánico los cuales fueron suministrados a cerdos de diferentes razas y se obtuvo resultados favorables a la suplantación del complejo mineral orgánico el cual incrementa volumen, calidad seminal menor anomalías por consiguiente es ideal para elaborar mayor número de dosis seminales por extracción, y también se reflejó un mayor número de cerdos nacidos por dosis.

### **PALABRAS CLAVES:**

- **INSEMINACION ARTIFICIAL**
- **COMPLEJO MINERAL**
- **POTENCIAL GENETICO**
- **DOSIS SEMINALES**

## **ABSTRACT**

The swine sector in Ecuador, has had a great growth in recent years, thanks to biotechnology that implements techniques such as artificial insemination, one of the ways to increase the productivity of any swine company is the use of improved genetics with males reproducers of good productive potential that guarantee this objective. Currently there are shortcomings in nutrition so their requirements in the mineral aspect are important for their productivity. This research proposes to see what alternative is better in the supplementation of microelements to increase and improve the reproductive parameters and seminal quality that is used in artificial insemination centers. The present investigation was carried out in the Province of Imbabura with two treatments, the organic mineral complex and the inorganic mineral complex, which were supplied to pigs of different breeds and obtained favorable results to the impersonation of the organic mineral complex which increases volume, seminal quality Less anomalies is therefore ideal to elaborate more number of seminal doses per extraction, and it also reflected a greater number of pigs born per dose.

### **KEYWORDS:**

- **ARTIFICIAL INSEMINATION**
- **MINERAL COMPLEX**
- **GENETIC POTENTIAL**
- **SEMINAL DOSE**



## CAPITULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Introducción

Una correcta programación nutritiva en cerdos, sobre todo, con un contenido alto en minerales inorgánicos y orgánicos repercute sobre el desempeño y eficiencia reproductiva en los cerdos, mejorando la cantidad y calidad del semen. Para tener éxito en la parte reproductiva de los cerdos, es necesario que los porcicultores conozcan las etapas de vida o de producción, los nutrimentos y sus requerimientos, los ingredientes y su composición, los parámetros productivos de importancia económica y los factores que permiten una utilización eficiente de los alimentos. (Campabadal, 2009)

La excelente nutrición necesaria para que los cerdos tengan una vida reproductiva de cantidad y calidad se basa en una dieta rica en minerales; existen minerales orgánicos que en su mayoría están conformados por átomos de carbono, es fundamental para las diferentes etapas productivas, donde depende mucho la clase de ingredientes que se utiliza para la elaboración de alimentos balanceados. La dieta debe estar divididos en cuatro categorías que son: fuentes de energía, de proteína, de vitaminas, de minerales y los aditivos no nutricionales. (Campabadal, 2009)

Para tener una excelente calidad reproductiva en los cerdos, es necesario dar mucha importancia a la fertilidad y fecundación , la lucha por mejorar genéticamente en la reproducción se ha convertido en un reto y competencia entre los especialista a nivel de la actividad porcina, para lograrlo se debe tomar en cuenta la dieta que sea rica en minerales inorgánicos como calcio (Ca), fósforo (P), selenio (Se), pero el oligoelemento indispensable que actúa a nivel testicular para la reproducción y fertilización es el Zinc (Zn). (Razas Porcinas, 2014)

Entre los micro minerales de mayor importancia en una dieta es el hierro (Fe), después de este elemento se tiene el Zinc (Zn),

Se encuentra muchos estudios sobre el mejoramiento reproductivo de cerdos, existen investigaciones que han hecho a nivel de espermatogénesis y calidad del líquido seminal, a través, de las dietas como por ejemplo una dieta con selenio (Se) que mejora la calidad del espermatozoide (Lowercand). Una dieta con L-carnitina, que mejora la calidad del semen en verracos. (Yeste, Sancho, M, E, & Bussalleu, 2009)

## **1.2 Justificación**

Para tener una excelente calidad reproductiva en los cerdos, es necesario dar mucha importancia a la fertilidad y fecundación, la lucha por mejorar genéticamente en la reproducción se ha convertido en un reto y competencia entre los especialistas a nivel de la actividad porcina, para lograrlo se debe tomar en cuenta la dieta que sea rica en minerales inorgánicos como calcio (Ca), fósforo (P), selenio (Se), pero el oligoelemento indispensable que actúa a nivel testicular para la reproducción y fertilización es el Zinc (Zn). (Razas Porcinas, 2014)

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Evaluar el uso de dos complejos minerales: orgánico e inorgánico, suministrado a la dieta de cerdos reproductores para mejorar el desempeño y eficiencia reproductiva.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

Determinar cuál complejo mineral, orgánico o inorgánico, suministrado en la dieta de cerdos reproductores, permite obtener mejores características y calidad seminal sin dilución

Determinar cuál complejo mineral, orgánico o inorgánico, suministrado en la dieta de cerdos reproductores, permite obtener mejores características y calidad seminal en dilución

Determinar que complejo mineral, orgánico e inorgánico, suministrado en la dieta de cerdos reproductores, mejora la eficiencia en la conservación del semen para inseminación artificial

#### **1.4 Hipótesis**

**H0:** El uso de diferentes complejos minerales orgánicos e inorgánicos, suministrados en la dieta de cerdos reproductores, mejoran el desempeño y eficiencia reproductiva.

**H1:** El uso de diferentes complejos minerales orgánicos e inorgánicos, suministrados en la dieta de cerdos reproductores, no mejoran el desempeño y eficiencia reproductiva.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LA LITERATURA

#### 2.1. Marco de Referencia (antecedentes de la investigación)

##### 2.1.1. Necesidades nutricionales en cerdos reproductores, verracos

La nutrición es la base fundamental para el desarrollo reproductivo en cerdos, en verracos y hembras, en estos animales su dieta alimenticia debe ser rica en micronutrientes: vitaminas y minerales.

El mejor suministro de minerales en la dieta de verracos debe consistir en: Cobalto (Co), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Hierro (Fe), Manganeseo (Mn), Selenio (Se), Yodo (I) y Zinc (Zn). (García, 2015)

La cantidad de nutrientes que necesita un verraco depende del consumo de energía en las distintas actividades como es el ritmo de crecimiento, el ritmo de la actividad sexual, para este ritmo de vida del verraco la necesidad energética variar entre 6570 y 8940 Kcal de E.M./día en verracos de 100 y 350 kg, respectivamente. (Quiles, 2015)

La nutrición en los verracos es muy importante, ya que de una dieta correcta depende el comportamiento sexual y poder controlar ciertos factores que son base en la reproducción (libido, dificultad en la monta, longevidad, cantidad y calidad de semen, entre otros.).

Para cumplir con las necesidades de mantenimiento, crecimiento, actividad de cubrición, producción seminal y termorregulación se encuentran descritos los requerimientos energéticos que deben realizarse en los verracos. (Ignasi, 2011)

**Tabla 1**  
*Requerimientos de un verraco sexualmente activo*

<b>Consumo Alimento</b>	<b>2,2 kg /Día</b>
<b>EM Consumo</b>	6,530 kcal/Día
<b>Proteína Cruda Cantidad Requerida/Día</b>	260 g (13,0 % De Dieta)
<b>Lisina</b>	12,0 g (0,60 % De La Dieta)
<b>Vitamina A</b>	9500 IU
<b>Vitamina D3</b>	475 IU
<b>Vitamina E</b>	104,5 IU
<b>Vitamina K (Menadiona)</b>	1,19 Mg/Kg
<b>Biotina</b>	0,48mg/Kg
<b>Colina</b>	2,98mg/Kg
<b>Ácido Fólico</b>	3,09 Mg/Kg
<b>Niacina</b>	23,75 Mg/Kg
<b>Ácido Pantoténico</b>	28,5 Mg/Kg
<b>Riboflavina</b>	8,91 Mg/Kg
<b>Tiamina</b>	2,38 Mg/Kg
<b>Vitamina B6</b>	2,0 Mg/Kg
<b>Vitamina B12</b>	0,035 Mg/Kg
<b>Ácido Linoleico</b>	2,0 g (0,1 % De La Dieta)
<b>Zinc</b>	118,75 Mg/Kg
<b>Cobre</b>	11,88mg/Kg
<b>Manganeso</b>	47,5 Mg/Kg
<b>Hierro</b>	190 Mg/Kg
<b>Yodo</b>	0,33mg/Kg
<b>Selenio</b>	0,71 Mg/Kg

Fuente: (El sitio porcino, 2015)

### 2.1.1.1. Ácidos grasos

Uno de los principales ácidos grasos que integra la dieta porcina en verracos es el ácido linoleico, este es necesario para la reproducción y el mantenimiento de la integridad de la piel, la formación de nuevas células requiere un suministro constante de linoleico y de otros ácidos grasos esenciales, de hecho, las recomendaciones prácticas en este ácido graso varían entre 0,7 y 1,2%, hoy día se reconocen dos familias de ácidos grasos esenciales: la w-6, representada por el ácido linoleico (C18:2w6) y el ácido araquidónico (C20:4w6) y la w-3, cuyos representantes más importantes son el ácido alfa-linolénico (C18:3w3), el EPA (C20:5w3) y el DHA (C22:6w3). Las

funciones de estas dos familias y sus interrelaciones no están definidas en el cerdo, pero están relacionados con fenómenos de inmunidad, además son precursores de las prostaglandinas, esenciales para la reproducción, y forman parte de los lípidos estructurales de las membranas celulares, donde juegan un papel clave en la permeabilidad y por tanto en el funcionamiento celular. (Mateos, Medel, & Carrión, 2014)

### 2.1.1.2. Energía

Los requerimientos energéticos para satisfacer las diferentes necesidades de mantenimiento, crecimiento, actividad de cubrición, producción seminal y termorregulación están perfectamente descritos.

**Tabla 2**

*Necesidades energéticas diarias para un verraco adulto en producción*

<b>Mantenimiento</b>	<b>182 kcal EM X Pv0,665</b>
<b>Deposición Proteica</b>	(5,68 Kcal Em X P) /0,54
<b>Deposición Grasa</b>	(9,49 Kcal Em X G) /0,74
<b>Actividad De Cubrición</b>	4,3 kcal Em X Pv0,75
<b>Producción De Semen</b>	103 kcal Em
<b>Termorregulación</b>	(3;82 Kcal EM X Pv0,75) X (Tc-T)

**Nota:** pv = peso vivo en kg; P y G = ganancia de proteína y grasa respectivamente en gramos por día y Tc y T son respectivamente la temperatura crítica (20°C) y la temperatura ambiente.  
Fuente: (Ignasi, 2011)

Las necesidades de energía del verraco son la suma de energía para el mantenimiento, apareamiento, producción de semen y para el crecimiento.

La ecuación para la estimación de la energía es la siguiente:  $En = PV \cdot 0,75$  PV=Peso vivo.

Este requerimiento en promedio es 4,3 kcal/kg, y la energía requerida para una eyaculación es de 103 kcal (Council, 2013). La sobre alimentación causa sobre peso por ende causa problemas en patas, disminuye el lívido en los cerdos, se probaron dietas con diferentes niveles de energía los cuales al inicio del experimento no mostraron diferencias significativas, pero al final hubo

cambios en la producción de semen y motilidad de los espermatozoides. (Wilson, Rozeboom, & Crenshaw, 2004)

### 2.1.1.3. Proteína

Los requerimientos proteicos para un verraco adulto son relativamente bajos.

**Tabla 3**

*Necesidades proteicas diarias para un verraco adulto en producción*

	g / día	% en pienso (2,6 kg/día)	% en pienso (3,0 kg/día)
<b>Proteína</b>	260	10	8,68
<b>Lisina</b>	12	0,46	0,4
<b>Metionina</b>	4,2	0,16	0,14
<b>Metionina + cistina</b>	8,4	0,32	0,28
<b>Treonina</b>	10	0,38	0,33
<b>Triptófano</b>	2,4	0,09	0,08
<b>Histidina</b>	3,8	0,01	0,13
<b>Isoleucina</b>	7	0,27	0,23
<b>Leucina</b>	10,2	0,39	0,34
<b>Fenilalanina</b>	5,7	0,22	0,19
<b>Fenilalanina + tirosina</b>	11,4	0,44	0,38
<b>Valina</b>	8	0,31	0,27

Fuente: Adaptado de Nutrient requirements of swine, NRC 1998

Las necesidades de proteína para mantener un verraco están entre un 9 a 11% de proteína en un alimento concentrado y el contenido de aminoácidos en el semen es muy bajo (Górriz, 2006). Dietas bajas en proteína y energía están correlacionadas en una disminución significativa por el interés de la cerda (Stevermer, Kovacs, Hoekstra, & Self, 1961), sin embargo niveles altos de proteína tiene un efecto negativo sobre la forma de los espermatozoides (Dong, y otros, 2016).

Los aminoácidos son los responsables de la composición de las proteínas así es como el aumento de lisina del 0,86% a 1,03% mejoro la calidad de semen del verraco, las dietas con triptófano ayudan a mejorar la motilidad seminal del eyaculado (Dong, y otros, 2016).

A nivel práctico, con un consumo de entre 2,6 y 3,0 kg para machos de entre 200 y 300 kg de peso vivo, necesitamos un pienso de 3000 kcal EM/kg y será suficiente el aporte de 0,5% de lisina digestible. (Ignasi, 2011)

#### **2.1.1.4. Fibra**

La inclusión de fibra en dietas para cerdos tiene beneficios como reducción del costo de elaboración del pienso, evita estreñimientos, tiene un efecto de saciedad y evita el sobrepeso (Górriz, 2006). La cantidad recomendada en la dieta fluctúa entre el 5 y 7 %.

#### **2.1.1.5. Vitaminas**

Las vitaminas son sustancias orgánicas que intervienen en funciones metabólicas de los cerdos, como son la visión, reproducción, formación de huesos, la utilización de proteínas y aminoácidos, y en otras múltiples funciones que le permiten al cerdo sobrevivir. Las vitaminas las podemos clasificar en dos categorías y ambas se agregan a la dieta de los cerdos en forma de una premezcla, las vitaminas se expresan en términos de miligramos y microgramos por kilogramo de dieta.

Las necesidades de vitaminas de los cerdos machos se asemejan a las de hembras reproductoras sin embargo tienen diferencias muy marcadas para ciertos elementos, algunas vitaminas pueden no ser necesarias ya que se pueden sintetizar a partir de los piensos o metabolitos constituyentes y por microorganismos en el tracto intestinal (Council, 2013).

Las vitaminas pueden ser liposolubles como la vitamina A, vitamina D, vitamina E y vitamina K, (Peplowski et al., 1980 y K ) e hidrosolubles vitaminas del complejo B: biotina, colina, ácido fólico, niacina, ácido pantoténico, riboflavina, tiamina, B6 y B12 y vitamina C (Council, 2013).



No todas las vitaminas son estrictamente necesarias para el verraco, especialmente cuando éste se aloja en parques sin slats. La mayoría de las vitaminas del grupo B son sintetizadas en el intestino grueso y el verraco puede reciclarlas si tiene acceso a sus propias heces, además, la administración no es frecuente en verracos, lo que favorece la acción de síntesis de su flora microbiana, en cualquier caso, dado el alto valor económico de una fertilidad óptima y que la mayoría de las vitaminas se destruyen en medios adversos, especialmente con almacenajes prolongados, se recomienda suplementar libremente en piensos para verracos activos.

**Tabla 4**  
*Requerimientos vitamínicos para el verraco*

	<b>NRC (1)</b>	<b>DSM (2)</b>	<b>BASF (3)</b>
<b>Vit A, UI/kg</b>	4000	15000	20000
<b>Vit D, UI/kg</b>	200	2000	2000
<b>Vit E, mg/kg</b>	44	80	160
<b>Vit K, mg/kg</b>	0,5	2	2
<b>Vit C, mg/kg</b>	-	-	150
<b>Vit B1, mg/kg</b>	1	2	2
<b>Vit B2, mg/kg</b>	3,75	9	7
<b>Niacina, mg/kg</b>	10	45	40
<b>Ac. Pant, mg/kg</b>	12	25	16
<b>Vit B6, mg/kg</b>	1	5	6
<b>Vit B12, ug/kg</b>	15	30	30
<b>Biotina, ug/kg</b>	200	500	300
<b>Ác. Fólico, ug/kg</b>	1300	5000	3000

Fuente: Adaptado de Nutrient requirements of swine, NRC 1998

#### **2.1.1.5.1. Vitamina A**

Es necesaria para la visión, reproducción, crecimiento y mantenimiento de epitelios diferenciados y secreciones de moco, la vitamina A está involucrada en la transcripción de genes, desarrollo embrionario, metabolismo óseo, hematopoyesis e inmunidad (Council, 2013).

