

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
FACULTAD DE AGRONOMIA Y ZOOTECNIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA**



**TESIS**

**CARACTERÍSTICAS SEMINALES DEL EYACULADO EN  
TRES TIPOS DE VERRACOS CRIADOS EN ALTURA**

**PRESENTADO POR:**

Br. NILTON ALEX QUISPE ORTEGA

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO ZOOTECNISTA**

**ASESORES:**

Ing. MIGUEL AYALA CALDERÓN

Dr. FAUSTINO QUISPE CONDORI

**CUSCO - PERÚ**

**2025**

# INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, Asesor del trabajo de investigación/tesis titulada: "CARACTERÍSTICAS SEMINALES DEL EYACULADO EN TRES TIPOS DE VERRACOS ERIADOS EN ALTURA"

Presentado por: NILTON ALEX QUISPE ORTEGA DNI N° 72514022

presentado por: DNI N°:

Para optar el título profesional/grado académico de INGENIERO ZOOTECNISTA

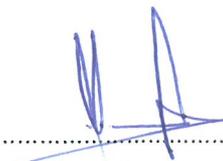
informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 01 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 9%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto las primeras páginas del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 31 de JULIO de 2025

  
Firma

Post firma Miguel Amilcar Oton Ayala Calderon

Nro. de DNI 23826048

ORCID del Asesor 0000-0001-7873-1223

0009-0005-5358-573X 01210845

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259:477695356

# Alex Quispe

## TESIS JULIO\_2025.docx

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::27259:477695356

83 Páginas

Fecha de entrega

31 jul 2025, 7:32 p.m. GMT-5

18.031 Palabras

Fecha de descarga

31 jul 2025, 8:38 p.m. GMT-5

98.900 Caracteres

Nombre de archivo

TESIS JULIO\_2025.docx

Tamaño de archivo

5.5 MB

## 9% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

### Exclusiones

- N.º de coincidencias excluidas

### Fuentes principales

- 8%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 5%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

### Marcas de integridad

#### N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios y a mis padres. Al Padre Celestial porque siempre está conmigo orientando cada paso dado, y brindándome la suficiente fortaleza para poder continuar cada día. A mis queridos padres, los cuales a lo largo de mi vida siempre me han brindado todo su apoyo y han velado por mi bienestar y educación siendo mi principal motivo de superación en todo momento.

A mis queridas hermanas: Rocío y Mirella, quienes siempre estuvieron apoyándome para que cada día siga esforzándome a seguir adelante y mantenernos siempre unidos como familia.

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente, le agradezco a Dios por estar siempre guiándome por el buen camino y dándome la suficiente sabiduría para realizar este trabajo de investigación.

Al Dr. Wilber C. García Vera jefe del laboratorio de Reproducción Animal del Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura (IVITA) de la Universidad Nacional de San Marcos sede Maranganí Cusco-Perú, por su apoyo incondicional en el manejo y análisis de datos por el sistema computarizado ANDROVISION®, un agradecimiento eterno.

A la casa superior de estudios: UNSAAC, expresar mi agradecimiento y reconocimiento a los docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias, quienes fueron parte de mi aprendizaje y de esta manera culminar mi formación profesional.

A mi asesor de tesis y gran amigo: Ing. Miguel Ayala Calderón, siendo mi docente en mi formación profesional pero también siendo un gran amigo, expresar mi eterno agradecimiento por sus enseñanzas y consejos, las cuales estarán grabados por siempre en la memoria de mi futuro porvenir.

A mis amados padres, los cuales siempre me han brindado todo su apoyo incondicional, velando siempre por mi bienestar y desarrollo personal. Ellos, que con todo su cariño me han motivado a ser siempre perseverante para cumplir mis metas y nunca abandonarlas frente a las muchas complicaciones presentadas. Por último, agradecerles por el apoyo brindado tanto como en el soporte material y económico para así poder concentrarme y enfocarme solo en los estudios y finalmente poder terminarlos.

Finalmente, pero no menos importante, a mis amigos y compañeros de Zootecnia, quienes fueron parte de mi vida universitaria, estando en los buenos y también difíciles momentos transcurridos de la facultad.

## Contenido

<b>DEDICATORIA</b> .....	ii
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	iii
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	vii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	viii
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....	ix
<b>RESUMEN</b> .....	xi
<b>ABSTRACT</b> .....	xii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN</b> .....	3
1.1. Formulación del problema.....	3
1.1.1. Problema general .....	4
1.1.2. Problemas específicos.....	4
<b>II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN</b> .....	5
2.1. Objetivos de la investigación.....	5
2.1.1. Objetivo general.....	5
2.1.2. Objetivos específicos.....	5
2.2. Justificación de la investigación .....	5
<b>III. HIPÓTESIS</b> .....	8
3.1. Hipótesis general .....	8
<b>IV. MARCO TEÓRICO</b> .....	9
4.1. Antecedentes históricos de la investigación.....	9
4.1.1. A nivel mundial .....	9
4.1.2. A nivel nacional.....	11
4.1.3. A nivel regional (local) .....	11
4.2. Bases teóricas de la investigación científica .....	11
4.2.1. Razas (biotipos) que se usaron en la investigación.....	11

4.2.2.	Anatomía del aparato reproductor en el verraco.....	13
4.2.3.	Entrenamiento de verracos para colección de semen .....	13
4.2.4.	Selección de los reproductores .....	14
4.3	Eyaculado porcino.....	15
4.3.1	Técnicas (métodos) de colección de semen en verracos .....	16
4.3.2	Ritmo o frecuencia de colección de semen .....	17
4.4	Métodos para evaluar la calidad seminal: .....	19
4.4.1	Espermiograma clásico .....	19
4.4.1.1	Características macroscópicas .....	20
4.4.2.1.	Características microscópicas.....	24
<b>V.</b>	<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>29</b>
5.1.	Ubicación de la investigación .....	29
5.1.1.	Ubicación política.....	29
5.1.2.	Ubicación geográfica .....	29
5.1.3.	Limites políticos .....	29
5.1.4.	Vías de acceso .....	29
5.1.5.	Descripción de las técnicas de investigación.....	30
5.2.	Materiales.....	31
5.2.1.	Animales.....	31
5.2.2.	Alojamiento.....	31
5.2.3.	Manejo alimentario .....	31
5.3.	Muestreo .....	32
5.4.	Materiales, equipos de laboratorio y reactivos .....	33
5.5.	Proceso de colección seminal.....	34
5.6.	Evaluación de semen colectado.....	35
5.6.1.	Determinación de volumen seminal.....	35
5.6.2.	Evaluación de la motilidad espermática.....	36

5.6.3. Determinación de la concentración espermática .....	37
5.6.4. Determinación de la vitalidad espermática .....	38
5.7. Análisis estadístico.....	39
<b>VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>41</b>
6.1. Promedios de volumen seminal (mL) en tres tipos de verracos jóvenes en altura 41	
6.2. Promedios de concentración espermática en tres tipos de verracos jóvenes en altura .....	44
6.3. Promedios de motilidad total (%) en tres biotipos de verracos jóvenes en altura 46	
6.4. Promedios de motilidad individual progresiva (%) en tres biotipos de verracos jóvenes en altura.....	48
6.5. Porcentaje de espermatozoides vivos.....	50
<b>VII. CONCLUSIONES.....</b>	<b>52</b>
<b>VIII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>53</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>54</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>59</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Disposición de los animales para la investigación .....	31
<b>Tabla 2</b> Valor nutritivo del alimento balanceado para verracos.....	32
<b>Tabla 3</b> Promedios ( $\pm$ Error Estándar) de volumen seminal (mL) en tres biotipos porcinos/meses .....	41
<b>Tabla 4</b> Promedios ( $\pm$ Error Estándar) de concentración espermática ( $\times 10^6$ ) en tres biotipos porcinos/meses .....	44
<b>Tabla 5</b> Promedios ( $\pm$ Error Estándar) de motilidad total (%) en tres biotipos porcinos/meses (valores transformados) .....	46
<b>Tabla 6</b> Promedios ( $\pm$ Error Estándar) de motilidad progresiva (%) en tres biotipos porcinos/meses .....	49
<b>Tabla 7</b> Promedios ( $\pm$ Error Estándar) de espermatozoides vivos (%) en tres biotipos porcinos/meses (transformado a valores angulares) .....	50

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Representación gráfica de los parámetros cinéticos de motilidad medidos por el sistema de análisis computarizado (CASA).....	26
<b>Figura 2</b> Ubicación de los porcinos Km 24 carretera Puno-Desaguadero .....	29
<b>Figura 3</b> Laboratorio IVITA de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos ...	30
<b>Figura 4</b> Equipos utilizados.....	33
<b>Figura 5</b> Equipo Sistema computarizado AndroVision®.....	34
<b>Figura 6</b> Colección de semen genotipo Yorkshire .....	35
<b>Figura 7</b> Equipo sistema ANDROVISION® .....	37
<b>Figura 8</b> Eosina al 5% Nigrosina al 10% para coloración vital.....	39
<b>Figura 9</b> Volumen seminal libre de fracción gelatinosa .....	43
<b>Figura 10</b> Motilidad espermática por el sistema AndroVision® .....	48
<b>Figura 11</b> Coloración vital Eosina al 5% y Nigrosina al 10% .....	51
<b>Figura 12</b> Coloración vital por la técnica Hancock Stain.....	51