La vitamina A específicamente interviene en la formación y mantenimiento del tejido epitelial, una deficiencia se traduce en problemas reproductivos y menor resistencia a las enfermedades, se observan que verracos que recibieron 1.000 UI de vitamina A presentaban un mayor porcentaje de

espermatozoides anormales que los verracos que recibieron 1.000 UI de vitamina A más 90 mg de beta-caroteno o 31.000 UI de vitamina A, sin embargo, la producción total de esperma no se vio afectada por el tratamiento experimental, la importancia de la vitamina A probablemente sea superior en hembras que en machos, dado el efecto de esta vitamina sobre la ovulación y la reabsorción de fetos. (Mateos, Medel, & Carrión, 2014)

#### **2.1.1.5.2. Vitamina E**

Las funciones de la vitamina E también se encuentran principalmente en el tocoferol a los tejidos animales el cual presenta una mayor actividad como vitamina E2, los suplementos de vitamina E por encima de los requerimientos diarios actúan como un potente estimulador del sistema inmune humoral, incrementando la resistencia a infecciones bacterianas, la vitamina E prácticamente no es tóxica. (Peplowski, y otros, 1980)

La vitamina E es un importante antioxidante celular y favorece la integridad de las membranas, incluidas las de los espermatozoides, una carencia predispone a daños en la membrana celular por la acción de los peróxidos formados, altos niveles reducen el riesgo de muerte cardíaca en el momento de la monta, en animales susceptibles, estos efectos pueden verse potenciados por la presencia de Se, vitamina C y otros micro ingredientes que intervienen en fenómenos de defensa contra la oxidación. (Mateos, Medel, & Carrión, 2014)

#### **2.1.1.6. Minerales inorgánicos y orgánicos**

Los minerales constituyen una pequeña proporción del organismo animal, pero tienen un papel importante como componentes estructurales y coenzimas de numerosos procesos orgánicos, en el caso del verraco hay que prestar especial atención a aquellos minerales que influyen sobre el sistema locomotor, la producción de semen y la estabilidad de los espermatozoides.

Los minerales son sustancias químicas esenciales para el organismo que se encuentran en la naturaleza, los podemos obtener principalmente de las plantas, las formas minerales queladas con ácidos orgánicos (sales orgánicas), denominados así porque se encuentran en los organismos vivos y contienen átomos de carbono presentan la cualidad de contener uniones débiles entre el ligado y el mineral, lo cual permite que la digestión gástrica las rompa fácilmente, se absorben por tanto, mejor, en este grupo podemos encontrar los gluconatos, los citratos, los picolinatos, los lactatos, los orotatos y los aminoquelados.

Estas formas son las que vamos a encontrar en suplementos y también en los alimentos, especialmente en el reino vegetal y animal, además, este tipo de solución salina presenta también alta biodisponibilidad de su contenido en minerales y oligoelementos al quedar ionizados tras su preparación con agua.

En cuanto a los quelados inorgánicos, por el contrario, no suelen ser muy biodisponibles, tienen más efectos secundarios asociados y una mayor toxicidad que los orgánicos, los sulfatos, óxidos, fosfatos y carbonatos, forman parte de este grupo.

Uno de los ejemplos más conocidos respecto de los efectos secundarios de las formas inorgánicas es el del hierro, que suele producir intolerancias gastrointestinales, encontramos esta forma mineral en el reino vegetal. (Cruz, 2016)

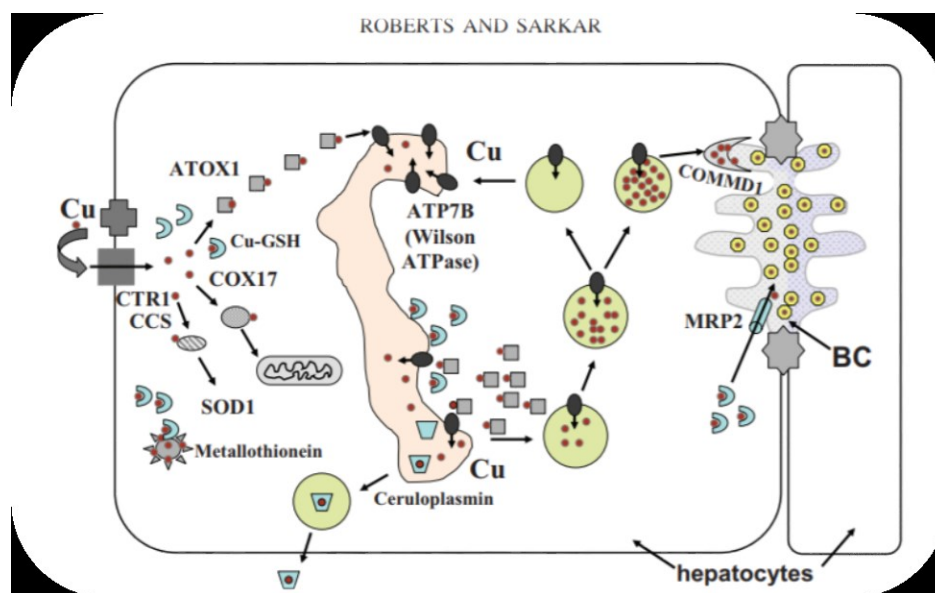
#### **2.1.1.6.1. Cobre**

El cobre es un componente de algunas enzimas como el citocromo oxidasa, cofactor y de proteínas activas esencial en la reproducción y en la formación ósea.

Sus funciones principales en las que interviene son respiración celular, protección frente a radicales libres, transporte de hierro, formación de elastina y colágeno, producción de melanina y

mantenimiento del sistema nervioso central SNC, necesario para la hematopoyesis y la pigmentación normal de la piel y lana. (Suttle, 2010)

El cobre participa activamente en la reproducción del verraco al formar parte de varias enzimas, el pienso debe contener 15 mg/kg.



**Figura 1.** Ruta metabólica del Cobre

Fuente: (Roberts & Sarkar, 2008)

El sitio de absorción del Cu varía dependiendo la especie, en cerdos se absorbe en el duodeno, pero también en la parte distal del intestino, su absorción es inversamente proporcional a su suministro, igualmente la edad disminuye drásticamente en animales destetados la fuente tiene un rol en la absorción siendo acetato, carbonato, sulfato y oxido de Cobre en forma descendente en su disponibilidad. (Suttle, 2010)

En el proceso el cobre de las dietas está en forma de  $\text{Cu}^{+2}$  que tiene que ser transformado a  $\text{Cu}^{+}$  mediante la acción de enzimas metalreductoras que están en los cepillos de las vellosidades intestinales, la enzima encargada de esta función es la (CTR1) la misma que posee tres sitios

específicos para el acople de  $\text{Cu}^+$ . En menor proporción es absorbida por proteína transportadora de cationes divalentes (DMTI). (Council, 2013)

La ruta que sigue se describe a continuación y se puede apreciar en la figura 1.

El superóxido dismutasa 1 (CCSI), transporta al cobre para su incorporación a la enzima Cu-Zn superóxido dismutasa (Cu-Zn SOD), posteriormente la COX 17, la cual transporta al cobre para que este forme parte de la enzima citocromo c oxidasa en la cadena respiratoria mitocondrial, y ATOX 1 guía al cobre en dirección a la proteína transportadora ATP 7B, para la excreción del cobre hepático, El cobre es excretado por medio del sistema biliar y finalmente excretado por medio de las heces. (Nakandakari, 2013)

#### **2.1.1.6.1.1. Deficiencia y toxicidad por cobre**

El bajo aporte de cobre en las dietas puede ocasionar decoloración en el pelo, anemia, fragilidad ósea, osteoporosis, insuficiencia cardíaca, disminución del estro, los neutrófilos disminuyen su poder haciendo a los animales susceptibles a microorganismos patógenos y enfermedades. (Council, 2013)

La intoxicación por cobre se puede presentar en cualquier especie, en aves y cerdos se utiliza de 20 a 50 veces por encima del requerimiento mejorando la velocidad de crecimiento, el sulfato de cobre permanece en el tracto digestivo evitando diarreas teniendo una actividad antimicrobiana y actuando como un promotor de crecimiento. (Council, 2013)

#### **2.1.1.6.2. Selenio**

Generalmente el selenio va unido a la vitamina E y ambos mejoran la fertilidad del verraco, un déficit de ambos puede ocasionar a largo plazo una degeneración testicular, así mismo, dietas bajas en selenio provocan alteraciones en las mitocondrias de los espermatozoides, junto con una

reducción del 25% en la concentración de ATP, ocasionando un aumento de la maduración de los mismos en el epidídimo, para una óptima fertilidad son suficientes con 0,20 mg/kg de M.S.

Un papel principal que cumple los minerales (Selenio y Zinc) en verracos se encuentra a nivel fisiológico en la producción y calidad espermática, actúa sobre la maduración de las células de Leydig ante la respuesta de la hormona luteinizante, presenta relación con la estabilidad de la membrana espermática y el contenido proteico del plasma seminal. (Razas Porcinas, 2014). Las cantidades del contenido en el líquido seminal y esperma eyaculado es muy alto, permitiendo una gran viabilidad al espermatozoide, en cambio el zinc que se encuentra en la parte testicular es primordial para la espermatogénesis. (Vallee, 1993)

El selenio (Se) en la espermatogénesis permite a los verracos tener una buena cantidad y calidad de esperma para la reproducción y una efectividad correcta en la fecundación y fertilización dentro de la actividad porcina.

El Zn y Se en la espermatogénesis tienen su acción en la maduración de las células de Leydig, responsables de la síntesis de testosterona, el selenio establece una barrera de protección en el núcleo del espermatozoide dando resistencia a la condensación de la cromatina cuando está expuesta a cualquier factor que la destruye.

#### **2.1.1.6.2.1. Ruta metabólica del selenio**

El duodeno es el sitio principal para la absorción de selenio, alrededor del 90% de selenio dietético y sales de selenio se absorben de la dieta; la absorción de selenio no está regulada y la homeostasis se regula controlando excreción urinaria, cuando el selenio dietético está en gran exceso, también expiró en el aliento como di metil seleniuro. (Council, 2013)

Selenocistina y selenometionina se absorben mediante transporte activo cuando está unida a un aminoácido y como selenito es absorbida por difusión, mientras que el selenato por un sodio mediado compartido con sulfato. (Hilton, Hodson, & Slinger, 1982)

Los principales órganos que intervienen en el metabolismo del selenio son el hígado y riñón regulando la asimilación y excreción del mineral (principalmente por vía renal) (Salazar, 2014), luego de su absorción es almacenada en los tejidos como selenometionina y selenocistina.

El selenio se incorpora a células blancas, proteínas y varias enzimas las pérdidas ocurren por los pulmones heces y orina. (Loayza, 2015)

#### **2.1.1.6.2.2. Deficiencia y toxicidad del selenio**

La deficiencia de selenio puede causar infertilidad, retención placentaria en muchas especies además de un crecimiento lento se puede contrarrestar esta deficiencia con la aplicación de vitamina E, la mayoría de las especies necesitan 3 mg/kg de selenio.

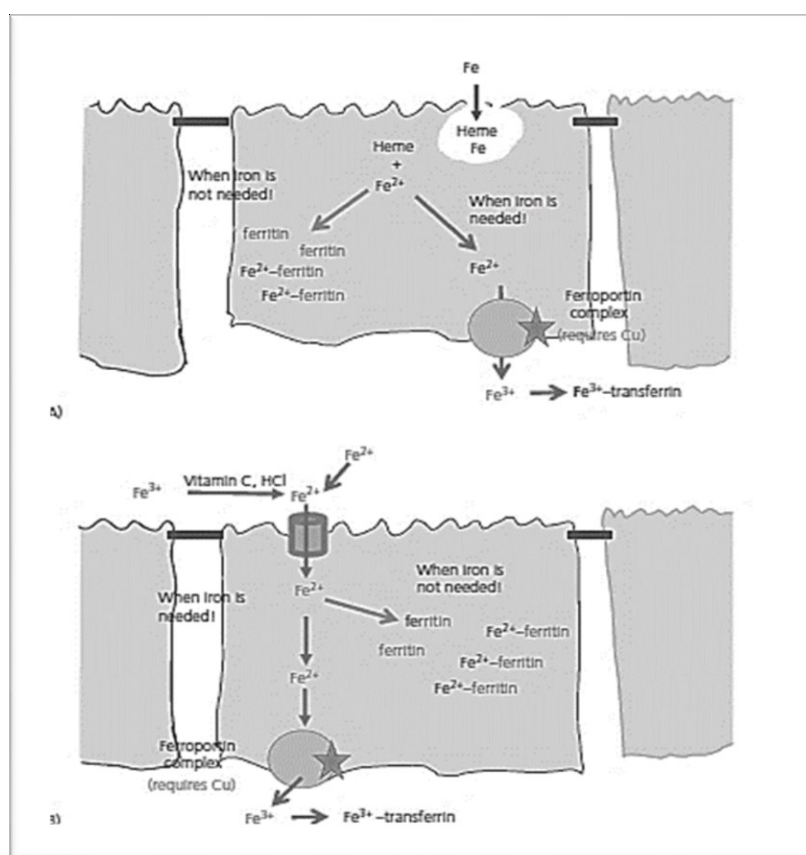
Existen dos formas de toxicidad por selenio una forma aguda como daño renal y ascitis mientras el daño crónico puede desencadenar en cojeras y mal formaciones. (Council, 2013)

#### **2.1.1.6.3. Hierro**

El hierro forma parte de la hemoglobina y de enzimas proteicos hemo-citocromos, interviniendo en el transporte de oxígeno, el pienso debe contener 100 mg/kg, el hierro actúa como componente del grupo hemo presente en moléculas de hemoglobina y mioglobina, el organismo requiere de este elemento para funciones de respiración y metabolismo celular, aproximadamente el 60% de hierro está presente en el cuerpo como grupo hemo, y la rápida expansión de los glóbulos rojos en los primeros días de vida aumentan el requerimiento de este elemento principalmente en cerdos. (Council, 2013)

### 2.1.1.6.3.1. Ruta metabólica del hierro

El hierro es absorbido en forma férrica  $Fe^{+3}$  en pequeñas cantidades, en los alimentos se encuentra en forma férrica, pero es transformada a forma ferrosa  $Fe^{+2}$ , figura. 4 por acción de ácidos en estómago, las formas orgánicas como oxalato, fitato y el fosfato inhiben la absorción de hierro, se une a receptores específicos en los enterocitos para facilitar la entrada al plasma celular, para luego ser movilizada a la parte basolateral para ponerse en contacto con la transferrina y transportado en la sangre. (Suttle, 2010)



**Figura 2.** Ruta metabólica del hierro

Fuente: (Goff, 2013)



#### **2.1.1.6.3.2. Deficiencias y toxicidad del hierro**

Deficiencias de hierro provoca anemia hipocrómica e microcítica debido a la escases de hemoglobina, animales con estas características consumen menos alimento y tienen una ganancia de peso reducida, como consecuencia en número de mortalidad y morbilidad aumenta, en animales adultos su deficiencia no es común porque sus requerimientos son menores. (Council, 2013)

El exceso de hierro en las dietas puede desencadenar una serie de problemas tales como: bloqueo de otros minerales en el organismo, principalmente Cu y Zn, peroxidación lipídica, producción de radicales libres en términos más comunes estrés oxidativo en casos comunes la intoxicación por hierro presenta diarreas, falta de apetencia y pérdida de peso. (Council, 2013)

#### **2.1.1.6.4. Forma Quelatada**

El  $\text{FeSO}_4$  ha tenido relevancia cuando se ha suministrado a cerdas lactantes y gestantes ya que promueven el crecimiento y la formación de Hb en lechones lactantes, una mayor relevancia se ha visto en cerdos en crecimiento, pero el tipo de diseño experimental ha hecho muy difícil su aplicación. (Suttle, 2010)

#### **2.1.1.6.5. Manganeso**

El aporte de manganeso mejora notablemente la calidad del semen, sus necesidades son de 100 mg/día, el pienso debe contener 50 mg/kg, los piensos ricos en maíz pueden ocasionar deficiencias de este oligoelemento.

El manganeso está presente en los vegetales a concentraciones de 0'3 mg a 17'6 mg por kilo de peso, localizándose especialmente en los órganos reproductores.

En los cerdos, la concentración es de 0,2 a 4 mg/kg, localizado fundamentalmente en el hígado, los músculos y la sangre, las mayores concentraciones de manganeso se encuentran en el hueso, hígado, hipófisis, páncreas, riñones e intestino, las concentraciones más bajas se observan en los pulmones, sangre y médula ósea. (Quiles, 2015)

#### **2.1.1.6.5.1. Ruta metabólica del Manganeso**

El manganeso tiene una acción sobre hígado, huesos, ligamentos, piel, riñones, hipófisis, sangre, glándulas salivares, retina, su concentración máxima se localiza en hígado y riñón.