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> Datos crudos obtenidos en el presente estudio.....	60
<b>Anexo 2</b> Estadísticas Descriptivas de la Variable Volumen de Semen .....	61
<b>Anexo 3</b> Test de Normalidad para Volumen Seminal .....	61
<b>Anexo 4</b> Análisis de Varianza (Anova) para Variable Volumen Seminal en Tres Genotipos de Verracos Jóvenes .....	61
<b>Anexo 5</b> Estadísticas descriptivas de la Concentración Espermiática ( $\times 10^6$ Espermatozoides/ml).....	62
<b>Anexo 6</b> Test de Normalidad de Concentración Espermiática .....	62
<b>Anexo 7</b> Análisis de Varianza para Variable Concentración Espermiática .....	62
<b>Anexo 8</b> Estadística Descriptiva de Motilidad Espermiática Total (%) Transformada a Valores Angulares.....	63
<b>Anexo 9</b> Test de Normalidad para Motilidad Total Transformada.....	63
<b>Anexo 10</b> Análisis de Varianza para Variable Motilidad Total Transformada a Valores Angulares .....	63
<b>Anexo 11</b> Estadísticas Descriptivas de Motilidad Espermiática Progresiva (%) Transformada a Valores Angulares.....	64
<b>Anexo 12</b> Pruebas de Normalidad y Homogeneidad de Varianzas Motilidad Progresiva Transformada .....	64
<b>Anexo 13</b> Análisis de Varianza (Anova) para Variable Motilidad Individual Progresiva Transformada a Valores Angulares.....	64
<b>Anexo 14</b> Estadísticas Descriptivas de % Espermatozoides Vivos (Coloración Eosina Nigrosina) Transformada a Valores Angulares.....	65
<b>Anexo 15</b> Pruebas de Normalidad y Homogeneidad de Varianzas de Espermatozoides Vivos (Coloración Vital Eosina-Nigrosina) Transformado a Valores Angulares .....	65
<b>Anexo 16</b> Análisis de Varianza (Anova) para Variable Proporción de Espermatozoides Vivos a la Coloración Eosina-Nigrosina Transformado a Valores Angulares .....	65
<b>Anexo 17</b> Valores de Concentración Espermiática, Motilidad Total y Progresiva (%) No Transformadas a Valores Angulares del Genotipo Yorkshire Analizados por el Sistema AndroVisión® .....	66

<b>Anexo 18</b> Valores de Concentración Espermática, Motilidad Total y Progresiva (%) No Transformadas a Valores Angulares del Genotipo Duroc Analizados por el Sistema AndroVisión®. ....	67
<b>Anexo 19</b> Valores de Concentración Espermática, Motilidad Total y Progresiva (%) No Transformadas a Valores Angulares del Genotipo Hampshire Analizados por el Sistema AndroVisión®. ....	68
<b>Anexo 20</b> Genotipo Yorkshire y Método de Colección .....	69
<b>Anexo 21</b> Genotipo Hampshire y Método de Colección .....	70
<b>Anexo 22</b> Genotipo Duroc y Método de Colección .....	71

## RESUMEN

El objetivo de la investigación, fue evaluar las características seminales macroscópicas y microscópicas del eyaculado en verracos jóvenes de una edad entre 8 a 10 meses, de los biotipos Yorkshire, Duroc y Hampshire criados a 3,890 msnm de altitud y alimentados con una ración balanceada conteniendo proteína total (PT)=14.7% y Energía Metabolizable (EM)= 2.8 Mcal/kg, se hicieron 12 colecciones por cada biotipo sobre un maniquí por el método de la mano enguantada con una frecuencia colección de siete días entre los meses de agosto a octubre del año 2023. Se evaluaron el volumen libre de la fracción gelatinosa a través de una probeta graduada, la concentración espermática, motilidad espermática total y motilidad progresiva mediante el sistema computarizado ANDROVISION® y la vitalidad espermática a través de la tinción diferencial. Los datos fueron sometidos a un test de normalidad de Shapiro-Wilk y la homocedasticidad con el test Bartlett, los datos porcentuales antes de someter al análisis de varianza fueron transformados a valores angulares, se realizó un ANOVA de bloque completo al azar con subunidades mediante el software libre InfoStat v1.2. 2017. Los promedios de volumen seminal fueron: 123.5, 119.7 y 117.0 mL para Yorkshire, Duroc y Hampshire, respectivamente, no habiendo diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre biotipos; sin embargo, hubo diferencias ( $p < 0.05$ ) entre los meses de estudio. Las concentraciones espermáticas fueron de: 294.2, 322.5 y 292.5x10<sup>6</sup> epz/mL para Yorkshire, Duroc y Hampshire, respectivamente, no hubieron diferencias entre biotipos ( $p > 0.05$ ) ni entre meses; la motilidad espermática total transformada fue de: 72.2, 70.8 y 70.4%; mientras que la motilidad progresiva fue: 66.8, 63.2 y 61.7% y finalmente la proporción de vivos fue de 65.8, 65.9 y 65.5% para Yorkshire, Duroc y Hampshire, respectivamente. En conclusión, los tres biotipos que fueron comparados entre sí, mostraron similitud en las variables evaluadas, lo que significa que presentan eficiencia reproductiva para los programas de reproducción a futuro.

**Palabras clave:** Verraco, biotipo, características seminales, vitalidad, altitud.

## ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the macroscopic and microscopic seminal characteristics of the ejaculate in young boars aged between 8 to 10 months old, of the Yorkshire, Duroc and Hampshire biotypes raised at 3,890 meters above sea level and fed a balanced ration containing total protein PT=14.7% and Metabolizable Energy (ME)= 2.8 Mcal/kg, 12 collections were made for each biotype on a dummy using the gloved hand method with a collection frequency of seven days between the months. of August and October of the year 2023. The free volume of the gelatinous fraction was evaluated through a graduated cylinder, sperm concentration, total sperm motility and progressive motility through the ANDROVISION® computerized system and sperm vitality through differential staining. The data were subjected to a Shapiro-Wilk normality test and homoscedasticity with the Bartlett test, the percentage data before submitting to the analysis of variance were transformed into angular values, an randomized complete block ANOVA with subunits was performed using the free software InfoStat v1.2. 2017. The average seminal volumes were: 123.5, 119.7 and 117.0 mL for Yorkshire, Duroc and Hampshire, respectively, with no significant differences ( $p>0.05$ ) between biotypes However, there were differences ( $p<0.05$ ) between the months of study; The sperm concentrations were: 294.2, 322.5 and 292.5x10<sup>6</sup> spz/mL for Yorkshire, Duroc and Hampshire, respectively, there were no differences between biotypes ( $p>0.05$ ) or between months; the total transformed sperm motility was: 72.2, 70.8 and 70.4; while progressive motility was: 66.8, 63.2 and 61.7% and finally, the live sperm was 65.8, 65.9 and 65.5% for Yorkshire, Duroc and Hampshire, respectively. In conclusión, the three biotypes compared showed similarity in the variables evaluated, indicating that they offer reproductive efficiency for future breeding programs,

**Keywords:** Boar, biotype, seminal characteristics, vitality, altitude.

## INTRODUCCIÓN

La crianza de porcinos criollos en el Perú, está determinada por un 82% de porcinos criollos y mestizos, siendo manejados estos generalmente en sistemas extensivos INEI, (2012). Es importante rescatar que estas crianzas garantizan el nivel de subsistencias alimentarias del poblador rural, que a su vez estas especies representan fuentes de alimento proteico de alta calidad y también les genera ingresos económicos en corto tiempo por la venta de sus animales de saca y finalmente les aporta el estiércol para que lo utilicen en sus actividades agrícolas (Linares *et al.*, 2011).

En cuanto al estudio de las características del eyaculado en porcinos resulta un amplio campo de investigación que toma gran relevancia en la producción porcícola, ya que sin esta evaluación afectaría directamente al ámbito reproductivo y con ello, la economía de los productores. En ese sentido las condiciones ambientales, como la temperatura y la altura principalmente, pueden ser factores que pueden llegar a influir negativamente en las características seminales (Vergara *et al.*, 2025).

La evaluación de la calidad seminal constituye una pieza fundamental y factor clave para el desarrollo y éxito de la aplicación de técnicas de inseminación artificial (IA), ya que conlleva a prevenir la baja eficiencia reproductiva en una piara (Díaz, 2019). Por otro lado, resulta muy útil para el productor, el estudio y evaluación de la calidad del semen, ya que mediante estos es posible predecir la fertilidad que se puede esperar de los eyaculados antes de ser utilizados especialmente para la IA, ya sea en forma de semen fresco, refrigerado o inclusive en espermatozoides crio-preservados.

Es importante indicar que la reproducción y fertilidad son lo primordial en las crianzas porcícolas, que a su vez deben ser tomadas en cuenta ya que lo importante en esta actividad es la evaluación seminal y que tiene como base conocer la aptitud reproductiva del animal en este caso del porcino, concretamente su estado reproductivo. Con todo lo mencionado anteriormente, hace que la empresa que se dedica a la cría de porcinos sea rentable, debido a que cumplen con las evaluaciones propuestas de manejo. Es así, que los productores evitan

perdidas con los animales que no cumplen con la función reproductiva que es básico en la cría y explotación de porcinos. Todos esos aspectos permiten identificar fácilmente que animales no son aptos y con todo lo mencionado lograremos una preñez segura y garantizada. Así mismo, es recomendable indicar que la evaluación seminal es para evaluar al macho, antes de la etapa de la monta o de la inseminación artificial (Linares *et al.*, 2011).

Del Valle Rodríguez, (2017) indica que el sistema de producción no es importante para evaluar la calidad seminal del reproductor, pero resulta muy útil en un sistema de crianza la valoración del verraco, porque este representa el 50% del éxito del logro de los resultados reproductivos en una crianza de porcinos, por consiguiente, se recomienda que sea importante realizar las constantes evaluaciones de los verracos utilizados en una empresa porcícola. Además, sostiene que las evaluaciones deberían ser más técnicas, como evaluar la calidad del semen microscópicamente y macroscópicamente, porque en esta técnica se mide el volumen, concentración, motilidad y las morfologías espermáticas y con todo ello, permite seleccionar oportunamente a los reproductores de calidad y que estos sean aptos para la reproducción.

Finalmente, en las crianzas de porcinos con tecnologías altas, Del valle Rodríguez, (2017), sostiene que la inseminación artificial juega un rol importante, porque ayuda a que se utilice con más frecuencia el semen comercial en las crianzas y esta actividad permitiría que se incrementen las granjas de producción seminal o centros de transferencia genética (CTGs), ya que las mencionadas granjas permiten a los porcicultores que se ocupan de la cría y reproducción en porcinos, estén aislados en brotes de enfermedades y así, los referidos puedan implementar laboratorios de calidad para el procesamiento y producción de semen. A su vez, las personas que se dedican a la referida actividad pueden capacitarse constantemente, es decir logren una especialidad de calidad en el tiempo y logren buenos resultados en el proceso y producción del semen y tengan los cuidados mínimos como son el buen manejo, preservación y el transporte del semen, actividades que resultan de vital valor en la referida actividad.

## I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. Formulación del problema

Actualmente en el departamento de Puno se realiza la crianza familiar para el autoconsumo; y con ello, se intenta mejorar la población de porcinos criollos con la introducción de verracos de los genotipos como: Duroc, Hampshire y Yorkshire. Por otro lado, existen ciertos factores que perjudican la calidad seminal, en donde, el problema en las crianzas pequeñas o llamadas crianzas de traspatio, que ocurren especialmente en la sierra o el Altiplano peruano, es con el uso de verracos en monta natural donde los más grandes o viejos y con mucho peso pueden aplastar especialmente a las cerdas primerizas; de la misma manera si el verraco es muy joven es posible que no pueda llegar a alcanzar su “objetivo”. Asimismo, teniendo en cuenta que en una crianza porcina el éxito reproductivo se limita a sus animales reproductores; y para cumplir con lo comentado, es importante que el porcino reproductor, este calificado para cumplir con su control de los siguientes factores: genéticos, reproductivos, nutricionales, ambientales y manejo.

Valverde *et al.*, (2018) reportan que las características seminales no están correlacionadas con la fertilidad de los machos y refieren que la evaluación de la calidad del eyaculado esté más asociada con la preñez. En ese sentido, no se sabe con exactitud los problemas que asocian la infertilidad en los reproductores, porque desde el momento que se identifica un verraco con ciertos problemas reproductivos, la solución más simple es beneficiarlo sin un análisis y/o evaluación previa.

En el aspecto reproductivo, los resultados de las evaluaciones espermáticas ya sean macroscópicos y microscópicos resultan de vital relevancia en la realización de los proyectos de inseminación artificial (IA). No obstante, una estimación sesgada en la concentración espermática, supone la reducción en la tasa de fertilidad de las marranas, lo cual aumenta al retorno al celo y la consecuente disminución de tasas de parto, camada e influye en el aumento de costo por dosis (Valverde *et al.*, 2019). En ese sentido, la problemática aborda la estimación inadecuada en la concentración seminal, la cual puede influir en el mal cálculo de dosis seminales, ya sea este con mayor o menor número de espermatozoides por dosis, lo que afecta significativamente al productor o vendedor de dosis seminales.

Es así, desde el punto de vista comercial, la cantidad y la calidad del semen son los principales factores que influyen en el número de dosis, por lo cual deben ser analizadas exhaustivamente al momento de evaluar la calidad del semen.

Por lo mencionado anteriormente, los métodos utilizados para la evaluación de las características seminales, son un factor clave a la hora de una adecuada estimación, es por ello que los métodos empíricos de evaluación, son extremadamente imprecisos y subjetivos, por lo que se requiere el empleo de métodos directos que faciliten y tengan una mayor confiabilidad en las evaluaciones seminales.

#### **1.1.1. Problema general**

¿En qué medida se pueden comparar las características seminales del eyaculado en tres genotipos de verracos criados a 3,890 msnm de altitud?

#### **1.1.2. Problemas específicos**

- ¿En qué medida se evidenciará la variación en las características seminales macroscópicas entre los tres genotipos de verracos (Duroc, Hampshire y Yorkshire) criados a 3,890 msnm?
- ¿En qué medida se evidenciará la variación en las características seminales microscópicas entre los tres genotipos de verracos criados a 3,890 msnm?

## **II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN**

### **2.1. Objetivos de la investigación**

#### **2.1.1. Objetivo general**

Evaluar las características seminales en el eyaculado en tres tipos de verracos jóvenes criados a 3,890 msnm de altitud.

#### **2.1.2. Objetivos específicos**

- Comparar las características seminales macroscópicas básicas en tres tipos de verracos jóvenes (volumen libre de fracción gelatinosa) criados a 3,890 m.s.n.m.
- Comparar las características seminales microscópicas básicas en tres tipos de verracos jóvenes (motilidad total, concentración espermática, motilidad progresiva individual, la vitalidad o porcentaje de vivos y muertos).

### **2.2. Justificación de la investigación**

En la sierra del Perú los cerdos que se crían son generalmente adaptados al clima en donde estos poseen ciertas características que facilitan su cría en forma extensiva y con tecnología adecuada a la zona de crianza, sin embargo, es bueno indicar que estos cerdos poseen baja fertilidad y prolificidad, por ello, la implementación de programas de inseminación resulta importante en estas crianzas, con la introducción de verracos de rápido progreso genético, sin embargo estas selecciones se basan solamente para características de canal y tamaño, mas no en las características reproductivas como la calidad del semen. Estas características como el volumen, motilidad y concentración presentan variabilidad entre y dentro de razas, es así que la calidad espermática es estimada por medio del análisis espermático y así, permite predecir la fertilidad potencial de un verraco reproductor (Vilaró, 2018).

La selección e identificación apropiada de verracos se basa en sus rendimientos reproductivos, calificando características como la libido, habilidad de monta, y lo más importante, la calidad espermática. Es así que, factores como la cantidad y

calidad de semen pueden llegar a afectar la cifra de dosis del semen que se podrían obtener de un eyaculado, por ende, la calidad del semen resulta un criterio fundamental e influye en el número de la camada, lo cual significa un aumento considerable de carne disponible para el consumo de la población. Por último, la evaluación seminal debe considerarse un punto crítico y de vital importancia en programas de IA, debido a que los sementales con fertilidad baja que presenten alteraciones puedan ser detectados en un examen rutinario de semen, es así que no todos los eyaculados aptos mantienen niveles de fertilidad dentro de la normalidad (Pérez *et al.*, 2015).

Velásquez, (2013) considera que las variaciones en las características seminales de los verracos usados para la reproducción, son un problema que se observa frecuentemente en las granjas porcinas y que la evaluación de estas son un aspecto importante para predecir la calidad de los eyaculados. Además, considera que esta variación es multifactorial y está relacionada con factores como la edad, raza, frecuencia de colección, alimentación y salud de los verracos reproductores. Es así que, la diversidad de factores influye de manera variada y directa sobre las características seminales como el volumen en el eyaculado, movilidad, pH, concentración de los espermatozoides y morfología espermática.

Con respecto a la capacidad reproductiva de los animales de granja, es necesario realizar un eficiente examen físico, general y anatómico del tracto reproductivo de los verracos, como los testículos, prepucio y el glande de los machos. Dicha evaluación debe estar siempre acompañada de la extracción seminal la cual puede variar en función a la especie; en el caso de los porcinos la extracción del material seminal se efectúa mayormente por excitación directa del verraco frente a un potro de colección o también denominado “maniquí” (Valverde, 2021).

Es así que, al momento de realizar una evaluación seminal de forma subjetiva, los resultados de este pueden ser imprecisos y poco confiables. La alternativa de solución para ello es el análisis computacional de semen, usando los sistemas de análisis computarizado (CASA), en donde estos proporcionan un análisis más objetivo con resultados precisos y confiables (Soler *et al.*, 2009).

Teniendo en cuenta lo anteriormente planteado, el actual trabajo de investigación se enfoca en el análisis y comparación de la calidad seminal de los verracos en altura, implementado un análisis más exacto como los da ANDROVISION® que es un sistema altamente preciso y automático de análisis computarizado de semen, dicho método constituirá una buena herramienta que servirá para seleccionar reproductores teniendo en consideración las características seminales y si es conveniente realizar la técnica de la inseminación artificial a más de 3,890 msnm.

### **III. HIPÓTESIS**

#### **3.1. Hipótesis general**

Las características seminales macroscópicas como microscópicas tendrán variaciones entre los tres genotipos de porcinos machos jóvenes ubicados a una altitud mayor a 3,890 msnm.

## IV. MARCO TEÓRICO

### 4.1. Antecedentes históricos de la investigación

#### 4.1.1. A nivel mundial

En el instituto tecnológico de Conkal-México, se extrajeron un total de 42 muestras seminales provenientes de tres verracos Pelón de Yucatán, en donde se evaluaron las características macroscópicas, microscópicas y parámetros cinéticos de movilidad seminal. Los resultados de las características microscópicas fueron: motilidad total de  $76.33 \pm 0.86\%$ , concentración espermática de  $258.58 \times 10^6$  espermatozoides/mL, vitalidad del  $83.73 \pm 1.39\%$ , morfología de  $94.70\%$ , vivos/muertos  $85.64\%$  y estado acrosomal  $99,42\%$ , mientras que en las características macroscópicas se obtuvo: volumen promedio ( $76.81\text{mL}$ ), olor normal y color lechoso. Respecto a los parámetros cinéticos de motilidad, evaluados con el sistema CASA fueron: velocidad curvilínea ( $75.80\text{mm/s}$ ), velocidad rectilínea ( $40.24\text{mm/s}$ ), velocidad media ( $57.05\text{mm/s}$ ), índice de linealidad ( $52.46\%$ ), índice de rectitud ( $68.75\%$ ), índice de oscilación ( $73.65\%$ ), desplazamiento lateral de la cabeza ( $2.45\text{mm/s}$ ) y frecuencia de entrecruzamiento ( $7.93\text{Hz}$ ) (Chan *et al.*, 2014).