En sangre, el manganeso presenta una proporción de 0'0001%, en el adulto esto equivale a 10 mg/100ml.

El manganeso es absorbido por las células mucosas del yeyuno y se excreta fundamentalmente con la bilis y también con el jugo pancreático y el jugo entérico, y sólo en pequeñísima proporción a través de las células epiteliales de los ácidos pancreáticos y las células mucosas intestinales, por consiguiente, las materias fecales constituyen su principal vehículo excretorio, alguna cantidad insignificante de manganeso en la sangre es convertida en quelatos y finalmente eliminada por los riñones.

El manganeso tiene acción sobre las reacciones de oxidorreducción, especialmente en el hígado (fosforilación oxidativa, oxidasas, lipasas, enzimas del catabolismo nitrogenado).

Actúa como cofactor en la síntesis de los ácidos grasos de cadena larga, en el metabolismo proteico activa las inter conversiones de aminoácidos; activa las peptidasas para el desdoblamiento específico de aminoácidos como la leucina, interviene en las funciones reproductoras, es un regulador importante de la acción glandular sobre el crecimiento.

#### **2.1.1.6.5.2. Necesidades del Manganeso**

En los primeros seis meses: el aporte alimenticio varía entre 2'5 y 25 microgramos por kg de peso al día, estas cifras varían en función de la edad, del tipo de leche y de los alimentos sólidos que el lechón consume.

Al empezar a tomar alimentos sólidos, aumenta el aporte de manganeso, la media es de 150-200 microgramos por kilo de peso al día, es decir de unos 2.500 microgramos.

En el adulto los aportes son de 2 a 3 mg/día, no se ha observado toxicidad con aportes de unos 9 mg al día y algunos autores llegan hasta considerar normales 15 mg/día.

#### **2.1.1.6.6. Zinc**

Un papel principal que cumple los minerales (Selenio y Zinc) en verracos se encuentra a nivel fisiológico en la producción y calidad espermática, actúa sobre la maduración de las células de Leydig ante la respuesta de la hormona luteinizante, presenta relación con la estabilidad de la membrana espermática y el contenido proteico del plasma seminal.

Las cantidades del contenido en el líquido seminal y esperma eyaculado es muy alto, permitiendo una gran viabilidad al espermatozoide, en cambio el zinc que se encuentra en la parte testicular es primordial para la espermatogénesis, para evitar daño oxidativo en la espermatogénesis existen los dos oligoelementos que son el zinc (Zn) y el selenio (Se), los cuales mejoran la estructura y la motilidad de los espermatozoides.

Según el Instituto Linus Pauling de la Oregón State University, el zinc (Zn) cumple funciones principales como es prevenir el daño tisular oxidativo. (Vallee, 1993)

Papel del zinc y selenio en la calidad del semen. Este papel fundamental que cumple el zinc (Zn)

El Zn y Se en la espermatogénesis tiene su acción en la maduración de las células de Leydig, responsables de la síntesis de testosterona, la cantidad de Zn (100 ppm) debe ser distribuida, una parte en forma de quelato el cual funciona como bloqueador de la ingesta de otros minerales no exclusivos en la espermatogénesis y así mantener una excelente calidad espermática. (Schell & Kornegay, 1996)

Los minerales como el zinc y selenio establecen una barrera de protección en el núcleo del espermatozoide dando resistencia a la condensación de la cromatina cuando está expuesta a cualquier factor que la destruye, ya que un contenido bajo de zinc nuclear desestabiliza a la cromatina e incrementa la vulnerabilidad del esperma, la falta de este mineral ocasiona la separación de la cabeza con la cola.

#### **2.1.1.6.6.1. Ruta metabólica del Zinc**

La mayoría de la absorción de Zn a partir de una dosis oral ocurre en la parte proximal del intestino delgado, pero este fenómeno es probablemente una función del mayor nivel del Zn presentado a las células epiteliales en esta región.

La alta capacidad de la albúmina plasmática para ligar Zn lleva a que la mayoría del Zn plasmático esté unido a proteínas (Ford, 2004). Similarmente, es probable que el Zn libre en el lumen intestinal, en presencia de una digesta compleja, represente una pequeña proporción del Zn total, la concentración de Zn total intracelular es alta, y ha sido estimada en alrededor de 200  $\mu\text{M}$  o 13  $\mu\text{g/ml}$ . Sin embargo, la presencia de proteínas limita dramáticamente la concentración de Zn libre, la que fue estimada por un rango femtomolar, correspondiente a menos de un átomo de Zn libre por célula. (Caiza, 2009)

El Zn en el lumen intestinal está presente en diferentes formas después de una comida como resultado de los procesos digestivos que liberan al Zn del alimento y de las secreciones endógenas. El Zn libre forma complejos con ligandos tales como aminoácidos y ácidos orgánicos. (Pechin, 2012)

#### **2.1.1.6.6.2. Funciones del Zinc**

El zinc es un mineral importante dentro del funcionamiento del sistema inmune, pues se encuentra en concentraciones altas en los leucocitos (21 mg/kg), sus funciones principales dentro del metabolismo son las de actuar como cofactor o regulador de distintas enzimas, entre las que cabe señalar la anhidrasa carbónica, las ADN y ARN polimerasas (enzimas que intervienen en la replicación celular y síntesis de proteínas, respectivamente) y la superóxido dismutasa (enzima que interviene en la desaparición de sustancias con poder oxidante). Como consecuencia, cuando se produce una deficiencia de zinc, se observa una reducción en el número de leucocitos, en la concentración total de gamma-globulinas y en la producción de anticuerpos específicos, además, hay una atrofia marcada del timo, un aumento de formas inmaduras de neutrófilos y una mayor susceptibilidad a enfermedades. (Campos, 2015)

#### **2.1.2. Razas de cerdos reproductores**

Dentro de las distintas razas inglesas: Large, Middle y Small White, han proporcionado a los criadores y simpatizantes un tipo que se adaptara a sus particulares exigencias.

Se originó en el condado de su nombre y parece ser el resultado del apareamiento de cerdos de origen céltico, que existían por entonces en los condados de York, Lincoln y Lancaster, con padres Leicestershire que, a su vez, provenían del cruzamiento asiático-ibérico.

### **2.1.2.1. Raza York Shire**

Los cerdos Yorkshire nos referimos a aquel género de animales oriundo de Yorkshire, Inglaterra que más ha ayudado y prestigiado las razas inglesas de los distintos porcinos a nivel mundial, asimismo, se puede apreciar que esta clase engloba una serie de variedades de cerdos que sin duda ha proporcionado a los diversos criadores un tipo que se adecuará a sus semejanzas y exigencias.

La raza de Cerdos Yorkshire es un buen productor de carne, de precocidad valiosa y de una excelente conversión de alimento, asimismo, en diversas pruebas elaboradas para apreciar el comportamiento, los animales de estas razas han sobrepasado incrementos de kilogramos diarios de hasta 574g, beneficios de canal elevados y notables pesos de los cortes valiosos.

Otra característica que tiene esta raza son sus elevados caracteres de reproducción, sus hembras muestran los mejores índices de reproducción.

Muy valorada por sus características maternas, esta raza se utiliza habitualmente en cruces como línea materna, es la mejor considerada entre las mejoradas, en cuanto a resistencia, capacidad lechera y productividad. También se encuentra, junto con la Duroc, entre las que presentan una mayor velocidad de crecimiento e índice de conversión, además de mejorar la calidad de carne cuando es utilizada en cruces, tiene la ventaja de que rara vez presenta carnes PSE (pálidas, blandas y exudativas). (Roa, 2016)

### **2.1.2.2. Raza Landrace**

La raza Landrace, es originaria de Dinamarca, con un censo de 10.686 reproductoras se ha convertido en la base de la ganadería porcina en España, debido a su excelente adaptación al medio, siendo el pilar para los programas de hibridación, obteniéndose hembras de muy buena producción

y excelente comportamiento, frente a las exigencias de las nuevas técnicas de manejo en las explotaciones porcinas.

Raza muy versátil, ya que se utiliza como línea pura, materna o paterna, sus índices productivos son muy parecidos a la Large White, 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, y una mayor tendencia a presentar PSE (carnes blandas, pálidas y exudativas). Esta raza está reconocida como de tipo magro, ya que presenta unos bajos valores de engrasamiento, es probablemente, junto con Large White la raza más utilizada. (Sánchez, 2017)

Esta raza es muy deseada también por su ganancia diaria en peso, conversión alimenticia y poca grasa. El Landrace es una raza blanca de buena musculatura, remarcado por la alta calidad de su canal, alto porcentaje de jamón y particularmente por la producción de tocino, por otro lado, tienen una respuesta óptima bajo condiciones adversas, tanto de producción como climáticas. (Sánchez, 2017)

Originaria de Dinamarca, tiene aptitud mixta y se utiliza frecuentemente en cruce con la raza Large White para dar lugar a las híbridas comerciales, capa completamente blanca, orejas en visera hacia delante y típica forma de zepelín, su carne es magra.

### **2.1.2.3. Raza Large White**

La raza Large White (denominación en Europa) o Yorkshire (denominada así en USA): Con origen en el Reino Unido tiene aptitud mixta, pero normalmente se usa como línea madre (elevada prolificidad). Capa completamente blanca, con perfil de la cabeza cóncavo y orejas erectas, se considera la raza más utilizada en las explotaciones intensivas.

Originarios de Inglaterra. Son de color blanco y presentan ocasionalmente manchas en la piel, con un total de 5.429 reproductoras, en la raza Large White su elevada fertilidad y buenas características maternas, con un excelente rendimiento en cebo y una buena calidad de la carne, su utilización, en los programas de hibridación, da como resultado estirpes de mayor porcentaje de carnes magras en la canal, función primordial en estos programas.

Esta raza se utiliza habitualmente en cruces como línea materna es, además, la Large White es la mejor raza en cuanto a valores de prolificidad (número de lechones por parto), cualidades maternas como capacidad lechera y productividad, aunque parece ser que da una edad de pubertad de su descendencia más tardía. (Sánchez, 2017)

También se encuentra, junto con la Duroc, entre las que presentan una mayor velocidad de crecimiento e índice de conversión, pero las cosas cambian cuando nos ponemos a hablar de parámetros de calidad, solo la raza Duroc está peor valorada en cuanto a calidad de la canal (que no de carne), por sus proporciones en partes nobles y por la calidad de la carne.

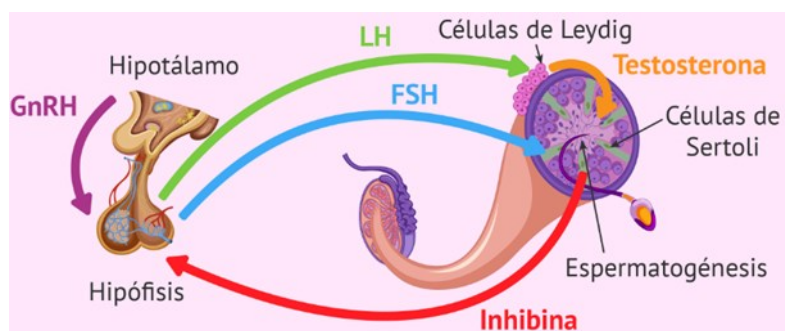
Para la calidad de la carne se toma en cuenta sobre todo la cantidad de grasa infiltrada en el músculo, además de mejorar la calidad de carne cuando es utilizada en cruces, tiene la ventaja de que rara vez presenta carnes PSE (pálidas, blandas y exudativas). (Sánchez, 2017)

### **2.1.3. Espermatogénesis (generalidades)**

La espermatogénesis es un proceso en el cual los gametos masculinos se desarrollan con funcionalidad y estructura, es decir la célula germinal se modifica a espermatozoide, para que ocurra este proceso debe actuar el sistema endocrino y el sistema reproductivo del cerdo está regulado por el hipotálamo, la adenohipófisis y los testículos.

En porcinos dura aproximadamente entre 25- 26 días. (De la Peña, Sánchez, & Bulnes, 2011)





**Figura 3.** Regulación hormonal de la espermatogénesis  
Fuente:(Google, 2011)

### 2.1.3.1. Edad de inicio como reproductor

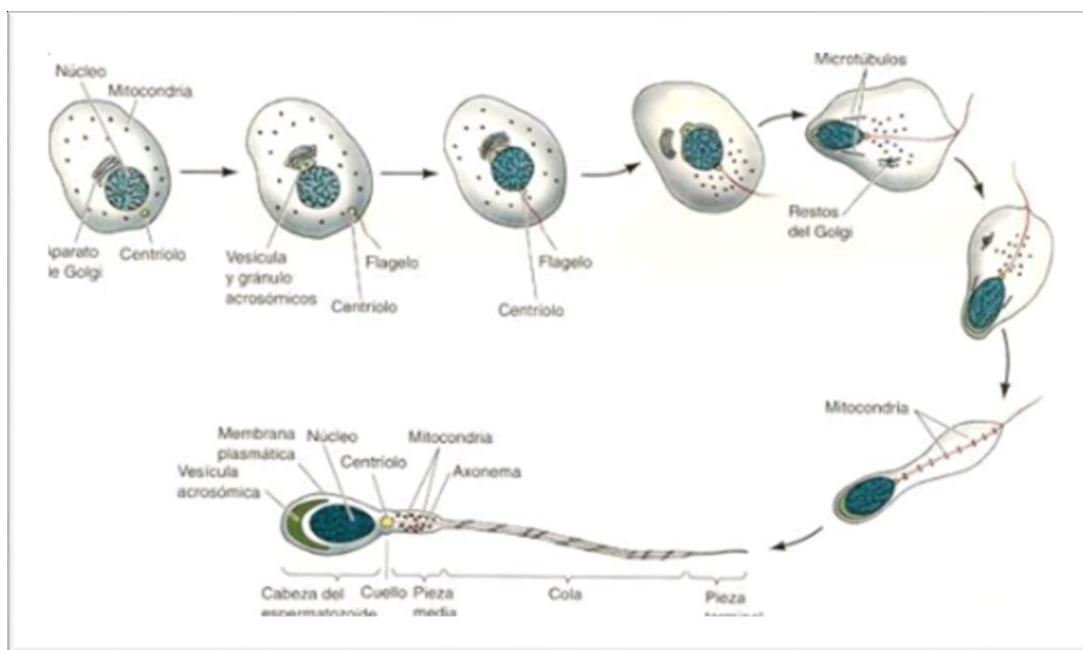
Los cerdos llegan a una edad de 6 a 8 meses de edad, de modo que ya han entrado a la pubertad, esta edad es ideal para la casa genética seminal, el animal necesita un entrenamiento, para ello es importante controlar la temperatura, la ventilación, mantener limpio el lugar y una buena alimentación. (Rial, 2007)

### 2.1.3.2. Fases de la espermatogénesis

Empieza con la proliferación, en esta fase las células germinales sufren un proceso de transformación a espermatogonias, estas producirán posteriormente dos espermatocitos para continuar con la fase de mitosis donde se obtendrá cuatro espermátidas haploides que son portadoras del cromosoma sexual X e Y con un par respectivamente, finalizando con la fase de espermiogénesis en donde se marca la cito diferenciación general y la célula sufrirá un conjunto de cambios que llevará a distinguirse a un espermatozoide. (De la Peña, Sánchez, & Bulnes, 2011)

Para que esto ocurra debe pasar por un procedimiento empezando por la condensación de la cromatina celular, seguida de la formación del capuchón enzimático o acrosoma Golgi y finalmente el desarrollo de la estructura flagelar y su implantación.

La espermatogénesis en los verracos requiere de 6 a 7 semanas (El sitio porcino, 2015)



**Figura 4.** Proceso de espermiogénesis  
Fuente:(Google, 2011)

#### 2.1.3.2.1. Maduración

Los espermatozoides deben atravesar el epidídimo abandonando el área testicular para llegar al conducto deferente, de esta manera podrán adquirir una motilidad progresiva y además la capacidad de interacción con el gameto femenino para poder fecundarlo, esto se debe a las interacciones entre las secreciones del epitelio y sus regiones (Fierro, González-Márquez, Ortiz, Chevrier, & Foliguet, 2013).