En la unidad experimental de inseminación artificial Granma Cuba en el periodo 2009 a 2011 en cerdos con una edad entre 12 a 18 meses se obtuvieron en promedio los siguientes resultados: Volumen (mL) 181.03, 132.8, 206.1, 162.95 y 146.41; para motilidad los resultados promedio (%) fueron: 75.17, 75.2, 74.4, 74.79, 74.61; y en la concentración espermática promedio (millones/ $\text{mm}^3$ ) se obtuvieron: 372.24, 417.85, 357.79, 367.46 y 377.59 en los genotipos Landrace, Duroc, Yorkshire, L35 y CC21, respectivamente (Pérez *et al.*, 2015).

Valverde *et al* (2018), afirman que en la investigación sobre el impacto de la estructura racial sobre la calidad de los espermatozoides de verracos Duroc, Yorkshire, Landrace, Pietrain-Duroc (F1) con edades entre 23 y 25 meses en Costa Rica; encontraron un volumen seminal promedio de  $109.2\text{ mL}$ ,  $301.1\text{ mL}$  en Duroc y Yorkshire, respectivamente y para la característica de la concentración espermática determinaron promedios de  $0.34 \pm 0.02 \times 10^9$ ,  $0.33 \pm 0.01 \times 10^9$  espermatozoides/mL; motilidad progresiva de  $59.44 \pm 3.24\%$  y  $54.89 \pm 1.28\%$  para

Duroc y Yorkshire, respectivamente; y una motilidad total de  $76.46 \pm 0.83\%$ ,  $74.93 \pm 1.76\%$  en las razas mencionadas, respectivamente.

De la misma manera Valverde *et al.*, (2019) analizaron 174 eyaculados de verracos Duroc y Pietrain pertenecientes a la granja del Programa de Producción Agropecuaria (PPA) de la escuela de Agronomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica. En donde la concentración espermática fue evaluada con tres métodos diferentes: Mediante el espermadensímetro, usando el espectrofotómetro y utilizando un sistema computarizado de análisis seminal (CASA). Respecto a los resultados, la concentración más baja se obtuvo con el espectrofotómetro ( $382.96 \pm 10.19 \times 10^6$  espermatozoides/mL) y la mayor concentración mediante el sistema CASA ( $431.38 \pm 20.82 \times 10^6$  espermatozoides/mL). Mencionan que los genotipos Duroc presentaron una mayor concentración espermática en comparación con los genotipos Pietrain, independientemente del método de evaluación. Finalmente, afirman que el volumen del semen presentó una variación negativa frente a la concentración de espermatozoides, la cual disminuyó a medida que se incrementó el volumen del semen y la edad de los reproductores.

Najera y Muñoz (2006), evaluando la calidad espermática en cuatro razas porcinas con una edad promedio de 10 meses alojados en ambiente controlado y alojados en forma individual, lograron hallar volumen seminal de 271.7 mL, 301.5 mL, 259.8 mL, 194.7 mL; concentración espermática de 298.3, 306.5, 276.1 y  $292.3 \times 10^6$  espermatozoides/mL; motilidad de 78.1%, 76.6%, 76.9% y 77.7% en razas Duroc, Hampshire, Yorkshire y Landrace, respectivamente.

En la evaluación seminal de varios genotipos de verracos que fueron estudiados en el centro de procesamiento de semen porcícola (CPSP) en la Habana Cuba, Acosta *et al.*, (2013) afirman haber determinado en cerdos con edades comprendidas entre 8 a 14 meses y en la raza Duroc un volumen seminal promedio de 117.4 a 132.9 mL y una motilidad de 79.0%; mientras que, en el genotipo Yorkshire reporta un volumen promedio de semen de 134.7 mL y una motilidad de 77.0%.

Según Henao *et al.*, (2004) investigando el impacto que tiene el clima en las características seminales en verracos de Colombia, con cerdos de línea comercial PIC cuyas edades correspondían de 14 y 22 meses, encontraron como promedio

de volumen seminal libre de gel 146.9 mL, motilidad individual de 94.1%, concentración espermática de  $615.4 \times 10^6$  espermatozoides/mL y una vitalidad del 91.9%.

#### **4.1.2. A nivel nacional**

En el distrito de Sullana de la región Piura entre octubre del 2015 a febrero del 2016 se realizó una tesis en semen de porcinos colectando por método manual, encontrando los siguientes resultados promedio de las características seminales: volumen de 156.25 mL, 183.75 mL, 197.5 mL; concentración espermática de  $46.46 \times 10^9$ ,  $49.96 \times 10^9$ ,  $60.56 \times 10^9$  espermatozoides/mL; motilidad masal de 84.45%, 76.88% y 60.56% en verracos de razas Landrace Belga, Landrace y Línea Camborough 29, respectivamente (Escobar, 2016).

#### **4.1.3. A nivel regional (local)**

En la región altiplánica de Puno en al año 2002, solamente se tiene una investigación con dos verracos jóvenes del genotipo Yorkshire de 08 y 12 meses respectivamente, se evaluaron las características seminales colectando el semen por la técnica de la mano enguantada, teniendo como resultados promedio: volumen de la fracción espermática 83.8 y 110.2 mL; motilidad espermática de 80.3 y 83.8%; concentración espermática de  $156.3 \times 10^6$  y  $240.7 \times 10^6$  espermatozoides/mL en porcinos de 08 y 12 meses, respectivamente (Mamani, 2002).

### **4.2. Bases teóricas de la investigación científica**

#### **4.2.1. Razas (biotipos) que se usaron en la investigación**

##### **a) Raza Hampshire**

Muestra en la parte exterior una capa negra con cerdas lisas, finas y negras, excluyendo la espalda y sus anteriores que muestran del color blanco como una franja. También tienen cabeza pequeña cóncava, la inserción de sus orejas son medianas, erectas y orientadas adelante. Su cuello muestra corto, pecho y aplomos grandes y profundos. La línea superior muestra suavemente convexa. Los jamones muestran largos y descendidos. Las miembros posteriores de mediano tamaño y

con cuartillas cortas. El exterior de estos cerdos nos muestra que son negros y con una franja blanca y ellas se muestran extendidas en los miembros anteriores y esta franja cruza por la espalda. Generalmente estos cerdos suelen ser más pequeños que otras especies de porcinos. La raza referida es muy requerida por su calidad de carne con poca grasa. Las hembras demuestran ser prolíferas y muy maternas (Padilla, 2007).

#### **b) Raza Duroc**

La raza de porcino Duroc tienden a tener una gran cualidad genética; muestran gran precocidad, son animales bastante rústicos, buena fecundidad y poseen una buena capacidad de producción de leche. Por lo tanto, esta raza se considera bastante fértil y la utilizan en el cruzamiento; las hembras son bien maternas. En cuanto a la cabeza es pequeña, ancha y se muestra algo convexo en relación a sus orejas que son de tamaño medio, pero de aspecto fino y que están dirigidas hacia adelante, el cuello tiene un aspecto peculiar que es corto, pero con un delicado grosor. Muestra un tronco muy alargado, grueso y con una profundidad relativa. Su espalda es ligeramente ancha. La línea dorsal es recta o moderadamente convexa, la grupa se muestra redondeada, las extremidades son de longitud media, el pelo es rojizo pero varios autores indican que muestran muchas variaciones en su tonalidad exterior y pueden ser desde el amarillo claro al rojo cerca oscuro (Padilla, 2007).

#### **c) Raza Yorkshire**

Este genotipo tiene su origen en Inglaterra, pero en la actualidad dicho genotipo se encuentra distribuida alrededor del mundo, en diferentes países.

Respecto a las características de este genotipo, estos poseen un manto que va de una tonalidad blanca y una piel rosada, su cabeza es ligeramente larga, la cara algo hendido, sus orejas relativamente grandes puntiagudas paradas y poseen un cuello alargado. El dorso y lomo son relativamente alargados y grandes con un buen aplomo. Las hembras son muy fértiles y muy excelentes madres, ellas estarían destetando camadas muy numerosas y con excelente peso. Asimismo, esta raza es considerada muy precoz, tranquila y de muy fácil manejo a los sistemas de crianza ya sean intensivos o mixtos (Castillo, 1984).

#### **4.2.2. Anatomía del aparato reproductor en el verraco**

El tracto genital del verraco se constituye en: a) testículos que poseen dos funciones, una endocrina y la otra producción de espermatozoides; b) los conductos espermáticos formado por: epidídimo para cada testículo, los conductos deferentes y la uretra o canal urogenital, que son los encargados de vehicular, almacenar y dar grado de madurez a los espermatozoides durante su tránsito por ellos. Cuando se produce la eyaculación van a conducir a los espermatozoides de los testículos, y al plasma seminal procedente de las glándulas accesorias, al aparato genital de la cerda; c) las glándulas genitales accesorias que secretan gran volumen de líquido que forma el plasma seminal, las glándulas accesorias incluyen glándulas vesiculares, próstata y glándulas bulbouretrales, también llamadas glándulas de Cowper, y d) el órgano copulador constituido por el pene, glande y prepucio (Buxadé, 2009).

#### **4.2.3. Entrenamiento de verracos para colección de semen**

Higuera y García, (2004) recomiendan que es muy importante entrenar a los verracos para el salto cuya práctica deberá de empezar a los 6 a 7 meses de edad y que se pueden utilizar verracos que tienen la práctica de monta natural y señalan que el entrenarlos es difícil y laborioso. Así mismo, manifiestan que cuando se desea entrenar a un macho es importante alojarlo individualmente y esto deberá desarrollarlo la persona que se encarga del verraco; también recomiendan que el entrenamiento deberá llevarlo a efecto en la nave de verracos o en la sala de alojamiento (con potro móvil). Asimismo, es importante tener paciencia y ser constante porque los entrenamientos tienen una duración de 15 minutos y esto hay que realizarlo todos los días generalmente por la mañana y por la tarde; esta actividad se realiza generalmente con verracos menores de 12 meses y debe ser una recogida por semana; mientras que, en reproductores de 12 meses en adelante es posible trabajar dos veces/semana, dependiendo de la cantidad de dosis a obtener por eyaculación.

Arisnabarreta y Allende, (2017) consideran que es de suma importancia un programa de recolección de semen, porque se debe garantizar la obtención del eyaculado donde esta sea normal y sobre todo garantizar que no exista

contaminación en la colección y que los verracos no se traumatizan en el proceso; con todo ello, se logra obtener un material seminal con excelente calidad y esto debe ser con mucho cuidado para evitar la prolificidad de la cerda al ser inseminada.

Caiza, (2009) recomienda que para comenzar el entrenamiento se debe poner el potro o maniquí en el lugar donde se aloja el verraco para evitar un ambiente diferente donde el animal puede tener reacciones de miedo o distracción. Este potro o maniquí debe ser de fácil transporte y manejo, y sobre todo que la altura de este no sobrepase la cabeza del verraco, por lo que es recomendable construir de acuerdo al tamaño relativo de una cerda primeriza, esto con el propósito de facilitar los primeros intentos de monta, normalmente torpes y con poca excitación; asimismo, se tiene que consentir y estimular las reacciones de los verracos ante el maniquí. El entrenamiento de verracos jóvenes no presentan grandes dificultades y se recomienda la práctica a los verracos jóvenes a partir de los cinco meses de edad, dos a tres veces por semana y durante 15 minutos, pero dejándolos descansar durante unos días; si se ha realizado el quinto intento sin conseguir el salto, según las razas la dificultad varían; mientras los verracos Large White y Landrace no presentan problemas, las razas de aptitud cárnica y poca lívido como el blanco Belga, Hampshire, así como las razas muy rústicas difíciles de manejar, pueden plantear más inconvenientes.

#### **4.2.4. Selección de los reproductores**

Existen diversos factores y cualidades que resaltan al momento de elegir un buen verraco reproductor y que este sea confiable en nuestra granja. Caiza, (2009) afirma que la conformación, conversión alimenticia, tasa de crecimiento y el promedio de grasa dorsal garantizan los rendimientos de la población, con respecto a la introducción de cada nuevo reproductor. Por otro lado, menciona que los reproductores solamente deben tener un servicio de dos años y retirarlos a los tres años de vida como máximo. A su vez, recomienda usar reproductores jóvenes con marranas tranquilas y adultas de pequeño tamaño, que muestren celo bien notorio. Finalmente reitera que, al descartar verracos con ciertas características negativas como problemas reproductivos, debilidad en los miembros posteriores o por simple vejez, estos deberían ser castrados por personal altamente capacitado.

### **4.3 Eyaculado porcino**

Buxadé, (2009) afirma que, el semen del verraco, al igual como sucede con el resto de los mamíferos, está constituido por los espermatozoides originados en los testículos y por el plasma seminal producido básicamente por las glándulas seminales, próstata y las glándulas bulbouretrales.

López, (2023) enfatiza que el verraco tiene una eyaculación en distintas fracciones que se diferencian en características como color, volumen y composición. El eyaculado está constituido por tres fracciones:

#### **1) Fracción pre-espermática**

Fracción compuesta que proviene directamente de la próstata, vesículas seminales y algunos restos que provienen de las glándulas de Cowper. Dichos restos son de textura gelatinosa, a los que usualmente se les llama como “tapioca”, los cuales poseen una función importante la cual es servir como tapón del cuello uterino, es decir impiden el retroceso. Esta fracción es de color transparente, generalmente con una baja población de espermatozoides y un volumen de entre 10 a 15 mL aproximadamente (Caiza, 2009).

#### **2) Fracción espermática**

La principal característica de esta fracción es el color y aspecto lechoso, es la fracción más importante ya que esta contiene una alta concentración de células espermáticas con secreción de plasma seminal que provienen directamente de la próstata y de la cola del epidídimo. Esta fracción representa el 30 y 40% del eyaculado total y contiene una concentración de espermatozoides elevada (López, 2023).

#### **3) Fracción post-espermática**

Posee una baja concentración de espermatozoides. Está compuesta principalmente de plasma seminal proveniente de las vesículas seminales. Posee un color blanquecino, pero más transparente que la fracción espermática (Caiza, 2009).

### 4.3.1 Técnicas (métodos) de colección de semen en verracos

Bermúdez, (2023) menciona que el método más común para la recolección de semen en verracos ha sido el “método de la mano enguantada”, dicha práctica implica la recolección de la fracción espermática del eyaculado del verraco y descartar la fracción post-espermática, siendo la principal técnica más usada por los centros de IA. Otra de las técnicas utilizadas es con la aplicación de equipos semi-automáticos para la recolección del semen; uno de ellos es el uso de la vagina artificial el cual consiste en sostener el pene durante la recolección mediante aire a presión. Este método es más presuroso y eficaz que el método manual, obteniendo así un número mayor de eyaculados por hora, sin embargo, tiene una gran desventaja y es que la fracción post-espermática no se puede descartar, de tal manera que recoge el eyaculado completo.

Córdova Izquierdo *et al.*, (2015) destacan que a nivel del mundo el 90% de granjas de inseminación artificial utilizan esta práctica debido a que se separa el eyaculado en tres etapas, la primera fracción corresponde a la “pre-espermática”, la cual es un líquido que proviene de las glándulas bulbouretrales o de Cowper y que a menudo se encuentra contaminado ya que es el primero en atravesar las vías genitales terminales. En segundo lugar, se encuentra la “fracción espermática”, la cual es abundante en espermatozoides y su volumen puede variar entre 60 a 180 mL, el cual depende de factores que hacen variar como la temperatura, medio ambiente, estado nutricional, raza, edad y tamaño de los testículos. Esta fracción se caracteriza por tener un aspecto blanco lechoso, que contiene mayormente una gran cantidad de espermatozoides y líquidos de las glándulas bulbouretrales y próstata. La última fracción es la “post espermática”, la cual se caracteriza por poseer una menor cantidad de espermatozoides y su volumen alcanza desde los 150-300 mL, proviene directamente de la próstata y las glándulas de Cowper. Presenta un aspecto blanquecino medio transparente y una presencia de abundantes grumos y que estos, cuando se realiza la monta natural tapan el cuello uterino para que el semen no pueda regresar.

Rillo, (1982) manifiesta que estos coágulos de una textura gelatinosa se denominan comúnmente como Tapioca y que estas son secretadas al final de la eyaculación del verraco. Además, recomienda que, para desarrollar el procesamiento seminal

en la práctica de inseminación artificial, debe de eliminarse esta fracción por filtrado mediante una gasa, porque la referida afecta la presión osmótica del plasma seminal y por tanto, a la acción de la viabilidad espermática. Por otro lado, el mismo autor, ratifica que se debe de trabajar el método de la mano con dos guantes; recomendando que uno sea de material polietileno y sea para asear la zona prepucial y limpiar el divertículo del mismo. El segundo guante es para utilizar el vinilo y este luego se desecha libre de polvo; esto se refiere a coger el pene del verraco. Por último, recomienda que la colección del semen no se debe realizar a mano desnuda porque es una técnica antigénica y puede generar contaminación a los reproductores machos.

#### **4.3.2 Ritmo o frecuencia de colección de semen**

Arisnabarreta y Allende (2017), manifiestan que la técnica de recolección en el eyaculado del reproductor macho tiene una cualidad de movilizar un alto porcentaje de las reservas epididimarias, así mismo, cuando aumenta el ritmo de colección el verraco agota sus reservas, por lo tanto, disminuye su volumen y concentración espermática, sin embargo, muestra una aglutinación del porcentaje de anomalías (gota citoplasmática). Entonces el autor sugiere no utilizar al verraco a una colección de semen constante o elevado para que no se estrese y así evitar el agotamiento de sus reservas. Finalmente, deduce que se debe mantener un ritmo para el estímulo de la colección de semen.

Montero, (2020) menciona que la frecuencia de recolección de semen de verraco se limita a no más de 3 veces por semana, esto para garantizar una alta concentración y volumen de semen. Asimismo, refiere que la frecuencia de colección puede variar según edad y estado de los machos reproductores, por lo cual recomienda desarrollar en tiempos la recolección de semen:

- Colectar una vez por semana a los verracos jóvenes (6-8 meses).
- Colectar 2-3 veces por semana a los verracos adultos
- Intervalo entre colecciones: recomienda un intervalo de al menos 1-2 semanas para así poder permitir la recuperación de los verracos.

### **4.3.3. Factores que afectan la calidad seminal**

El estudio de la calidad seminal en el verraco es un aspecto muy importante a considerar debido a la capacidad fecundante que estos puedan llegar a presentar a lo largo de su vida reproductiva, sin embargo, la calidad del semen varia frecuentemente por diferentes motivos y es por ello que llegan a presentarse diferentes características del eyaculado entre reproductores. Es así que, la calidad seminal depende de varios factores como pueden ser la genética, alimentación, edad, tamaño testicular, frecuencia de colección y de factores ambientales (Velásquez, 2013).

- Edad

Según Rugel, (2021) indica que este factor tiene influencia en el volumen y la concentración de los espermatozoides; además refiere que la espermatogénesis comienza a partir de los cuatro a cinco meses de edad y a partir de esta en adelante ya se pueden presenciar las primeras erecciones, es por ese motivo que recomienda que las primeras colecciones de semen deban hacerse a partir de los 6 a 8 meses de edad cuando los reproductores hayan llegado por lo menos a los 80 a 120 kg de peso.

- Alimentación

En verracos el estado nutricional y el consumo de alimento son factores importantes los cuales están asociados a la eficiencia reproductiva. Para prevenir esto los verracos deben contar con un plan de alimentación y ser manejados individualmente. Por otro lado, una mala alimentación conlleva a problemas como el bajo libido, fertilidad, y baja producción de semen (Pond, 2002).