En los porcinos este ciclo de maduración de los espermatozoides tiene una permanencia de 10 días, por lo que puede alcanzar una durabilidad en la cola del epidídimo entre 4 a 7 días antes de que se produzca la eyaculación. (Moreno, y otros, 2009)

#### **2.1.3.2.2. Obtención e incremento de motilidad**

Este incremento es producido en el epidídimo ya que los espermatozoides al salir del área testicular poseen escasa o nula motilidad por ello debe haber cambios en el compuesto intracelular del espermatozoide estimulado por las proteínas vigentes en el mismo que ejecutaran sobre el flagelo. (Fierro, González-Márquez, Ortiz, Chevrier, & Foliguet, 2013)

#### **2.1.3.2.3. Cambios en la membrana plasmática**

Predominan las modificaciones físico- químicas de los lípidos pertenecientes a la membrana del espermatozoide, otorgando una alteración en el modelo de repartición de las proteínas, introduciendo nuevas proteínas sintetizadas en el epidídimo, finalmente con estas modificaciones la membrana del espermatozoide se apropie con la disposición de unirse e identificar al ovocito. (Kumar, Laloraya, & Laloraya, 1991)

#### **2.1.3.2.4. Salida de la gota citoplasmática**

En porcinos el proceso de circulación que realiza el espermatozoide por el epidídimo provoca un desalojo de la gota citoplasmática a posterior de la eyaculación, este proceso es fundamental para que finalmente el espermatozoide sea capaz de penetrar un ovocito y fecundarlo. (Gadella & Harrison, 2000)

#### **2.1.3.2.5. Eyaculado**

En los verracos el eyaculado consta de tres divisiones: una porción pre-espermática compuesta por plasma seminal de apariencia transparente varía entre 5 a 15 ml (Hernández Ballesteros, 1998), otra fracción espermática abundante lechosa con una alta densidad de espermatozoides con un volumen entre 50 y 150 ml, finalmente con una porción post- espermática de color blanquecino

con transparencia por la gran dosis de plasma seminal con pocos espermatozoides, pero cuantiosos crepúsculos gelatinosos denominados comúnmente como “tapioca” proveniente de las de las glándulas de Cowper su volumen va de 40 a 80 ml. (De la Peña, Sánchez, & Bulnes, 2011)

#### **2.1.4. Parámetros de evaluación**

##### **2.1.4.1. Características macroscópicas**

###### **2.1.4.1.1. Volumen**

Este parámetro puede inspeccionar la producción del verraco, esto puede variar según los factores medio ambientales, nutricionales y genéticos, acompañados del estado fisiológico este volumen varía entre 50 a 150 ml de porción espermática con un eyaculado aproximado de 250 ml. (Mellisho & Gallegos, 2006)

###### **2.1.4.1.2. Color**

La coloración puede variar entre blanco cremoso a un blanco lechoso, siendo una apariencia opaca lo que predomina indicando que se destaca una gran densidad de espermatozoides. (Cordova-Izquierdo, Muñoz-Mendoza, Córdova-Jiménez, Córdova-Jiménez, & Pérez-Gutiérrez, 2004)

###### **2.1.4.1.3. pH**

Este factor debe medirse ipso facto producido el eyaculado. Los valores aceptables de un eyaculado recién obtenido son de 6,4 a 7,4. Recalcando que los valores pueden alterarse dependiendo del tiempo, manipulación y concentración. (Caiza, 2009)

#### **2.1.4.1.4. Viscosidad**

La viscosidad es proporcional a la concentración en espermatozoides, esto puede alterarse dependiendo de las glándulas genitales de donde corresponda la secreción. (Cordova-Izquierdo, Muñoz-Mendoza, Córdova-Jiménez, Córdova-Jiménez, & Pérez-Gutiérrez, 2004)

#### **2.1.4.2. Características microscópicas**

##### **2.1.4.2.1. Motilidad**

Elemento indispensable que denota una estimación de proporción del movimiento de los espermatozoides, este análisis se realiza en seguida de la colecta ya que la temperatura al descender los espermatozoides tiende a perder movimiento, al examinar las muestras en el microscopio suministra información sobre el nivel de fertilidad, determinando la calidad del semen (García-Casado et al., 2010).

El movimiento puede dividirse en 4 escalas:

Muy bueno: torbellino intenso con ondas oscuras y claras.

Bueno: ondas en torbellino más lentas, no tan intensas.

Regular: movimiento lento con menos ondas.

Malo: muy poca actividad en torbellino o ninguna. (Hugo & Carina, 2015)

##### **2.1.4.2.2. Morfología**

Estudian la forma del esperma, existiendo anomalías o no, clasificados por porcentajes de normal y anormal.

#### **2.1.4.2.3. Dosis por eyaculado**

Una dosis debe contener de 2 a 7 X  $10^9$  ó un promedio de 4.5 X  $10^9$  espermatozoides vivos y un volumen de 70 a 90 ml. Obteniendo así, de 6 a 10 dosis por cada colección. (Bearden & Fuquay, 1980)

#### **2.1.4.2.4. Conservación del semen**

Dentro de los factores que afectan la calidad del semen esta los procedimientos empleados, el personal encargado, tipo de diluyente, reacciones bioquímicas. (Maqueda, 2001)

#### **2.1.4.2.5. Razas y calidad del semen**

En cuanto a la importancia del semen se señala existen contrastes entre las razas, es así que la raza Hampshire predomina en volumen; la Duroc en densidad, motilidad, y porcentaje de células vivas, y la Yorkshire en motilidad, mientras que en otras investigaciones se ha encontrado diferencias entre razas con la producción de semen, notificando que la motilidad al parecer es igual entre razas Chinas y Yorkshire. (Harayama, Kanda, & Kato, 1992)

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Ubicación del lugar de investigación

La presente investigación se realizó en el Centro de Inseminación PORCIGENETIC, ubicado en la provincia de Imbabura, cantón Antonio Ante, Parroquia: Atuntaqui, sector Perugal, a una altura de 2375 msnm, bajo las siguientes coordenadas geográficas: Latitud Norte: 00° 23'49"; Longitud Oeste: 76° 15'23".

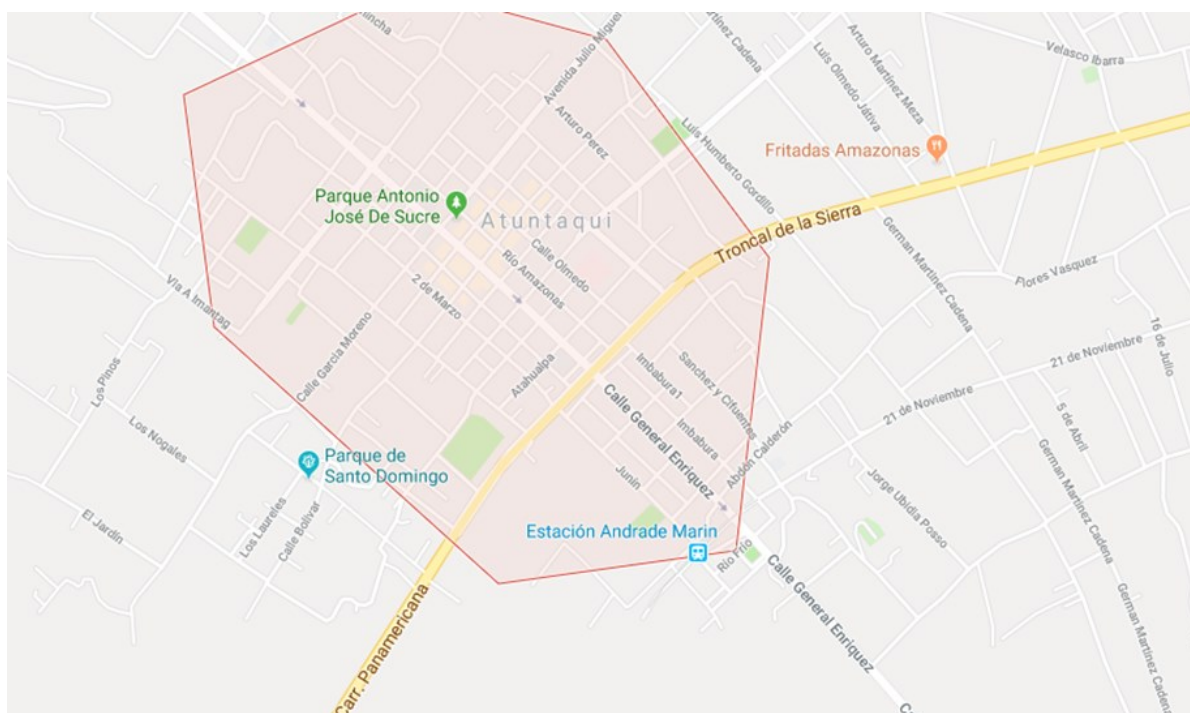
##### 3.1.1 Ubicación Ecológica

Según Cañadas (2015) indica que la zona de Atuntaqui pertenece a la formación ecológica de Bosque Montano Seco (Bms).

##### 3.1.2 Características climáticas

Temperatura media anual:	20° C
Precipitación media anual:	1250mm/año
Humedad relativa:	50-55 %

Fuente: Estación meteorológica de la PUCE-SI



**Figura 5.** Mapa de la ubicación del Cantón Antonio Ante  
Fuente: (Google maps, 2018)

## 3.2 Materiales y Equipos

### 3.2.1 Materiales de campo

- Cerdos machos reproductores
- Alimento concentrado
- Complejo mineral orgánico
- Complejo mineral inorgánico
- Balanza 0,01 grs.
- Recipientes de almacenamiento
- Micro mezcladora



- Balanza 0,1 grs
- Caballete o maniquí
- Equipo de extracción seminal
- Funda de recolección
- Termo de recolección
- Guantes de colección
- Gel antibacteriano
- Marcadores
- Cronometro
- Termómetro
- Cerdas
- Catéteres

### **3.2.2 Materiales y equipos de laboratorio**

- Probetas Stock
- Pipetas Stock
- Goteros
- Microscopio

- Fotómetro SpermaCue
- Porta y cubre objetos
- Calculadora
- Guantes
- Diluyente en polvo
- Calentador de temperatura
- Tubos para selladora
- Caja de aire acondicionado o unidad de almacenamiento

#### **3.2.2.1 Reactivos**

- Diluyente en polvo
- Agua purificada
- Medios de tinción
- Diluyentes
- Desinfectantes stock

### **3.3 Factores en estudio**

Se estudió un solo factor que corresponde al efecto de complejos minerales sobre la calidad espermática en cerdos machos reproductores

### 3.4 Diseño experimental

#### 3.4.1 Tipo de diseño

Se utilizó un Diseño de Bloques al Azar (DBCA) con Submuestras donde los bloques o repeticiones fueron tres que corresponden a las razas de los cerdos reproductores y las submuestras las evaluaciones semanales para el caso de semen sin dilución, mientras que en el semen diluido serán las evaluaciones de los 5 días.

#### 3.4.2 Esquema del análisis de la varianza del experimento

Semen Sin Dilución		Semen Diluido	
Fuentes De Variación	Gl	Fuentes De Variación	Gl
<b>Total</b>	41	<b>Total</b>	29
<b>Bloques</b>	2	<b>Bloques</b>	2
<b>Tratamientos</b>	1	<b>Tratamientos</b>	1
<b>E. Experimental</b>	2	<b>E. Experimental</b>	2
<b>E. Muestreo</b>	<b>36</b>	<b>E. Muestreo</b>	<b>24</b>

#### 3.4.3 Análisis funcional

Se realizó pruebas de significancia según DMS a un nivel de significancia de 0,5 y 0,01 dentro de los tratamientos

Las variables con escala fueron analizadas bajo una tabla de contingencia.

### 3.5 Características de los tratamientos para los bloques

Se utilizó dos tratamientos, el uno adición a la dieta de un complejo orgánico y la otra adición de complejo inorgánico a la dieta los cuales fueron con tres repeticiones donde tenemos:

2 Raza Landrace

2 Raza York

2 Raza Large-white

### **3.6 Variables en estudio**

La presente investigación estuvo conformada en dos etapas la cual permitió medir las variables propuestas: primero la etapa de valoración del semen sin dilución y la segunda etapa la valoración del semen diluido

### **3.7 Variables del semen extraído sin dilución**

#### **3.7.1 Volumen de eyaculado en ml.**

En laboratorio se procedió a medir en una probeta graduada volumen el fluido de semen extraído una bolsa de recolección. Este dato fue registrado en cada extracción.

#### **3.7.2 Concentración total espermática del eyaculado multiplicada por $10^9$**

Mediante el uso del fotómetro SDM 1, específico para la medición de concentraciones espermáticas, se analizó una muestra (1 ml) de semen extraído, en una micro cubeta en la bandeja del equipo el cual evalúa la cantidad de espermatozoides presentes por ml. Los pasos para la utilización de dicho aparato fueron:

- Calibración para semen porcino
- Dilución de las muestras de semen
- Fijación de la micro cubeta en la posición de medición
- La calibración se efectuó automáticamente en cada operación de medición

#### **3.7.3 Movilidad y vitalidad del espermatozoide expresada en %**

En la evaluación microscópica se dio una calificación porcentual de cuantos están vivos por movimiento de cualquier tipo. Para una mejor apreciación de los resultados se empleó una tinción con Nigrosina.

### **3.7.4 Motilidad progresiva expresada en escala de 0 a 5**

Por observación microscópica y con la ayuda una tabla valorada se calificó los movimientos esta escala va de 0 a 5. Esta observación se realizó luego de tres minutos de la extracción, para lo cual se tomó una gota de semen en el porta objetos y luego se observó dándole una calificación de acuerdo a la tabla referencial.

0 = Espermatozoides inmóviles.

1 = Espermatozoides con movimientos lentos sin desplazamientos.

2 = Espermatozoides con movimientos más vigorosos y casi ninguna o poca progresión.

3 = Espermatozoides con movimientos y desplazamientos lentos.

4 = Espermatozoides con progresiones rápidas.

5 = Espermatozoides con movimientos progresivos muy rápidos (forma de tirabuzón).

### **3.7.5 Aglutinación espermática en escala 1-3**

Esta observación se realizó en microscopio, dándole una calificación en una escala del 1 al 3. Se tomó una gota de semen en el porta objetos y se procedió a calificar. Esta valoración se realiza por varios factores entre los principales: mayor de espermatozoides producidos, efectos nutricionales, dobleces del flagelo, problemas infecciosos, térmicos etc. La aglutinación mayor al 40% se considera infértil.

1. Aglutinación del 1% al 10%

2. Aglutinación del 10 al 20%

3. Aglutinación del 20al 30%

### **3.7.6 Anormalidades morfológicas totales en %**

Se observó al microscopio y valoró porcentualmente las patologías siendo la suma de las anomalías acrosomales (cabeza) y del cuello y cola del espermatozoide estimándose que más

del 10% de estas afectan directamente al tamaño de camada. La técnica de laboratorio empleada fue la de tinción para cada morfología, para esto se dispuso en el laboratorio de la tinción Spermac, para evaluación morfológica

### **3.7.7 Anormalidades morfológicas o mal formación del acrosoma del espermatozoide en %**

Se analizó a nivel de laboratorio mediante el conteo de los espermatozoides que presentan alguna mal formación en cabeza, para esto se valoró todas las patologías en porcentaje, aquí se empleó la técnica de tinción de fluorescencia con el los reactivos para Tinción Farelly, siendo específico para evaluación morfológica.

### **3.7.8 Anormalidades morfológicas de la cola o dobles del flagelo del espermatozoide**

Esta patología morfológica se analizó en el laboratorio mediante el conteo de los espermatozoides que presentan alguna mal formación a nivel de cola del espermatozoide. Esta técnica se lo realizó con el tinte Eosina G, solución para tinción supravital

### **3.7.9 Presencia de gotas citoplasmáticas proximales y distales en %**

Esta patología se analizó en laboratorio mediante el conteo de los espermatozoides que presentan alguna mal formación o aglomeración de citoplasma a nivel de cuello, y cola del espermatozoide los valores encontrados se expresaron en porcentaje y se empleó la técnica de tinción de fluorescencia. Esta técnica se lo realizó con el tinte SpermBlue, tinción para análisis morfológico.

### **3.7.10 pH del semen extraído**

Esta evaluación se realizó por medio de un equipo PH digital Meter, RISEPRO Digital pH Meter en el cual se valora en una gota de semen.

### **3.8 Variables de semen diluido de 1 al 5 día**

#### **3.8.1 Movilidad y vitalidad del espermatozoide de la muestra diluida expresado en%**

En una muestra de semen diluido se evaluó y valoró a nivel microscópico en términos porcentuales las siguientes variables.

#### **3.8.2 Promedios por tratamiento de la movilidad y vitalidad del espermatozoide de la muestra diluida expresado en%**

Mediante el microscopio se realizó la prueba de movilidad y vitalidad, siguiendo la misma metodología que en el caso de semen sin diluir, debiendo indicar que el número de espermatozoides en observación en el semen diluido disminuye.

#### **3.8.3 Motilidad progresiva de la muestra diluida en escala del 0 al 5**

Como en el caso del semen sin diluir se precedió a tomar una muestra diluida y a calificar mediante la tabla para mortalidad progresiva.

#### **3.8.4 Promedio del número de lechones nacidos vivos o viabilidad en tres cerdas primerizas por tratamiento y reproductor**

En base a registros, se procedió a verificar en el sistema del Centro de Inseminación PORCIGENETIC la información de las cerdas registradas e inseminadas a fin de determinar el número de lechones nacidos que se obtuvo por cerda inseminada.