- Tamaño testicular

Vilaró, (2018) indica que en verracos se ha encontrado una relación directa o asociación positiva sobre el tamaño de los testículos y la producción de espermatozoides. Menciona que verracos seleccionados con gran tamaño testicular producen  $6 \times 10^9$  más espermatozoides por eyaculado a diferencia de verracos con menor tamaño testicular.

- Frecuencia de salto

Caiza, (2009) menciona que someter a los verracos a frecuentes saltos y ritmos de colecta tiene un efecto negativo, ya que el verraco agota rápidamente sus reservas espermáticas del epidídimo. Es así que, una intensa colecta disminuye la capacidad del eyaculado y a su vez, la concentración de los espermatozoides.

#### **4.4 Métodos para evaluar la calidad seminal:**

##### **4.4.1 Espermiograma clásico**

Buxadé, (2009) define al espermiograma clásico, a un conjunto de pruebas macroscópicas y microscópicas que permiten la diferenciación entre eyaculados aptos y no aptos para la inseminación artificial.

En las pruebas macroscópicas, el primer análisis subjetivo que se realiza es el de la consistencia y color, seguido de el volumen en el eyaculado. El volumen del eyaculado se puede medir en dos maneras distintas: mediante la medición en probetas graduadas y mediante el pesaje de muestras y estos se miden en mL o  $\mu\text{l}$ ; es así que, el volumen y la concentración se utilizan para poder estimar el número de dosis seminales que se pueden obtener de un eyaculado (Valverde *et al.*, 2021).

Las evaluaciones microscópicas que se realizan de manera subjetiva son: la concentración, motilidad, morfoanomalias y estado del acrosoma. La concentración es el número de células espermáticas por unidad de volumen (mL) que hay en el eyaculado y subjetivamente se mide con cámaras de recuento celular (Angulo, 2022).

Caiza, (2009) indica que la motilidad de los espermatozoides es el parámetro más evaluado en el eyaculado; esta puede evaluarse por métodos subjetivos los cuales son poco fiables. Este análisis subjetivo de la motilidad considera la motilidad masal, el cual se evalúa en semen no diluido y para la evaluación de motilidad individual se requiere del semen diluido en donde se analiza tanto la calidad como movimiento; por ello, es necesario precisar que, este análisis es dependiente de la temperatura, por lo que beneficia las lecturas de las muestras a temperaturas de 37-38°C para obtener una mejor estimación.

#### 4.4.1.1 Características macroscópicas

Esto se realiza para lograr el análisis macroscópico del eyaculado, tomando en cuenta la valoración general y rápida de las características del eyaculado; en donde esta se evalúa a simple vista, viendo y verificando el volumen, color y consistencia (Buxadé, 2009).

##### a. Volumen

De acuerdo con Arisnabarreta y Allende (2017), existen diferencias entre razas en cuanto al volumen del eyaculado y la producción espermática. Esencialmente, las razas más grandes como lo son, Large White, Yorkshire generan mayor volumen seminal. Por otro lado, la raza Duroc-Jersey genera eyaculados de menor volumen seminal. Pasando la pubertad, que llega entre los cinco a ocho meses de edad, aumenta la cantidad de células espermáticas y el volumen del eyaculado que dan significancia al crecimiento de los testículos, hasta que el macho alcanza los dieciocho meses de edad. Los volúmenes con mayor frecuencia corresponden a 100 y 300 mL.

El cerdo posee las siguientes características seminales: volumen seminal libre de la porción gelatinosa de 250 ml, concentración espermática de  $0.2 \times 10^9$  espermatozoides/ml (Boeta *et al.*, 2018).

En el manual de KUBUS, (2010) mencionan que el volumen del semen de la fracción abundante en espermatozoides varía entre razas desde 60 y 180 mL relativamente y esto puede cambiar con el aumento de la edad, tamaño testicular, genotipo o raza y del estado funcional de los reproductores. Además, mencionan que este parámetro se mide en  $\text{cm}^2$  o mL y para poder ser evaluadas es necesario el uso de probetas graduadas o mediante el uso de balanzas donde aquí es necesario pesar la muestra seminal, y dependiendo de la equivalencia tener un resultado propicio; se estima que 1 gramo es equivalente a  $1 \text{cm}^2$ .

Hafez (1996), comenta que, en general los verracos jóvenes y los más pequeños producen menores volúmenes de eyaculado. La gran frecuencia en la eyaculación reduce el volumen promedio y cuando se colectan dos eyaculados consecutivamente, el segundo eyaculado suele tener menor volumen. El que éste

sea reducido no se considera como defecto, pero si posee una baja concentración de los espermatozoides, el número de gametos disponibles es limitado.

Buxadé (2009), menciona que el volumen normal del eyaculado de un reproductor macho porcino adulto es de 200 a 300 mL; así mismo, destaca primordialmente la edad y el ritmo de recogida al que sería sometido el reproductor.

El rango del volumen eyaculado por un reproductor porcino es de 100 a 300 mL (Rodríguez, 2005).

Velásquez (2014), afirma que el volumen promedio de semen libre de gel es de 146.9 mL. La gran diferencia del volumen eyaculado se menciona que hace referencia al tamaño de las glándulas seminales y bulbouretrales; por otro lado, el grado de excitación sexual que alcanza previamente a la colección afecta a ciertas características como la edad, genotipo o raza, estado nutricional, tiempo de colección y los agentes estresantes.

Solis, (2007) evaluó el efecto del Spermax Forte sobre la libido, el volumen, concentración, dosis y motilidad del eyaculado. Durante el estudio se evaluaron 11 machos reproductores de las razas Duroc, Duroc-Pietrain y Yorkshire con edades de entre 1.5 a 2 años. De los resultados para volumen obtuvieron: 167.8, 191.7 y 213 mL respectivamente.

Calatayud-Márquez *et al.*, (2021) indican que en animales de línea comercial Topigs cuyas edades fueron entre 14 y 35 meses en una zona del bosque tropical de Venezuela, determinaron como promedio un volumen seminal de  $253.2 \pm 57$  ml y una concentración espermática promedio de  $322.1 \pm 98.2 \times 10^6$ /ml.

Acosta *et al.*, (2008) hallaron como resultados promedios: volumen  $102.50 \pm 3.5$ ,  $97.88 \pm 2.70$ ,  $101.70 \pm 5.10$  mL; para verracos de 9 a 12 meses correspondientes a los genotipos CC21, Yorkshire y L35, respectivamente.

En verracos Duroc para una edad de 2.5 años empleando suplemento mineral, para el caso del grupo testigo reportan como promedio de volumen seminal 139.5 mL (Salazar *et al.*, 2017).

En verracos híbridos Duroc x Pietrain con edades entre 2 a 3 años los promedios de volumen seminal fueron de 210.0 mL (Rugeles-Pinto *et al.*, 2013).

En verracos L35 con edades comprendidos entre 15 a 18 meses colectándose semen mediante la técnica de la mano enguantada con una duración de 6.2 minutos se obtuvieron como promedio en volumen de 294.5 mL. (Alonso *et al.*, 2006).

### **b. Color**

Buxadé (2009), refiere que el color de un eyaculado normal en el verraco es blanco crema, aunque la tonalidad puede variar de unos machos a otros. La presencia de otras coloraciones en el eyaculado puede ser indicador de diferentes patologías, contaminación o mala práctica en el recojo.

Koning, (1979) menciona que, el eyaculado de los reproductores machos debe de ser gris claro y ello, el blanco debe ser suavemente marfileño. Cuando se presentan colores amarillos, verdes y rosas o castañas, se deduce que son sucios o de contaminación y estos demuestran que son de índole patológico (pus, bacterias, orina). Por lo tanto, las referidas eyaculaciones no se deben utilizar en la inseminación.

Rodríguez, (2005) afirma que, de los reproductores machos, se les extrae solo la segunda fracción (que es rica en espermatozoides) y demuestran que el color es blanco amarillento, esto depende del reproductor macho y de su futura concentración espermática.

### **c. pH**

La reacción alcalina es una característica de una escasa fertilidad y genera una disminución de la concentración y de la movilidad. Las muestras seminales con alta concentración de espermatozoides y ricos en fructosa, acusan una rápida disminución del pH debido a un acúmulo de ácido láctico como consecuencia de la fructólisis (Derivaux, 1985).

Velásquez, (2014) manifiesta que el pH del semen del reproductor macho es de 7.6 y si existe modificaciones en cuanto al pH este cambia la viabilidad y movilidad espermática. Los altos o menores cantidades de producción de las glándulas

sexuales accesorias influyen directamente en el aumento o disminución del pH y este significa que el semen pueda tener una reacción relativamente alcalina o inclusive más ácida.

Weitze, (2000) manifiesta que el semen del reproductor macho que su pH esta entre el rango de 6.5 a 7.5. Por otro lado, sustenta que el semen tiene un pH alto y está sobre los 8, sin embargo, indican, que esta es un eyaculado de mala calidad o que el reproductor tiene el tracto genital infectado en proceso.

Solis, (2007) indica que en Colombia con reproductores machos de edades que oscilan entre los 13 meses su pH sería de 7.3 como promedio en porcinos Duroc y de 7.8 para porcinos Landrace.

Konig, (1979) comenta que el espermatozoide del reproductor macho tiene un rango de 6.8 y 7.8, y sus máximas frecuencias se encuentran entre el rango de pH de 6.9 a 7.2. Cuando eyacula, su pH bajo supera en valor al pH elevado.

En verracos híbridos entre Duroc x Pietrain, determinaron que en el semen es un valor de pH de 8.3 (Rugeles-Pinto *et al.*, 2013).

En verracos con edades de 13 meses se encontraron valores promedio de pH 7.3 en raza Duroc y de 7.8 en Landrace (Solis, 2007).