### **3.9 Metodología específica para el manejo del ensayo**

#### **3.9.1 Disposición de los animales**

En la presente investigación se tomó seis animales destinados como donadores de espermatozoides los cuales presentan su registro de vida, sanitario y nutricional los cuales deben superar ciertos parámetros para calificar a la edad de ocho meses para su finalidad de donadores de diferentes razas:

Número	Raza	Edad
2	Landrace	9 Meses
2	York	8 Meses
2	Lage White	8 Meses

En la presente la investigación se trabajó en las instalaciones del Centro de Inseminación artificial PORCIGENETIC en un galpón cerrado bajo estrictas normas de bioseguridad en condiciones ideales de ambiente y estructura física, las cuales permitió garantizar el bienestar de los animales, desde el momento en que los animales son seleccionados hasta la última extracción para valoración.

### **3.9.2 Preparación de los animales antes de la extracción**

Una vez que los animales fueron seleccionados a la edad adecuada, se procedió a entrenarlos durante un mes para que suban al maniquí, a la vez se les extrajo semen para ver su viabilidad, en este tiempo se procedió a mantenerlos bajo los protocolos de manejo del centro de inseminación, los cuales garantizan que gocen de buena salud los reproductores donantes. Cabe indicar que desde la primera extracción a estos cerdos se los realiza de forma continua una vez cada semana durante todo el periodo de la investigación, no esa claro

#### **3.9.2.1 Preparación de las dietas**

En base a los requerimientos nutricionales de los animales, con la ayuda del software NUTRION 5 se procedió a realizar una dieta iso energética, iso proteica e iso fosfórica para suministrarles a partir de la primera extracción desde el tiempo de entrenamiento, en este periodo se incluyó los complejos orgánico e inorgánico (tratamientos) en función de una tabla de consumo durante el tiempo que duro la investigación, para posteriormente tomar las muestras para los respectivos análisis.



### **3.9.2.2 Cálculo para la mezcla de los complejos minerales**

La empresa PREMEX que distribuye pre mezclas al sector pecuario, fue la encargada de formular y elaborar los dos complejos minerales, uno de origen orgánico y otro de origen inorgánico para cerdos donantes reproductores (verracos).

El cálculo se realizó mediante la recomendación del fabricante el cual sugiere adicionar a la dieta 10kg de PREMEX inorgánico por tonelada y orgánica por tonelada.

Primero se pesó la dieta base 500 kg y luego el complejo mineral 5 kg en una balanza, luego se pasó a una mezcladora horizontal por 10 minutos a fin de obtener un producto homogéneo el cual se empaco y se guardó. La dieta base fue formulada y elaborada en el centro de inseminación porcina PORCIGENETIC (anexo 1), su presentación fue en polvo. Luego se procedió a tomar muestras y se mandó a realizar un análisis de minerales a fin de determinar la cantidad de micro elementos presentes y poder comparar con las tablas de referencia de requerimientos para cerdos reproductores.

### **3.9.2.3 Suministro de las dietas**

Obtenida la dieta se procedió a suministrar la cantidad de 4 kg diarios, esta cantidad se dividió en dos raciones al día una de 2 kg. En la mañana y 2 en la tarde a cada animal esta ración fue constante durante toda la investigación

### **3.9.3 Colección de semen**

Mediante un envase térmico precalentado, con la funda específica con filtro se realizó la colección del semen, previo a esta actividad, el cerdo fue aseado y conducido a la sala de extracción con un el maniquí para simular a la cerda. En la extracción se siguió el protocolo establecido para extracción y colección de semen en cerdos y la muestra fue tomada una vez que empezó a drenar la parte rica de espermatozoides de color lechoso blanco, alrededor de unos 8 a 10 minutos.

#### **3.9.4 Evaluación de semen**

Ya con el semen en el termo se procedió de inmediato en el laboratorio a evaluar primero el volumen y luego las demás variables, fue necesario recalcar que esta evaluación se debe hacer lo más rápido y sin cambio de temperatura.

#### **3.9.5 Dilución de semen porcino**

Previo a la dilución fue necesario que el diluyente este en reposo unos 10 a 15 minutos, para esto primeramente se precalentó el agua bi destilada, colocando el diluyente y manteniendo a una temperatura de 34 grados, y se procedió la dilución según los cálculos ya establecidos.

#### **3.9.6 Procesado del semen**

Con el semen diluido se procedió a realizar la evaluación microscópica la cual cumplió ciertos niveles para su conservación y por últimos se puso en frascos y/o sachets especiales, la cantidad de 90 ml para su conservación.

#### **3.9.7 Conservación de semen e inseminación**

Ya con el frasco o pajueta, se procedió a identificar y etiquetar con membretes que llevaban la información de la pajueta colocado en un conservador a 17 grados el cual permaneció durante 5 días según el diluyente que se utilizó, en esta investigación el diluyente usado fue el ANDROESTAR de 5 días. Cabe indicar que esta información fue guardada en el sistema de cómputo del centro.

#### **3.9.8 Transferencia o inseminación en cerdas**

Detectado el celo en la cerda se trasladó en un termo la pajueta dosis o frasco conteniendo la cantidad necesaria de semen, se aplicó protocolos de bio seguridad respectivas y en un lugar libre de la influencia de los rayos solares, con la ayuda de un catéter específico, se procedió a la inseminación y registrar en el sistema de datos del centro

### **3.9.9 Número de cerdos nacidos**

Transcurrido 115 días de gestación se procedió a llamar o visitar a los dueños de las cerdas servidas, para recopilar la información, para el centro, el cual es procesado para evaluar a los futuros donadores. Esta información se tomó como variable para la investigación.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSION

#### 4.1 Variables de semen extraído sin dilución

##### 4.1.1 Volumen de eyaculado en ml

Los tratamientos en estudio se diferenciaron estadísticamente al nivel del 10% sobre el volumen de eyaculado en ml. del semen de los cerdos reproductores, al establecer el análisis de variancia (Tabla 5).

El promedio general del volumen de eyaculado en ml. de los reproductores porcinos fue de 233.88 con un coeficiente de variación de 3.51%

#### **Tabla 5**

*Análisis de variancia del volumen de eyaculado en ml. del semen de los cerdos reproductores, bajo el efecto de complejos minerales inorgánicos y orgánicos en la alimentación de cerdos reproductores.*

Fuentes De Variación	Gl	Suma Cuadrados	Cuadrados Medios	F
Total	41	15320,40		
Bloques	2	2363,62	1181,81	2,13ns
Tratamientos	1	9420,02	9420,02	16,98 *
E. Experimental	2	1109,33	554,67	8,23**
E. Muestreo	36	2427,43	67,43	
$\bar{X}$ (ML.)			<b>233,88</b>	
C.V(%)			<b>3,51</b>	

**Nota:** ns: Prob. > 0,05; no existen diferencias estadísticas.

\*: Prob. < 0,1; existen diferencias significativas.

\*\* : Prob. < 0,05; existen diferencias altamente significativas.

Medias con letras iguales en la misma fila (en cada factor de estudio), no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de DMS.

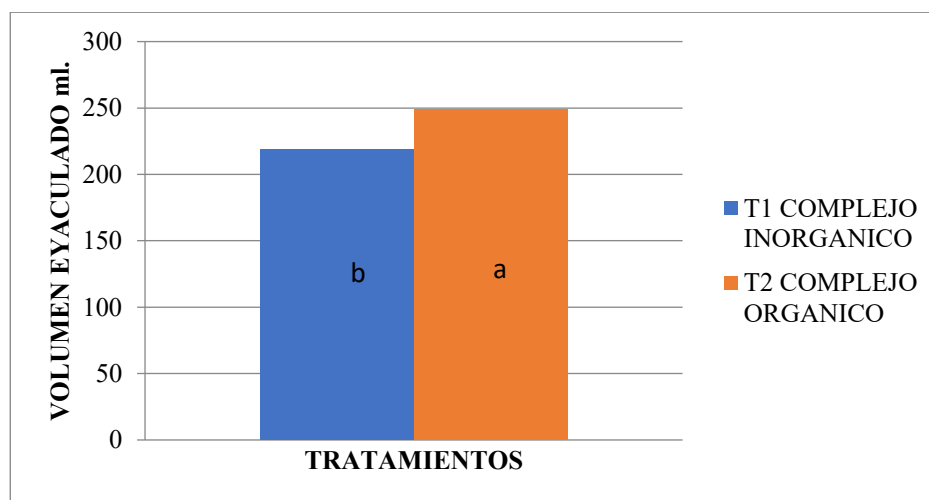
La suplementación de una dosis de un complejo mineral de origen orgánico en la dieta (T2 Orgánico) manifestó un mayor promedio del volumen de eyaculado de 248,86 ml. extraído y medido en probeta graduada diferenciándose estadísticamente a nivel del 10% mediante la prueba de DMS de la suplementación de una dosis de un complejo mineral de origen inorgánico en la dieta (T1 Inorgánico) cuyo volumen de eyaculado fue de 218,90 (Tabla 5 y figura 6).

Estos resultados permiten manifestar que el suministro del complejo orgánico en los cerdos reproductores, permiten incrementar el volumen de eyaculado, solucionando uno de los problemas graves dentro del proceso de inseminación artificial.

**Tabla 6**

*Promedios por tratamiento del volumen de eyaculado en ml. de semen de reproductores, DMS al 10%.*

Tratamientos	Volumen De Eyaculado (ml)
T1 Inorgánico	218,90 ± 15,94 b
T2 Orgánico	248,86 ± 6.39 a



**Figura 6.** Análisis comparativo de, complejo inorgánico y orgánico en la dieta de cerdos reproductores sobre el volumen de eyaculado en ml., DMS al 10%.

#### 4.1.2 Concentración total espermática del eyaculado multiplicada por $10^9$

El análisis de variancia en la concentración total espermática del eyaculado multiplicada por  $10^9$  manifestó diferencias estadísticas entre los tratamientos en estudio a nivel del 5% (Tabla 7).

El promedio general de la concentración total espermática del eyaculado de cerdos reproductores, fue de  $62,86 \times 10^9$ , con un coeficiente de variación de 4.66%.

**Tabla 7**

*Análisis de variancia de la concentración total espermática del eyaculado multiplicada por 10<sup>9</sup> bajo el efecto de complejos minerales inorgánicos y orgánicos en la alimentación en cerdos reproductores*

Fuentes De Variación	Gl	Suma Cuadrados	Cuadrados Medios	F
<b>Total</b>	41	2015,14		
<b>Bloques</b>	2	712,43	356,21	31,90 **
<b>Tratamientos</b>	1	971,52	971,52	87,00 **
<b>E. Experimental</b>	2	22,33	11,17	1,30 ns
<b>E. Muestreo</b>	36	308,86	8,58	
$\bar{X}$ (Concentración X 10 <sup>9</sup> )			<b>62,86 X 10<sup>9</sup></b>	
<b>C.V(%)</b>			<b>4,66</b>	

**Nota:** ns: Prob. > 0,05; no existen diferencias estadísticas.

\*: Prob. < 0,1; existen diferencias significativas.

\*: Prob. < 0,05; existen diferencias altamente significativas.

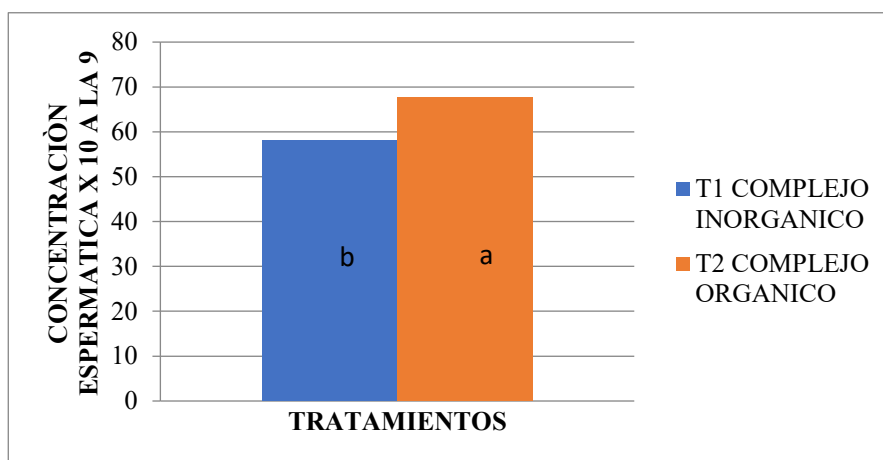
Medias con letras iguales en la misma fila (en cada factor de estudio), no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de DMS.

La suplementación de una dosis de un complejo mineral de origen orgánico en la dieta (T2 Orgánico) fue muy eficiente pues manifestó una mayor concentración total espermática del eyaculado de  $67,67 \times 10^9$  diferenciándose estadísticamente a nivel del 5% mediante la prueba de DMS de la suplementación de una dosis de un complejo mineral de origen inorgánico en la dieta (T1 Inorgánico) cuya concentración total espermática del eyaculado apenas alcanzo una concentración de  $58,05 \times 10^9$ . Este resultado del incremento de la concentración espermática en cerdos reproductores bajo el suministro de un complejo mineral orgánico, permite solucionar un problema dentro de la reproducción porcina que dificulta también dentro del proceso de establecimiento de pajillas para la inseminación artificial.

**Tabla 8**

*Promedios por tratamiento de la concentración total espermática del eyaculado multiplicada por 10<sup>9</sup>, DMS al 5%.*

Tratamientos	Concentración Espermática
<b>T1 Inorgánico</b>	58,05 ± 5,97 b
<b>T2 Orgánico</b>	67,67 ± 4,07 a



**Figura 7.** Análisis comparativo del complejo inorgánico y orgánico en la dieta de cerdos reproductores sobre la concentración total espermática del eyaculado multiplicada por 109

#### 4.1.3 La movilidad y vitalidad del espermatozoide expresada en %

El análisis de variancia de la movilidad y vitalidad del espermatozoide expresado en porcentaje manifestó diferencias estadísticas entre los dos tratamientos en estudio al nivel del 10% (Tabla 9).

El promedio general de la movilidad y vitalidad del espermatozoide fue de 91,31% con un coeficiente de variación de 2,03%

**Tabla 9**

*Análisis de variancia de la movilidad y vitalidad del espermatozoide expresada en %, bajo el efecto de complejos minerales inorgánicos y orgánicos en la alimentación de cerdos reproductores*

Fuentes De Variación	Gl	Suma Cuadrados	Cuadrados Medios	F
<b>Total</b>	41	1140,98		
<b>Bloques</b>	2	312,05	156,02	12,53 *
<b>Tratamientos</b>	1	680,02	680,02	54,61*
<b>E. Experimental</b>	2	24,90	12,45	3,62 **
<b>E. Muestreo</b>	36	124,00	3,44	
<b><math>\bar{X}</math> (%)</b>		<b>91,31</b>		
<b>C.V.(%)</b>		<b>2,03</b>		

**Nota:** ns: Prob. > 0,05; no existen diferencias estadísticas.

\*: Prob. < 0,1; existen diferencias significativas.

\*\* : Prob. < 0,05; existen diferencias altamente significativas.

Medias con letras iguales en la misma fila (en cada factor de estudio), no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de DMS.

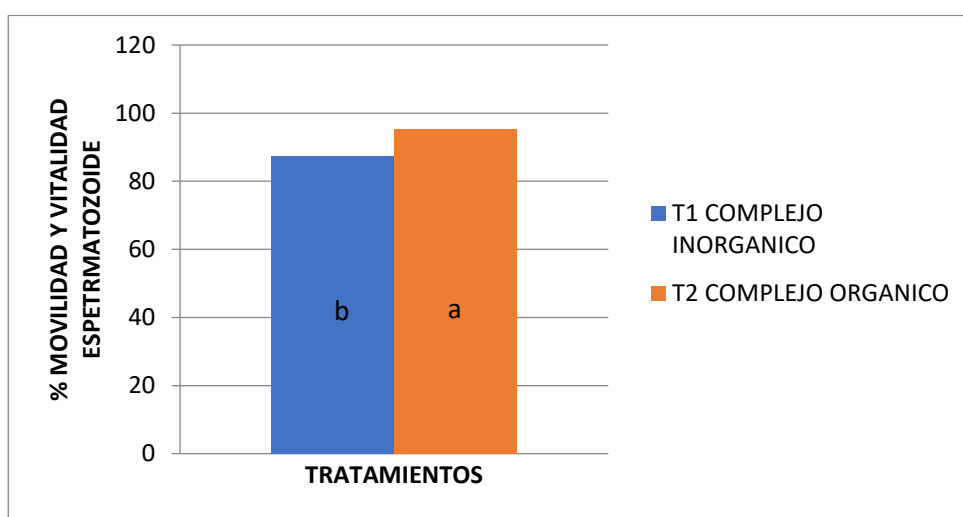
La suplementación de una dosis de un complejo mineral de origen orgánico en la dieta (T2 orgánico) fue eficiente con respecto al porcentaje de movilidad y vitalidad del espermatozoide pues alcanzo un 95.33%, mientras que con la suplementación de un complejo inorgánico apenas logro un 87,29%, diferenciándose estadísticamente mediante la prueba de DMS al 10% (cuadro 10, figura 8), este resultado es fundamental pues la movilidad y vitalidad del espermatozoide es muy importante dentro de la biotecnología de los cerdos dentro del proceso de inseminación artificial.

**Tabla 10**

*Promedios por tratamiento de la movilidad y vitalidad del espermatozoide expresada en %, DMS al 10%*

**Tratamientos**    **% Movilidad Y Vitalidad Espermatozoide**

T1 Inorgánico	87,29 ± 3,89 b
T2 Orgánico	95,33 ± 2,82 a



**Figura 8.** Análisis comparativo del complejo inorgánico y orgánico en la dieta de cerdos reproductores sobre la movilidad y vitalidad del espermatozoide expresado en %, DMS al 10%.

#### 4.1.4 Motilidad progresiva expresada en escala de 0 a 5

Al establecer la tabla de contingencia de la motilidad progresiva, se estableció que los complejos minerales manifiestan un comportamiento muy diferente reflejado en la Chi-cuadrada de 26,25



significativo al 1%, debido a que todas las 21 evaluaciones de los reproductores que recibieron el complejo mineral orgánico presentaron una motilidad progresiva entre las escalas de 4 a 5, que corresponden 4: Espermatozoides con progresiones rápidas, 5: Espermatozoides con movimientos progresivos muy rápidos (forma de tirabuzón). Escalas únicas permitidas para el proceso de inseminación artificial; mientras que, los reproductores que recibieron el complejo mineral inorgánico presentaron una motilidad progresiva entre las escalas de 3 a 4, perteneciendo únicamente 9 de las 21 evaluaciones a la escala de 4. De estos resultados se desprende la efectividad del complejo orgánico para alcanzar el 100% de las muestras con la escala adecuada de motilidad para que puedan ser utilizadas en las pajillas para inseminación artificial (Tabla 11 y figura 9).

**Tabla 11**

*Tabla de contingencia de la motilidad progresiva expresada en escala de 0 a 5, bajo el efecto de complejos minerales inorgánicos y orgánicos en la alimentación de cerdos reproductores.*

Tratamientos	Escala 3	Escala 4	Escala 5	Total
T1 Inorgánico	12	9	0	21
T2 Orgánico	0	7	14	21
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>16</b>	<b>14</b>	<b>42</b>

**Chi- Cuadrado**

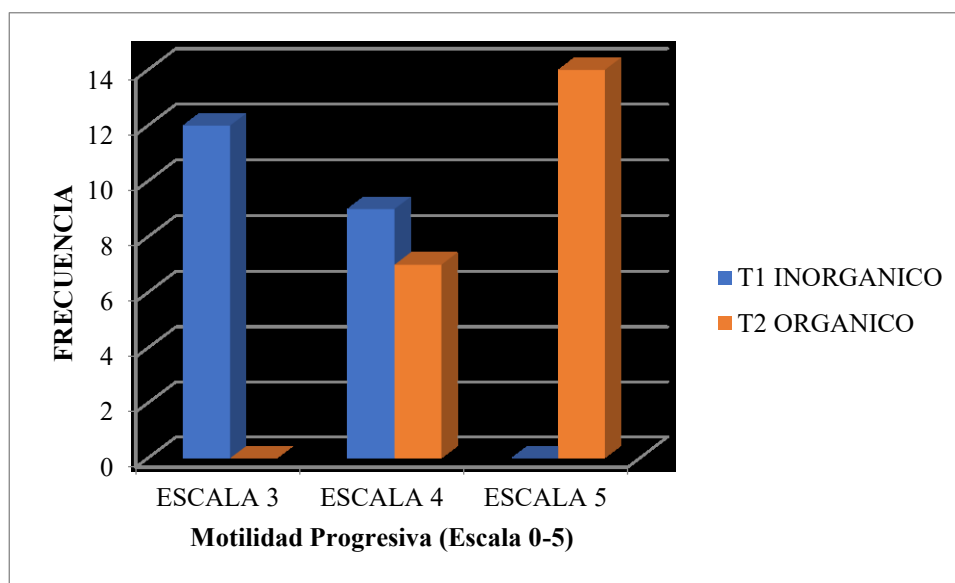
**26,25 \*\*\***

**Nota:** ns: Prob. > 0,05; no existen diferencias estadísticas.

\*: Prob. < 0,1; existen diferencias significativas.

\*\* : Prob. < 0,05; existen diferencias altamente significativas.

Medias con letras iguales en la misma fila (en cada factor de estudio), no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de DMS.



**Figura 9.** Frecuencias con respecto a la motilidad progresiva expresada en escala de 0 a 5, con respecto al efecto de complejos minerales inorgánicos y orgánicos en la alimentación de cerdos reproductores.

#### 4.1.5 Aglutinación espermática en escala 1-3

Al establecer la tabla de contingencia entre la escala de la aglutinación espermática, con los dos tratamientos en estudio complejos minerales orgánicos e inorgánicos la Chi-cuadrada de 10,25\*\*\* fue significativa al 1%, lo que manifiesta un diferente comportamiento de los dos complejos, ya que bajo el complejo orgánico las mayores frecuencias corresponden a las escalas 1 y 2, mientras que en la inorgánica en las escalas 2 y 3 (Tabla 12 y figura 10).

**Tabla 12**

*Tabla de contingencia de la aglutinación espermática es escala de 1 a 3, bajo el efecto de complejos minerales inorgánicos y orgánicos en la alimentación de cerdos reproductores.*

Tratamientos	Escala 1	Escala 2	Escala 3	Total
T1 Inorgánico	3	7	11	21
T2 Orgánico	10	9	2	21
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>16</b>	<b>13</b>	<b>42</b>

**Chi-Cuadrado** 10,25\*\*\*

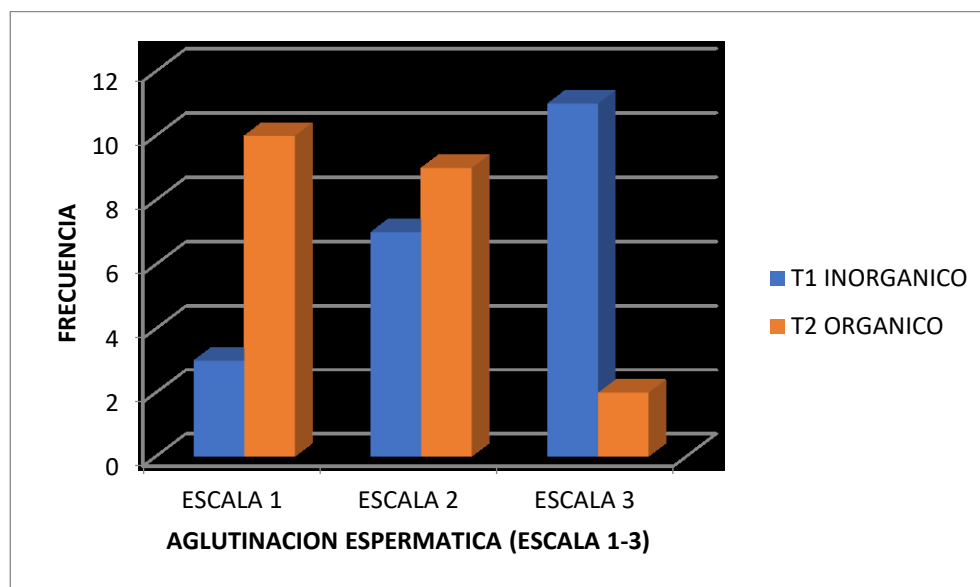
**Nota:** \*\*\*significativo al 1%

ns: Prob. > 0,05; no existen diferencias estadísticas.

\*: Prob. < 0,1; existen diferencias significativas.

\*\* : Prob. < 0,05; existen diferencias altamente significativas.

Medias con letras iguales en la misma fila (en cada factor de estudio), no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de DMS.



**Figura 10.** Frecuencias con respecto a la aglutinación espermática expresada en escala de 1 a 3, con respecto al efecto de complejos minerales inorgánicos y orgánicos en la alimentación de cerdos reproductores

#### 4.1.6 Anormalidades morfológicas totales del espermatozoide en %

En el análisis de variancia del porcentaje de anormalidades morfológicas totales del espermatozoide se encontró diferencias estadísticas a nivel del 10% entre los tratamientos en estudio (Tabla 13).

El promedio general del porcentaje de anormalidades morfológicas totales del espermatozoide fue de 10,45%, con un coeficiente de variación de 13,09%

**Tabla 13**

*Análisis de variancia de las Anormalidades morfológicas totales del espermatozoide en %, bajo el efecto de complejos minerales inorgánicos y orgánicos en la alimentación de cerdos reproductores*

Fuentes De Variación	Gl	Suma Cuadrados	Cuadrados Medios	F
Total	41	564,40		
Bloques	2	64,19	32,10	1,32 Ns
Tratamientos	1	384,02	384,02	15.75 *

CONTINUA→

<b>E. Experimental</b>	<b>2</b>	<b>48,76</b>	<b>24,38</b>	<b>13,03 ***</b>
<b>E. Muestreo</b>	<b>36</b>	<b>67,43</b>	<b>1,87</b>	
<b><math>\bar{X}</math> (%)</b>			<b>10,45</b>	
<b>C.V.(%)</b>			<b>13,09</b>	

**Nota:** ns: Prob. > 0,05; no existen diferencias estadísticas.

\*: Prob. < 0,1; existen diferencias significativas.

\*\* : Prob. < 0,05; existen diferencias altamente significativas.

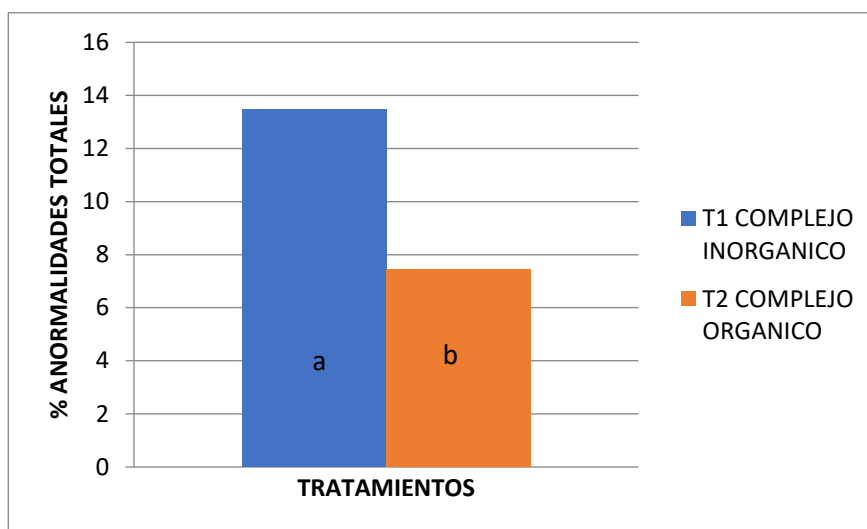
Medias con letras iguales en la misma fila (en cada factor de estudio), no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de DMS.

En el cuadro 14 y figura 11 se puede apreciar claramente la bondad del complejo mineral orgánico pues apenas presento un 7,43% de anomalías morfológicas totales del espermatozoide, mientras que bajo el complejo inorgánico el porcentaje llegó a un 13,48%. Es importante manifestar que el porcentaje obtenido con los cerdos alimentados con el complejo mineral orgánico 7.43% fue menor que el obtenido en semen fresco en el estudio “Caracterización cualitativa de patologías espermáticas. Estudio comparativo de la incidencia de anomalías espermáticas en semen porcino fresco y refrigerado” realizado por M. E. Torretta, M. B. Rabaglino Y S. Ferrero que alcanzó 10.22%, por otro lado, hay que manifestar que la evaluación de las anomalías totales de los espermatozoides es fundamental para el éxito reproductivo de programas de inseminación artificial.

#### **Tabla 14**

*Promedios por tratamiento de las anomalías morfológicas totales del espermatozoide en %*

<b>Tratamientos</b>	<b>% Anormalidades Totales</b>
<b>T1 Inorgánico</b>	13,48 ± 2,84 a
<b>T2 orgánico</b>	7,43 ± 0,98 b



**Figura 11.** Análisis comparativo de, complejo inorgánico y orgánico en la dieta de cerdos reproductores sobre las anomalías morfológicas totales del espermatozoide en %

#### 4.1.7 Anormalidades morfológicas o mal formación del acrosoma del espermatozoide en %

El análisis de variancia del porcentaje de anomalías morfológicas o mal formación del acrosoma del espermatozoide, no presento diferencias estadísticas entre los tratamientos en estudio (Tabla 15).

El promedio general de las anomalías morfológicas o mal formación del acrosoma del espermatozoide fue del 4.43%, con un coeficiente de variación de 18,76%

**Tabla 15**

*Análisis de variancia de las anomalías morfológicas o mal formación del acrosoma del espermatozoide en %, bajo el efecto de complejos minerales inorgánicos y orgánicos en la alimentación de cerdos reproductores*

Fuentes De Variación	Gl	Suma Cuadrados	Cuadrados Medios	F
Total	41	214,29		
Bloques	2	75,00	37,50	3,27 Ns
Tratamientos	1	91,52	91,52	7,99 Ns

CONTINUA→

E. Experimental	2	22,90	11,45	16,59 ***
E. Muestreo	36	24,86	0,69	
$\bar{X}$ (%)			4,43	
C.V.(%)			18,76	

Nota: ns: Prob. > 0,05; no existen diferencias estadísticas.

\*: Prob. < 0,1; existen diferencias significativas.

\*\* : Prob. < 0,05; existen diferencias altamente significativas.

Medias con letras iguales en la misma fila (en cada factor de estudio), no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de DMS.

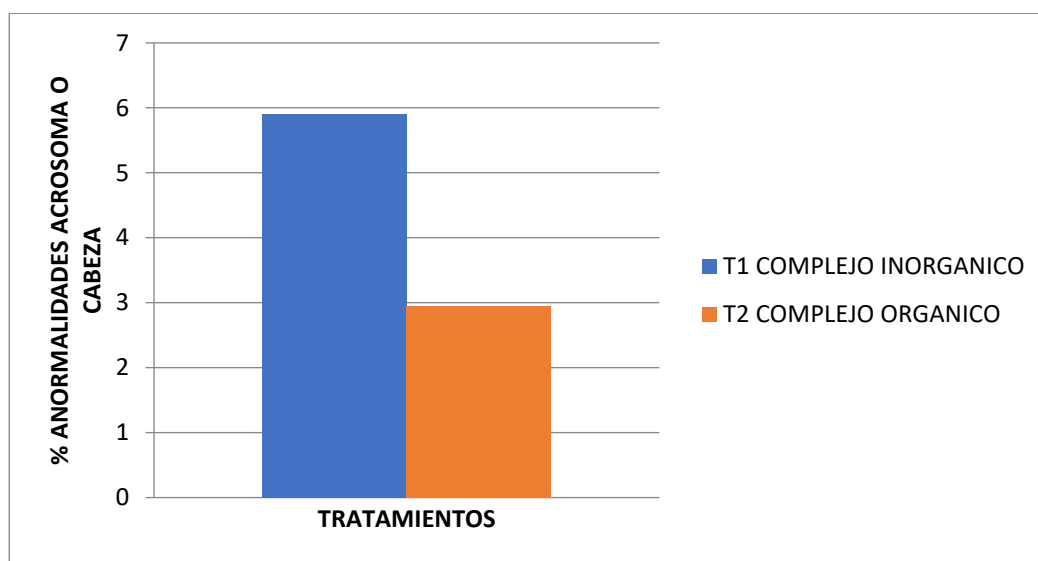
Bajo el complejo orgánico el porcentaje de las anomalías morfológicas o mal formación del acrosoma del espermatozoide fue 2,95%, mientras que en el inorgánico alcanzo el 5,90%, sin diferenciarse estadísticamente (Tabla 16, figura 12)

**Tabla 16**

*Promedios por tratamiento de las anomalías morfológicas o mal formación del acrosoma del espermatozoide en %*

**Tratamientos**                      **% Anormalidades Del Acrosoma O Cabeza**

T1 Inorgánico	5,90 ± 2,26 a
T2 Orgánico	2,95 ± 1,02 b



**Figura 12.** Análisis comparativo del complejo mineral inorgánico y orgánico en la dieta de cerdos reproductores sobre las anomalías morfológicas o mal formación del acrosoma del espermatozoide en %

#### 4.1.8 Anormalidades morfológicas de la cola o dobles del flagelo del espermatozoide

Los tratamientos en estudio se diferenciaron estadísticamente a nivel del 10% en el análisis de variancia del porcentaje de anormalidades morfológicas de la cola o dobles del flagelo del espermatozoide (cuadro 13).