#### **4.4.2. Sistema computarizado de análisis seminal (CASA)**

El análisis en la calidad seminal ha ido mejorando con el tiempo por medio de la utilización de nuevos métodos que facilitan y mejoran la precisión de los resultados. Es así que, más investigadores están utilizando los sistemas computarizados de análisis seminal, con el objetivo de obtener valores más exactos y confiables de las muestras seminales (Valverde y Madrigal, 2018).

Los sistemas de análisis mediante computadora realizan análisis seminal en forma objetiva y permiten minimizar el error a comparación de las evaluaciones subjetivas, estos a su vez, dan resultados exactos al describir parámetros cinéticos de los espermatozoides. El análisis exhaustivo de estos parámetros cinéticos y en conjunto con la motilidad seminal permiten obtener una mejor caracterización de los criterios de evaluación de los reproductores (Barquero *et al.*, 2021).

Valverde, (2021) indica que esta evaluación computarizada consiste en emplear un microscopio de contraste negativo, el cual permite observar espermatozoides blancos sobre un fondo oscuro. Este método emplea una cámara de muy buena resolución, escáner y una computadora previsto de un programa informático especializado, el cual permite guardar y analizar datos.

#### **4.4.2.1. Características microscópicas**

Chan, (2019) afirma que dentro de los parámetros que mide el sistema CASA se pueden encontrar:

##### **a. Motilidad**

Valverde y Madrigal, (2018) indican que este parámetro mide la movilidad de los espermatozoides y el análisis de concentración. El análisis se basa principalmente en una serie de medidas de movimiento de la cabeza de la célula espermática durante un determinado tiempo.

El análisis de motilidad con el sistema CASA, se realiza mediante la captura en secuencia de imágenes (con microscopio), con una rapidez de captura y en un determinado tiempo definido por el encargado del sistema, es así que el procedimiento se repite con amplios campos microscópicos distintos. Luego de la segmentación automática de las imágenes y una vez identificados los centroides (cabezas de los espermatozoides) se procede al análisis mediante la trayectoria descrita por los espermatozoides, en las diferentes imágenes (Angulo, 2022).

- **Parámetros cinéticos:** Bermúdez, (2023) menciona los siguientes parámetros:

**Motilidad total (MT %):** se mide como la cantidad de espermatozoides que presentan una velocidad tipo curvilíneo ( $VCL > 10 \mu\text{m/s}$ ).

**Motilidad progresiva (MP %):** analiza los espermatozoides que poseen una trayectoria en un índice de rectitud ( $STR \geq 75\%$ ) en el eyaculado.

**Estáticos (%):** se evalúan los espermatozoides que tengan una velocidad tipo curvilíneo ( $VCL < 10 \mu\text{m/s}$ ) y se expresan en porcentajes.

**Velocidad curvilínea (VCL  $\mu\text{m/s}$ ):** este parámetro se analiza de acuerdo a la unión de puntos de la cabeza centroide de la célula espermática en cada marco a lo largo de la proyección de la imagen. Su objetivo es aportar información sobre la distancia que recorre el espermatozoide a lo largo de su trayectoria real en función al tiempo (Soler *et al.*, 2009).

**Velocidad rectilínea (VSL  $\mu\text{m/s}$ ):** es evaluada desde del primer hasta el último punto a lo largo de la proyección de la imagen y su objetivo es definir el espacio recorrido del espermatozoide de punto a punto a lo largo de su trayectoria en un determinado tiempo.

**Velocidad de trayectoria media (VAP):** se mide en  $\mu\text{m/s}$ , y es obtenido por extrapolación en los puntos de velocidad curvilínea. Este parámetro se enfoca en el espacio recorrido del espermatozoide en su trayectoria media en función al tiempo.

**Índice de Rectitud (STR):** se expresa en porcentaje y se obtiene de la relación porcentual entre VSL y VAP ( $VSL / VAP * 100$ ), esta indica la rectitud de la trayectoria media (Bermúdez, 2023).

**Índice de Linealidad (LIN):** se expresa en porcentaje y se obtiene del total del porcentaje entre las velocidades rectilínea y curvilínea multiplicado por cien y esta se refiere a la rectitud de la trayectoria en curva.

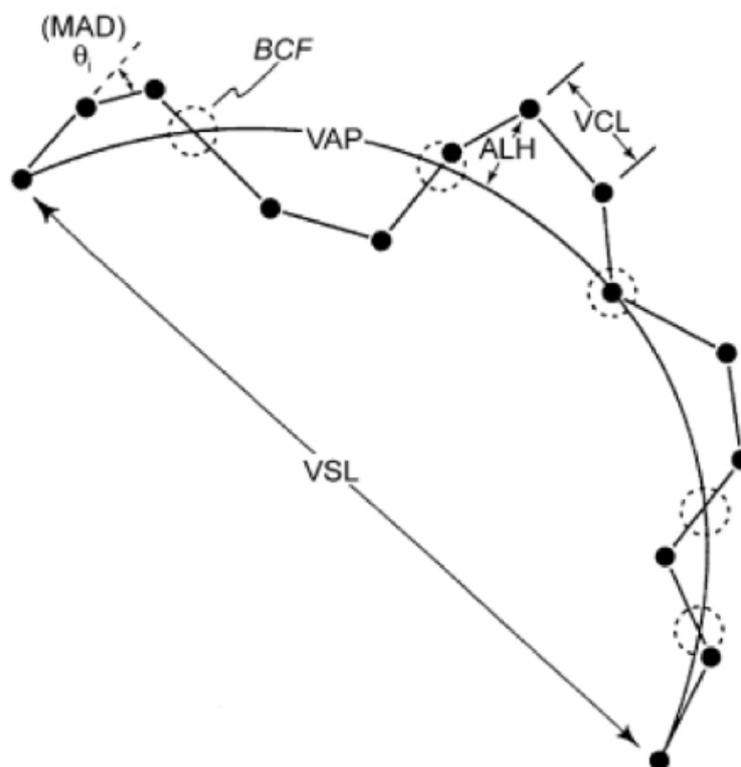
**Índice de Oscilación (WOB):** se expresa en porcentaje y se obtiene en función de porcentajes de la trayectoria media y la velocidad curva multiplicado por cien; esta se refiere a la medida de balances entre trayectorias a partir de un determinado tiempo durante el análisis.

**Amplitud del desplazamiento lateral de la cabeza (ALH):** se mide en  $\mu\text{m/s}$ , este parámetro evalúa el desplazamiento mayor realizado por el centroide de la célula espermática en el movimiento curvilíneo y de un lado paralelo a otro dentro de su trayectoria o movimiento recto.

**Frecuencia de cruces (BCF):** se mide en Hz y es la frecuencia con la cual la trayectoria curvilínea atraviesa la línea media en función a un determinado tiempo (Valverde y Madrigal, 2018).

## Figura 1

Representación gráfica de los parámetros cinéticos de motilidad medidos por el sistema de análisis computarizado (CASA).



Fuente: Valverde y Madrigal, (2018). Sistemas de análisis seminal computarizado en la reproducción animal.

En el Instituto Tecnológico de Conkal en México, donde se analizaron un total de 42 muestras seminales en tres reproductores se obtuvieron en promedio una motilidad de 80.24%, y respecto a parámetros cinéticos de motilidad fueron: velocidad curvilínea (75.81 $\mu\text{m/s}$ ), velocidad rectilínea (40.24 $\mu\text{m/s}$ ), velocidad media (57.05 $\mu\text{m/s}$ ), índice de linealidad (56.46%), índice de rectitud (68.75%), índice de oscilación (73.65%), desplazamiento lateral de la cabeza (2.45 $\mu\text{m/s}$ ), y frecuencia de entrecruzamiento de 7.93Hz (Chan, 2019).

Valverde *et al.*, (2018) realizaron un estudio en donde utilizaron 63 verracos con edades de entre 23 y 25 meses, los animales se dividieron según la composición racial Duroc (D), Yorkshire (Y), Landrace (L), F1 Pietrain\*Duroc (PD), y dos líneas genéticas (LA y LB). El verraco reproductor Landrace obtuvo el mayor porcentaje

de espermatozoides estáticos ( $28,32\pm 1,51$ ). En cuanto a resultados de motilidad total y motilidad progresiva, se obtuvieron de los L y PD resultados de  $71,72\pm 1,56$ ;  $76,43\pm 1,08$  y  $52,82\pm 1,98$ ;  $60,84\pm 1,36\%$ , respectivamente.

En un estudio sobre las características seminales en verracos del cantón Marcabellí en Loja-Ecuador, se evaluaron seis reproductores: 2 Pietrain (P), 2 Duroc (D) y 2 Landrace (L). En cuanto a los resultados de motilidad espermática se obtuvieron: Pietrain 92.5%, Landrace 80% y Duroc 87.5% (Rugel, 2021).

Salazar *et al.*, (2017) investigando diferentes niveles de suplemento mineral sobre la calidad seminal, para el caso del grupo testigo reportan como valores promedios para verracos Duroc de 2.5 años una motilidad del 75.5%.

En verracos híbridos entre las razas Duroc x Pietrain con edades entre 2 a 3 años, determinaron en el semen una motilidad espermática promedio de 72.4% (Rugeles-Pinto *et al.*, 2013).

En verracos L35 con edades comprendidos entre 15 a 18 meses colectando semen mediante la técnica de la mano enguantada se obtuvieron como motilidad espermática valores de 75 a 80% (Alonso *et al.*, 2006).

En un estudio sobre la calidad de los eyaculados de semen fresco en verracos de edades en rangos de 9 y 12 meses se hallaron como resultados promedios en motilidad espermática de  $80.20\pm 0.71$ ,  $76.06\pm 0.45$ ,  $72.51\pm 1.44\%$  para los genotipos CC21, Yorkshire y L35, respectivamente (Acosta *et al.*, 2008).