El promedio general de las anormalidades morfológicas de la cola o dobles del flagelo del espermatozoide fue de 6,14%, con un coeficiente de variación de 21,36%

**Tabla 17**

*Análisis de variancia de las anormalidades morfológicas de la cola o dobles del flagelo del espermatozoide, bajo el efecto de complejos minerales inorgánicos y orgánicos en la alimentación de cerdos reproductores.*

Fuentes De Variación	Gl	Suma Cuadrados	Cuadrados Medios	F
<b>Total</b>	41	207,14		
<b>Bloques</b>	2	55,43	27,71	3,68 ns
<b>Tratamientos</b>	1	74,67	74,67	9,92 *
<b>E. Experimental</b>	2	15,05	7,52	4,37 **
<b>E. Muestreo</b>	<b>36</b>	<b>62,00</b>	<b>1,72</b>	
$\bar{X}$ (%)			<b>6,14</b>	
C.V.(%)			<b>21,36</b>	

**Nota:** ns: Prob. > 0,05; no existen diferencias estadísticas.

\*: Prob. < 0,1; existen diferencias significativas.

\*\* : Prob. < 0,05; existen diferencias altamente significativas.

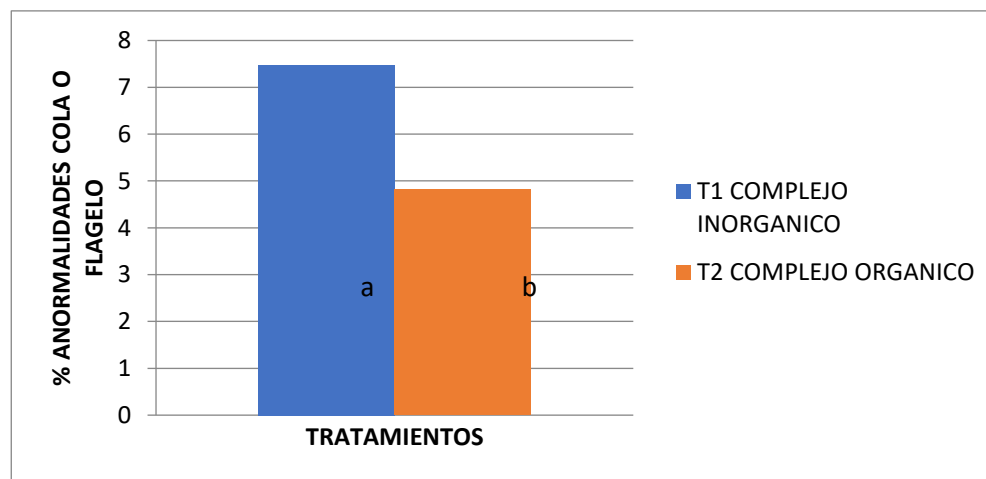
Medias con letras iguales en la misma fila (en cada factor de estudio), no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de DMS.

Como en las anteriores anormalidades el complejo orgánico manifestó los menores porcentajes con respecto a las anormalidades morfológicas de la cola o dobles del flagelo del espermatozoide alcanzando un 4,81%, mientras que con el complejo inorgánico el porcentaje fue mayor diferenciándose estadísticamente mediante la prueba de DMS al 10% (Tabla 18, figura 8). Los porcentajes obtenidos de anormalidades en los dos tratamientos en estudio se encuentran dentro de dentro de los valores normales, donde las anormalidades de cola no superan el 10 %. (Lewis, 1995)

**Tabla 18**

*Promedios por tratamiento de las anomalías morfológicas de la cola o dobles del flagelo del espermatozoide, DMS al 10%.*

Tratamientos	% Anormalidades Cola o Flagelo
T1 Inorgánico	7,48 ± 2,32 a
T2 Orgánico	4,81 ± 1,12 b



**Figura 13.** Análisis comparativo del complejo mineral inorgánico y orgánico en la dieta de cerdos reproductores sobre las anomalías de la cola o dobles del flagelo del espermatozoide

#### 4.1.9 Presencia de gotas citoplasmáticas proximales y distales en %

El análisis de variancia del porcentaje de presencia de gotas citoplasmáticas proximales y distales presento diferencias estadísticas a nivel del 5% para tratamientos (Tabla 19).

El promedio general del porcentaje de presencia de gotas citoplasmáticas proximales y distales fue de 3,76%, con un coeficiente de variación de 21,05%

**Tabla 19**

*Análisis de variancia de la presencia de gotas citoplasmáticas proximales y distales en %, bajo el efecto de complejos minerales inorgánicos y orgánicos en la alimentación de cerdos reproductores*

Fuentes De Variación	Gl	Suma Cuadrados	Cuadrados Medios	F
Total	41	97,62		
Bloques	2	34,38	19,31	18,86 *
Tratamientos	1	2,05	34,38	33,58 **

CONTINUA→



<b>E. Experimental</b>	<b>2</b>	<b>22,57</b>	<b>1,02</b>	<b>1,63ns</b>
<b>E. Muestreo</b>	36	97,62	0,63	
$\bar{X}$ (%)			<b>3,76</b>	
<b>C.V(%)</b>			<b>21,05</b>	

**Nota:** ns: Prob. > 0,05; no existen diferencias estadísticas.

\*: Prob. < 0,1; existen diferencias significativas.

\*\* : Prob. < 0,05; existen diferencias altamente significativas.

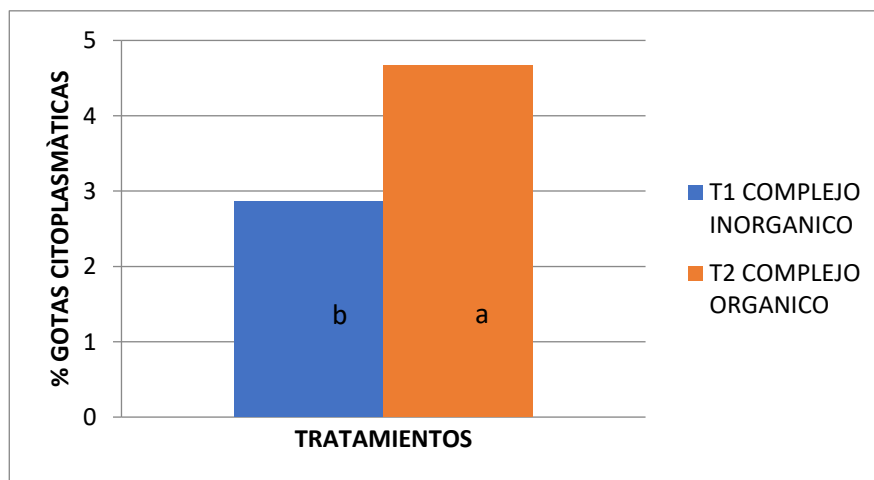
Medias con letras iguales en la misma fila (en cada factor de estudio), no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de DMS.

Bajo el complejo orgánico tratamiento T2 se presentó un mayor porcentaje de gotas citoplasmáticas proximales y distales alcanzando el 4,67%, mientras que con el complejo inorgánico apenas se logró el 2,86%, diferenciándose estadísticamente mediante la prueba de DMS al 5% (Tabla 20 y figura 14).

**Tabla 20**

*Promedios por tratamiento de la presencia de gotas citoplasmáticas proximales y distales en %, DMS al 5%*

<b>Tratamientos</b>	<b>% Gotas Citoplasmáticas</b>
T1 Inorgánico	2,86 ± 1,11 b
T2 Orgánico	4,67 ± 1,39 a



**Figura 14.** Análisis comparativo del complejo inorgánico y orgánico en la dieta de cerdos reproductores sobre la presencia de gotas citoplasmáticas proximales y distales en %

#### 4.1.10 pH del semen extraído

El análisis de variancia del pH de semen extraído no presento diferencias estadísticas entre los tratamientos en estudio (Tabla 21).

El promedio general fue de 7,32 de pH, con un coeficiente de variación de 1,20%

**Tabla 21**

*Análisis de variancia del pH del semen extraído, bajo el efecto de complejos minerales inorgánicos y orgánicos en la alimentación de cerdos reproductores*

Fuentes De Variación	Gl	Suma Cuadrados	Cuadrados Medios	F
Total	41	0,78		
Bloques	2	0,18	0,09	2,62 Ns
Tratamientos	1	0,24	0,24	6,92 Ns
E. Experimental	2	0,07	0,04	4,58 **
E. Muestreo	36	0,28	0,01	
$\bar{X}$ (Ph)			7,32	
C.V(%)			1,20	

**Nota:** ns: Prob. > 0,05; no existen diferencias estadísticas.

\*: Prob. < 0,1; existen diferencias significativas.

\*\* : Prob. < 0,05; existen diferencias altamente significativas.

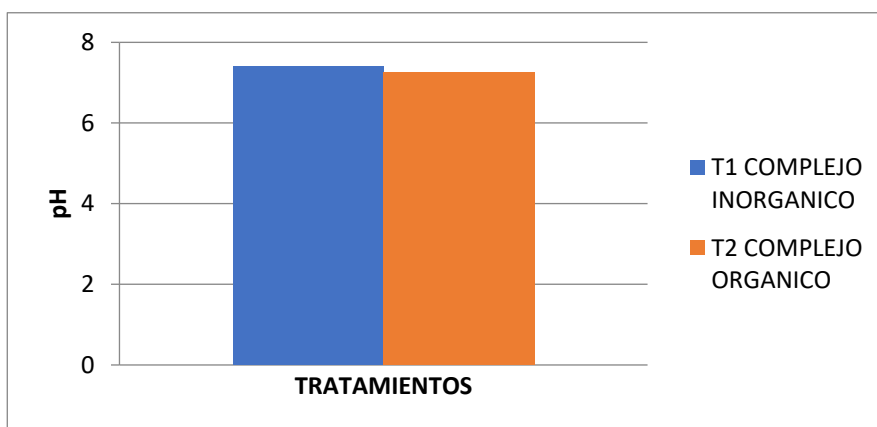
Medias con letras iguales en la misma fila (en cada factor de estudio), no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de DMS.

En la Tabla 22 y figura 15 se presentan los promedios para cada uno de los tratamientos inorgánico y orgánico, en donde se puede apreciar las diferencias insignificantes con respecto al pH. El pH alcanzado por los dos tratamientos en estudio concuerda con Roberts (1971) quien señala que el pH en el verraco varía de 7 a 7,8 con media de 7,4 (ligeramente alcalino).

**Tabla 22**

*Promedios por tratamiento del pH del semen extraído*

Tratamientos	pH
T1 Inorgánico	7,40 ± 0,13
T2 Orgánico	7,25 ± 0,10



**Figura 15.** Análisis comparativo de, complejo inorgánico y orgánico en la dieta de cerdos reproductores sobre el pH del semen

En el cuadro 1 del anexo se presenta el cuadro resumen de las variables de semen sin dilución en donde se aprecia claramente que los reproductores alimentados en su dieta con un complejo mineral orgánico, lograron un mayor volumen de semen eyaculado, concentración espermática, mayor movilidad, mayor porcentaje de escalas 4-5 de motilidad, mayor porcentaje de escalas 1-2 de aglutinación, mayor número de gotas citoplasmáticas y menores porcentajes de anomalías totales, de acrosoma y del flagelo que los reproductores alimentados en su dieta con un complejo mineral inorgánico, de esta manera bajo el complejo mineral orgánico suministrado en la dieta de reproductores presento un semen de mejor calidad que bajo el suministro del complejo mineral inorgánico.

## 4.2 Variables de semen diluido de 1 al 5 día

### 4.2.1 Movilidad y vitalidad del espermatozoide de la muestra diluida expresado en%

El análisis de variancia del porcentaje de movilidad y vitalidad del espermatozoide de la muestra diluida, presento diferencias estadísticas a nivel del 1% entre los tratamientos en estudio (Tabla 23).

El promedio general del porcentaje de movilidad y vitalidad del espermatozoide de la muestra diluida fue de 86,40%, con un coeficiente de variación de 6,53%.

### Tabla 23

*Análisis de variancia de la Movilidad y vitalidad del espermatozoide de la muestra diluida expresado en%, bajo el efecto de complejos minerales inorgánicos y orgánicos en la alimentación de cerdos reproductores.*

Fuentes de variación	Gl	Suma cuadrados	Cuadrados medios	F
<b>Total</b>	29	961,20		
<b>Bloques</b>	2	84,20	42,10	180,43 ***
<b>Tratamientos</b>	1	112,13	112,13	480,57 ***
<b>E. Experimental</b>	2	0,47	0,23	0,01 ns
<b>E.muestreo</b>	24	764,40	31,85	
$\bar{x}$ (%)			<b>86,40</b>	
<b>C.v(%)</b>			<b>6,53</b>	

Nota ns: Prob. > 0,05; no existen diferencias estadísticas.

\*: Prob. < 0,1; existen diferencias significativas.

\*\*\*: Prob. < 0,05; existen diferencias altamente significativas.

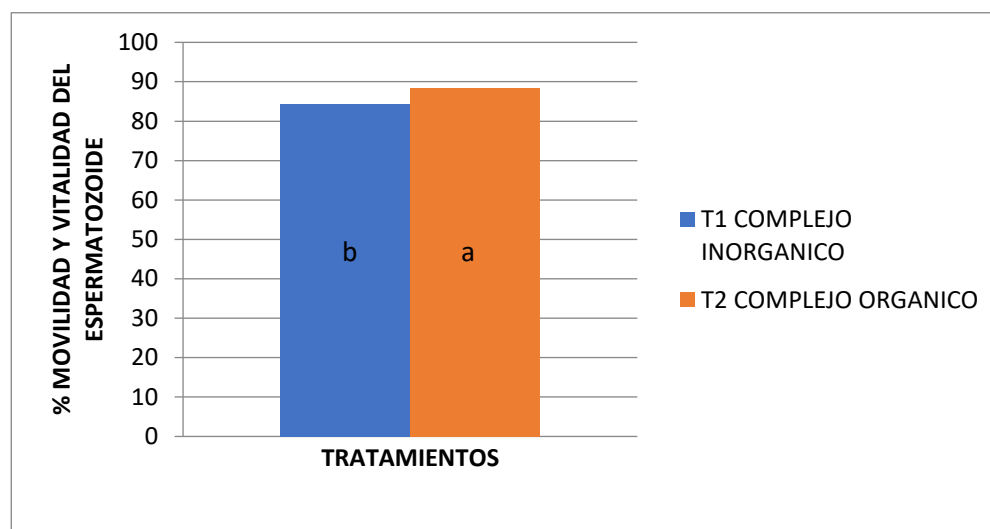
Medias con letras iguales en la misma fila (en cada factor de estudio), no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de DMS.

Bajo el complejo orgánico se alcanzó un mayor porcentaje de la movilidad y vitalidad del espermatozoide de la muestra diluida alcanzando un 88,33%, mientras que con el complejo inorgánico se logró un 84,47%, diferenciándose mediante la prueba de DMS a nivel del 1%. (Tabla 24 y figura 16), dentro de esta investigación los dos tratamientos presentaron promedios a los que manifiesta Zaira Salvador (2017) que manifiesta que para que la muestra de semen sea normal, más del 58% de los espermatozoides deben estar vivos.

### Tabla 24

*Promedios por tratamiento de la movilidad y vitalidad del espermatozoide de la muestra diluida expresado en %*

Tratamientos	% Movilidad Y Vitalidad
T1 Inorgánico	84,47 ± 5,41 b
T2 Orgánico	88,33 ± 5,60 a



**Figura 16.** Análisis comparativo del complejo inorgánico y orgánico en la dieta de cerdos reproductores sobre la movilidad y vitalidad del espermatozoide de la muestra diluida expresado en%

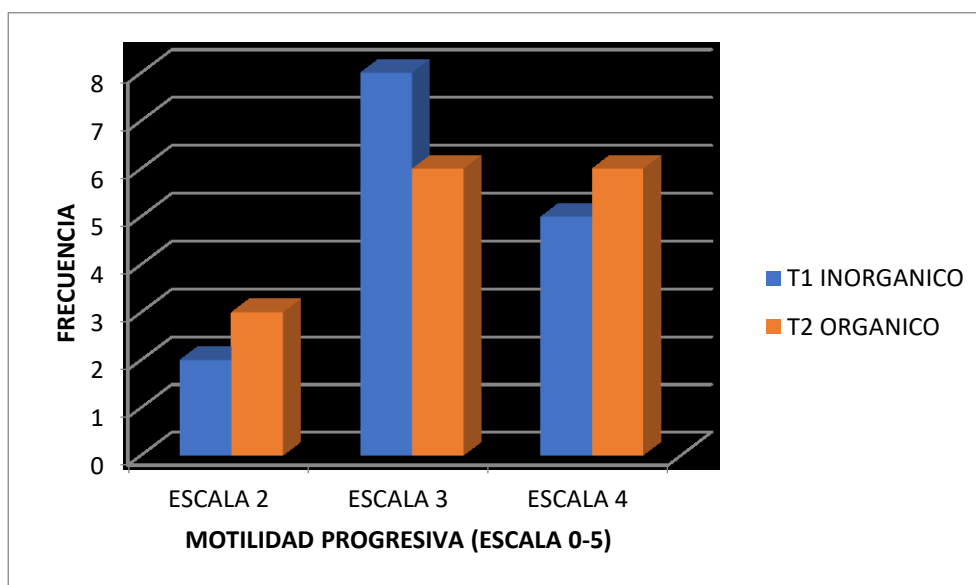
#### 4.2.2 Motilidad progresiva de la muestra diluida en escala del 0 al 5

Al establecer la tabla de contingencia no se encontró significación estadística para la Chi-cuadrada 0,576; lo que indica el similar comportamiento de los tratamientos en estudio sobre la motilidad progresiva en la muestra diluida (Tabla 25 y figura 17)

**Tabla 25**

*Tabla de contingencia de la motilidad progresiva expresada en escala de 0 a 5, bajo el efecto de complejos minerales inorgánicos y orgánicos en la alimentación de cerdos reproductores*

Tratamientos	Escala 2	Escala 3	Escala 4	Total
T1 Inorgánico	2	8	5	15
T2 Orgánico	3	6	6	15
Total	5	14	11	30
Chi-Cuadrado	0,576ns			
*				



**Figura 17.** Frecuencias con respecto a la motilidad progresiva expresada en escala de 0 a 5, con respecto al efecto de complejos minerales inorgánicos y orgánicos en la alimentación de cerdos reproductores

#### 4.2.3 Promedio del número de lechones nacidos vivos o viabilidad en tres cerdas primerizas por tratamiento y reproductor

Los tratamientos en estudio no se diferenciaron estadísticamente al establecer el análisis de variancia correspondiente al promedio del número de lechones nacidos vivos o viabilidad en tres cerdas primerizas (Tabla 26).

El promedio general del número de lechones nacidos vivos o viabilidad en tres cerdas primerizas por tratamiento y reproductor fue de 26,33, con un coeficiente de variación de 15,25%.

#### Tabla 26

*Análisis de variancia del promedio del número de lechones nacidos vivos o viabilidad en tres cerdas primerizas por tratamiento y reproductor, bajo el efecto de complejos minerales inorgánicos y orgánicos en la alimentación de cerdos reproductores*

Fuentes De Variación	Gl	Suma Cuadrados	Cuadrados Medios	F
Total	29	708,67		
Bloques	2	262,47	131,23	10,39 *
Tratamientos	1	34,13	34,13	2,70 Ns

CONTINUA→

E. Experimental	2	25,27	12,63	0,78 Ns
E. Muestreo	24	386,80	16,12	
$\bar{X}$ (N°)			26,33	
C.V(%)			15,25	

**Nota:** ns: Prob. > 0,05; no existen diferencias estadísticas.

\*: Prob. < 0,1; existen diferencias significativas.

\*\* : Prob. < 0,05; existen diferencias altamente significativas.

Medias con letras iguales en la misma fila (en cada factor de estudio), no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de DMS.

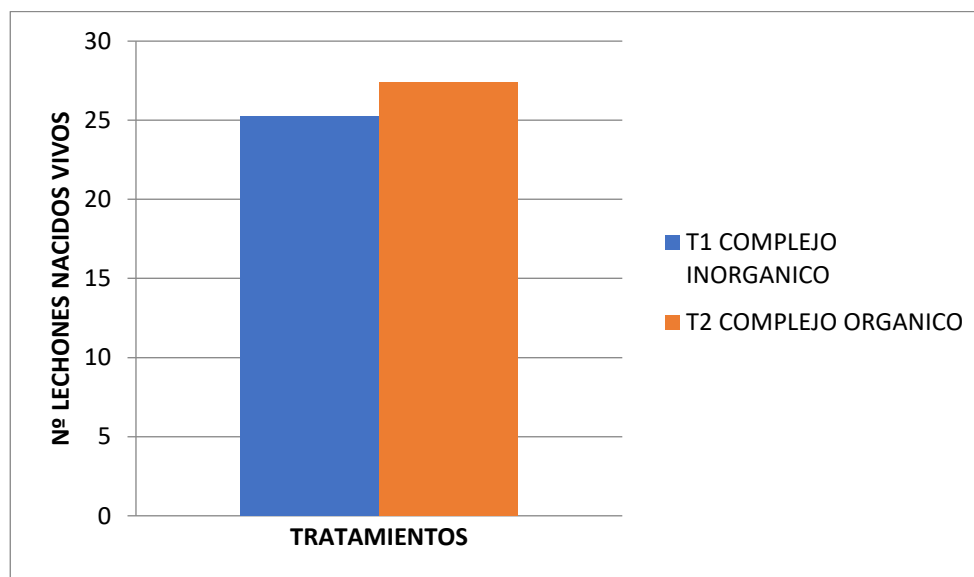
Sin embargo, que el complejo orgánico presento un mayor promedio de número de lechones nacidos vivos o viabilidad en tres cerdas primerizas por tratamiento y reproductor con 27, 40, no se diferenció estadísticamente del complejo inorgánico que alcanzo 25,27 de promedio (Tabla 27 y figura 18).

### Tabla 27

*Promedios por tratamiento del número de lechones nacidos vivos o viabilidad en tres cerdas primerizas por tratamiento y reproductor*

**Tratamientos**      **N° De Lechones Nacidos Vivos**

T1 Inorgánico	25,27 ± 5,61
T2 Orgánico	27,40 ± 4,08



**Figura 18.** Análisis comparativo del complejo mineral inorgánico y orgánico en la dieta de cerdos reproductores sobre el número de lechones nacidos vivos o viabilidad

En el cuadro 2 del anexo se presenta el cuadro resumen de las variables de semen diluido, en donde se aprecia claramente que los reproductores alimentados en su dieta con un complejo mineral orgánico, lograron un mayor porcentaje de movilidad, mayor porcentaje en escalas 4-5 de motilidad y mayor número de lechones nacidos vivos por medio de inseminación.



## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- El complejo mineral orgánico suministrado a los cerdos reproductores fue más eficiente ya que presento un mayor volumen de semen eyaculado en relación al complejo inorgánico.
- La concentración espermática fue mayor en los cerdos bajo la aplicación del complejo mineral orgánico, siendo este uno de los parámetros importantes para la calidad seminal de los cerdos reproductores
- El suministro del complejo mineral orgánico logro un incremento significativo del porcentaje de movilidad y vitalidad de los espermatozoides en cerdos reproductores, característica fundamental considerada para ingresar al proceso de inseminación artificial.
- La aplicación del complejo mineral orgánico dentro de la dieta de los reproductores provoco una mejor motilidad progresiva ideal ya que todas las muestras presentaron una calificación de 4-5 de motilidad, únicas calificaciones aceptadas para el proceso de inseminación artificial.
- La aglutinación espermática se vio afectada por el tipo de complejo. Pues bajo el complejo mineral orgánico las mayores frecuencias correspondieron a las escalas 1,2 (aglutinación 1-10% y aglutinación 10-20%), escalas adecuadas dentro de la valoración de calidad seminal, mientras que bajo el complejo inorgánico las mayores frecuencias correspondieron a las escalas 2 y 3 (aglutinación 10-20% y aglutinación 20-30%)
- Bajo el suministro de un complejo mineral orgánico en la dieta de los cerdos reproductores se logró disminuir el porcentaje de anomalías totales, anomalías del acrosoma y anomalías del flagelo, en relación a los porcentajes alcanzados con el suministro del

complejo inorgánico, parámetros importantes para aceptar el semen en el proceso de inseminación artificial.

- La aplicación del complejo mineral orgánico en la dieta de los cerdos reproductores provocó un incremento del porcentaje de las gotas citoplasmática (indicador del grado de madurez).
- El pH del semen de los reproductores no varió por el tipo de complejo mineral utilizado dentro de la dieta.
- Con el suministro del complejo mineral orgánico en la dieta de cerdos reproductores en términos generales se logró una mejor calidad seminal reflejada casi en la totalidad de parámetros evaluados en semen sin dilución
- El complejo mineral orgánico en la dieta de reproductores logró un mayor porcentaje de movilidad y vitalidad del espermatozoide que el complejo inorgánico, en semen diluido.
- Si bien en la evaluación de semen sin dilución, la motilidad fue la ideal en los cerdos reproductores con el suministro del complejo mineral orgánico en la dieta alcanzando el 100% de las muestras, la motilidad en semen diluido fue menor y similar con el complejo inorgánico.
- El número de lechones nacidos vivos en tres cerdas primerizas fueron similares con el semen proveniente de cerdos reproductores con el suministro de los complejos minerales orgánicos e inorgánicos en las dietas.

## **5.2 Recomendaciones**

- Utilizar el complejo mineral orgánico en la dieta en los niveles empleados, ya que presentó menor porcentaje de anomalías morfológicas de espermatozoide y mejores resultados en la valoración de la calidad seminal en cerdos reproductores, parámetros importantes para pasar a la etapa de preparación para la inseminación artificial.

- Realizar un seguimiento a las cerdas inseminadas con el semen de los verracos con el suministro de los complejos minerales orgánicos e inorgánicos utilizados en el estudio, para medir parámetros reproductivos tales como repetición de celo, porcentaje de preñez, número de nacidos vivos y así medir la efectividad del producto en la cerda.
- Validar el uso del complejo mineral orgánico en la dieta dentro de los diferentes laboratorios de obtención de pajuelas de cerdos reproductores.
- Establecer una investigación donde uno de los factores en estudio constituya por lo menos cuatro razas importantes de reproductores bajo el suministro complejo mineral orgánico e inorgánico en la dieta.
- Replicar la investigación en diferentes pisos altitudinales a fin de evaluar las bondades de los minerales orgánicos, utilizados en la alimentación de cerdos reproductores, bajo la influencia de altas temperaturas.

## BIBLIOGRAFIA

- Bearden, H., & Fuquay, J. (1980). *Applied animal reproduction*. Reston Publishing Company, Inc.
- Caiza, D. (2009). *Manejo de verracos para la obtención y procesamiento de semen porcino e inseminación artificial*. Quito: EPN/2008.
- Caiza, D. (2009). *Manejo de verracos para la obtención y procesamiento de semen porcino e inseminación artificial*. Quito: EPN/2008.
- Cordova-Izquierdo, A., Muñoz-Mendoza, R., Córdova-Jiménez, S., Córdova-Jiménez, A., & Pérez-Gutiérrez, J. (2004). Características del semen de verraco y su evaluación práctica. *Porcinocultura*.
- Council, N. (2013). *Nutrient Requirements of Swine*. Washington, DC.: National Academy Press.
- De la Peña, E., Sánchez, R., & Bulnes, A. (2011). *Caracterización de la congelabilidad y mejora de los diluyentes de crioconservación espermática en porcino ibérico*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Dong, H., Wu, D., Xu, S., Li, Q., Fang, Z., Che, L., & Lin, Y. (2016). Effect of dietary supplementation with amino acids on boar sperm quality and fertility. *Anim Reprod Sci*, 172, 182-189.
- Fierro, R., González-Márquez, H., Ortiz, R., Chevrier, J., & Foliguet, B. (2013). Fluorometric viability assessment of capacitated and acrosome-reacted boar spermatozoa by flow cytometry. *Optics and Photonics Journal*, 3(01), 40.
- Gadella, B., & Harrison, R. (2000). The capacitating agent bicarbonate induces protein kinase A-dependent changes in phospholipid transbilayer behavior in the sperm plasma membrane. *Development*, 127(11), 2407-2420.
- Google maps. (15 de 01 de 2018). *Mapa de la ubicación del Cantón Antonio Ante*. Obtenido de <http://puembo.gob.ec/datos.htm>
- Górriz, M. (2006). La nutrición del verraco. *Ganadería*(44), 46-50.
- Harayama, H., Kanda, S., & Kato, S. (1992). Influence of season on characteristics of epididymal and ejaculated semen in Meishan boars. *Theriogenology*, 38(3), 491-500.
- Hilton, J., Hodson, P., & Slinger, S. (1982). Absorption, distribution, half-life and possible routes of elimination of dietary selenium in juvenile rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Comparative pharmacology*, 71(1), 49-55.
- Ignasi, R. (24 de Noviembre de 2011). *La alimentación del verraco*.
- Kumar, P., Laloraya, M., & Laloraya, M. (1991). Superoxide radical level and superoxide dismutase activity changes in maturing mammalian spermatozoa. *Andrologia*, 23(2), 171-175.
- Loayza, F. (2015). *Efectividad de la levadura de selenio, administrada a bovinos como parte de las sales minerales, en el tratamiento de la intoxicación crónica por el consumo de Pteridium aquilinum (helecho macho)*. Quito: Universidad de las Américas.
- Maqueda, L. (2001). *Conservación de la calidad del Semen: Diluyentes, Empaque, Temperatura y Transporte*. . Obtenido de <https://www.engormix.com/porcicultura/articulos/conservacion-semen-diluyentes-empaque-temperatura-y-transporte-t25879.htm>

- Mateos, P., Medel, D., & Carrión. (2014). *Necesidades nutricionales del verraco de alta selección*. Obtenido de Departamento de Producción Animal. Universidad Politécnica de Madrid. Dalgety España, S.A. Barcelona: <https://www.researchgate.net/publication>
- Mellisho, E., & Gallegos, A. (2006). *Manual de laboratorio de reproducción animal*. Lima, Perú: Universidad Agraria La Molina.
- Moreno, A., Crociata, J., Villalobos, D., Navas, B., Silva, W., Meléndez, C., & Guillén, J. (2009). Biometría de la cabeza del espermatozoide del cerdo doméstico según su edad. *Paper presented at the XXXIX Jornadas de Estudio: XIII Jo*.
- Nakandakari, L. (2013). *Comportamiento productivo morfometría intestinal*.
- Pechin, G. (2012). *Absorción, metabolismo y homeostasis del zinc en los animales y el hombre*. La Pampa: Universidad Nacional de La Pampa.
- Peplowski, M., Mahan, D., Murray, F., Moxon, A., Cantor, A., & Ekstrom, K. (1980). Effect of dietary and injectable vitamin E and selenium in weanling swine antigenically challenged with sheep red blood cells. *Journal of Animal Science*, 51(2), 344-351.
- Quiles, A. (2015). *Efecto del zinc en la alimentación porcina*, Departamento de Producción Animal. Facultad de Veterinaria. Murcia.: Universidad de Murcia. Campus de Espinardo.
- Razas Porcinas. (2014). *Manejo de alimento del cerdo para optimizar la grasa dorsal y rendimiento de canal*. Obtenido de <http://razasporcinas.com/manejo-de-alimento-del-cerdo-para-optimizar-la-grasa-dorsal-y-rendimiento-de-canal/>
- Rial, A. (2007). *Entrenamiento del Verraco*. Cardona, S.L.
- Roa, Y. (2016). *35 Características + 3 Variedades De Cerdos Yorkshire*. <http://agronomaster.com/cerdos-yorkshire/>: Agromaster.
- Sánchez, A. (15 de mayo de 2017). *Raza de Cerdos*. Obtenido de <http://www.razanostra.com/landrace>.
- Schell, T., & Kornegay, E. (1996). Zinc concentration in tissues and performance of weanling pigs fed pharmacological levels of zinc from ZnO, Zn-Methionine, Zn-Lysine or ZnSO<sub>4</sub>. *J. Anim. Sci.*, 74, 1584-1593.
- Stevermer, E., Kovacs, J., Hoekstra, W., & Self, H. (1961). Effect of Feed Intake on Semen Characteristics and Reproductive Performance of Mature Boars. *Journal of Animal Science*, 20(4), 858-865.
- Suttle, N. (2010). Mineral nutrition of livestock. *Cabi*, 45.
- Vallee, B. (1993). Falchuk KH, The biochemical basis of zinc physiology. *Physiol Rev.* 1993;73, 79-118.
- Wilson, M., Rozeboom, K., & Crenshaw, T. (2004). Boar nutrition for optimum sperm production. *Advances in pork production*, 15, 295-306.
- Yeste, M., Sancho, S., M, B., E, P., & Bussalleu, E. (2009). Bonet S. A diet supplemented with l-carnitine improves the sperm quality of Piétrain but not of Duroc and Large White boars when photoperiod and temperature increase. *Theriogenology*. 2009 Dec 16.