En la opinión de McDonald, (1991) una motilidad estimada del 70% o superior se considera satisfactoria. Un total de 20% o más de anomalías mayores o más del 40% de anomalías menores volverán sospechosa la fertilidad del verraco.

#### **b. Concentración espermática**

La cantidad de espermatozoides por unidad de volumen eyaculado, está entre 150 a  $205\times 10^6$  de espermatozoides por mL de eyaculado; argumentando los autores que esta valoración o parámetro es básico, porque con el volumen del eyaculado mencionan que debe ser el número de dosis seminales para la inseminación artificial (Córdova-Izquierdo *et al.*, 2007).

En verracos híbridos entre las razas Duroc x Pietrain, determinaron que el semen tiene una concentración espermática promedio de  $187 \times 10^6$  espermatozoides/mL (Rugeles-Pinto *et al.*, 2013).

En Colombia, durante la investigación con verracos de dos razas cuyas edades fueron de 13 meses, mediante el método del hemocitómetro se obtuvieron como valores de concentración espermática  $180 \times 10^6$  espermatozoides/mL para la raza Duroc y de  $239 \times 10^6$ /mL para Landrace (Suárez *et al.*, 1979).

En verracos L35 con edades comprendidos entre 15 a 18 meses colectando semen mediante la técnica de la mano enguantada se obtuvieron como promedio en concentración espermática de  $274.5 \times 10^6$  espermatozoides/mL (Alonso *et al.*, 2006).

En verracos de la línea comercial llamada Topigs con edades comprendidas entre 12 y 35 meses tuvieron una concentración espermática  $322.1 \pm 98.2 \times 10^6$  espermatozoides/mL (Calatayud-Márquez, 2021).

## V. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### 5.1. Ubicación de la investigación

#### 5.1.1. Ubicación política

La presente investigación se realizó en un centro de crianza de porcinos privado, el mismo que se encuentra localizado en el distrito de Platería, provincia y región de Puno.

#### 5.1.2. Ubicación geográfica

Geográficamente el lugar de la investigación se encuentra ubicada en la Sierra a una altura de 3,890 msnm, una latitud de 14°47'37" y longitud de 70°47'50".

#### 5.1.3. Límites políticos

El lugar donde se realizó la investigación posee los siguientes límites: Por el lado norte limita con el distrito de Chucuito, por el sur con el distrito de Acora, por el oeste con el distrito de Laraqueri y por el este con el Lago Titicaca.

#### 5.1.4. Vías de acceso

La principal vía por donde se accede es la carretera binacional Puno a Desaguadero, específicamente a 24 km de la ciudad de Puno.



**Figura 2**

*Ubicación de los porcinos Km 24 carretera Puno-Desaguadero*



**Figura 3**

*Laboratorio IVITA de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos*

### **5.1.5. Descripción de las técnicas de investigación**

#### **a. Tipo de la investigación**

La actual investigación, cumple características metodológicas que tienden a una investigación de tipo aplicada, por el motivo, que se llegaron a utilizar conocimientos de las ciencias agropecuarias. Además, se enfoca en el interés, la aplicación, utilización y problemas prácticos del conocimiento científico.

#### **b. Nivel de investigación**

Este estudio de investigación, reúne por su nivel las características de un estudio explicativo, porque se busca determinar las características, propiedades y evidencias resaltantes de todo fenómeno que se ha tratado de analizar en la investigación; asimismo, por estar orientado a describir y explicar las características seminales en los tres tipos de verracos (Duroc, Hampshire y Yorkshire).

#### **c. Diseño de investigación**

Se puede definir el diseño como: “un plan estratégico concebido para recolectar los datos que se desea obtener, el actual estudio corresponde a una investigación de tipo experimental, prospectivo y longitudinal. En razón a que el investigador manipula las variables para comprobar los efectos, prospectivo por cuanto la

obtención de datos es de inmediato en cada ocasión y longitudinal por medir varias veces durante el tiempo de duración del experimento.

## 5.2. Materiales

### 5.2.1. Animales

Los animales para la ejecución de la investigación correspondieron a:

Verracos jóvenes (un animal por cada genotipo en estudio) con una edad de 8 a 10 meses, asignados la siguiente manera:

**Tabla 1**

*Disposición de los animales para la investigación*

<b>Bloque (meses)</b>	<b>Tratamientos (tipos)</b>		
	<b>Yorkshire</b>	<b>Duroc</b>	<b>Hampshire</b>
Agosto	4	4	4
Setiembre	4	4	4
Octubre	4	4	4
TOTAL	12	12	12

### 5.2.2. Alojamiento

Los porcinos fueron alojados individualmente y se manejaron en instalaciones a base de material noble, en donde el piso fue de cemento con cama profunda a base de paja de chilligua (*Festuca dolichophylla*), y las divisiones con fierro corrugado, los corrales tuvieron una dimensión de 3.5 m de ancho x 4.0 metros de largo.

### 5.2.3. Manejo alimentario

El Consejo Nacional de Investigación (NRC, 2012) señala que los verracos sexualmente activos deben consumir diariamente 6,530 Kilocalorías de Energía Metabolizable (EM) y 260 gr de proteína cruda con una ración que contenga 0.60% de Lisina en la dieta. Por lo tanto, los verracos jóvenes en la presente investigación consumieron una dieta balanceada en una cantidad de 2.33 kg/día cuyo valor nutritivo tuvo una PT=14.7% y una EM= 2,800 Kcal/kg. Los mismos que fueron

distribuidos dos veces al día durante el experimento, además se implementó bebederos tipo chupón para que puedan tomar libremente cada animal.

**Tabla 2**

*Valor nutritivo del alimento balanceado para verracos*

<b>Insumos alimenticios</b>	<b>% Mezcla</b>	<b>% Mat.Seca</b>	<b>% PT</b>	<b>Kcal/kg E.Metab</b>	<b>% Lys</b>	<b>% Met</b>	<b>% Ca</b>	<b>% Pdisp</b>	<b>% FC</b>
Maíz harina	32.4264	28.859	2.691	1082.1	0.0843	0.116	0.097	0.033	0.907
Salvado trigo	30.3297	26.993	4.094	672.41	0.1698	0.13	0.05	0.125	3.942
Cebada molida	24.67017	21.956	2.787	697.17	0.1011	0.091	0.015	0.075	1.529
Torta soya 46%PT	10.57293	9.251	4.863	335.2	0.2854	0.306	0.04	0.04	0.634
Harina Pescado	0.5008	0.460	0.323	13.5	0.0255	0.011	0.02	0.017	0.005
Premix (vit+mine)	0.50	0.490	....	.....	.....	....			.....
Cloruro colina 60%	0.20	0.180	....	.....	.....	....	...	...	.....
Sal común	0.30	0.269	....	.....	.....	....	...	....	.....
Fosf monocálc 21%	0.30	0.294	....	.....	....	...	0.2	0.108	.....
Carbonato calcio	0.20	0.196	....	.....	....	....	0.35		....
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>88.948</b>	<b>14.75</b>	<b>2,800.30</b>	<b>0.66</b>	<b>0.65</b>	<b>0.77</b>	<b>0.398</b>	<b>7.01</b>

La dieta balanceada fue suministrada en algunas veces en comederos confeccionados a base de llantas de vehículo, pero mayormente distribuidos en comederos a base de material noble, los mismos que fueron higienizados diariamente. El consumo de agua fue ofrecido mediante chupones instalados en el mismo ambiente.

### 5.3. Muestreo

El muestreo fue no probabilístico y de tipo circunstancial, debido a que en este tipo es desconocido la probabilidad o viabilidad de que cada uno de los componentes de la comunidad tengan la oportunidad de ser incluidos en la muestra; sino que en forma antelada se ha tenido en cuenta los animales con los que se tuvo que realizar la investigación.

## 5.4. Materiales, equipos de laboratorio y reactivos

### a) De colección seminal

- Maniquí o potro de colección móvil con altura cambiabile.
- Termo colector de boca ancha con capacidad de 500 mL.
- Filtro seminal de celulosa
- Bolsa de colección
- Gasa
- Guantes tipo vinilo para colección
- Liguillas de sujeción
- Guantes obstétricos de manga larga
- Guantes tipo látex



**Figura 4**

*Equipos utilizados*

### b) De laboratorio

- Equipo completo de sistema AndroVisión (CASA)
- Láminas porta objetos biselada y cubreobjetos
- Termómetro bimetálico tipo reloj con precisión entre -10 a 100°C
- Equipo de hemocitómetro completo
- Probeta de vidrio de capacidad 250 mL SCHOTT DURAN, Germany
- Frascos Erlenmeyer de capacidades 250, 500 y 1000 mL.
- Vaguetas de vidrio, Pipetas pasteur

- Tubos Eppendorf
- Papel toalla y aluminio
- Tubos Falcón



**Figura 5**

*Equipo Sistema computarizado AndroVision®*

**c) Reactivos**

- Colorantes Eosina y Nigrosina (5 y 10%)
- Dilutor MR-A AntoiX (7 días)
- Suero fisiológico
- Agua tridestilada desionizada y osmotizada

**d) Combustible**

- Gasolina y Diesel para trasladar muestras

**5.5. Proceso de colección seminal**

Para la colección seminal, los verracos fueron entrenados desde los 6 meses de edad, conforme a las recomendaciones de (Higuera y García, 2004).

La extracción de semen se hizo de acuerdo a la descripción dada por (Arisnabarreta y Allende, 2017), para ello, antes de que el verraco monte, se ha procedido con el lavado y limpieza de la bolsa prepucial para luego realizar la extracción seminal sobre un potro o maniquí móvil confeccionado para este propósito, el método de colección fue el de la “mano enguantada” con doble guante, donde el segundo o guante externo fue utilizado para la evacuación y lavado del líquido prepucial y de los restos de orina

y el primer guante para fijar el glande del pene o “tirabuzón”, asumiendo estrictamente las medidas sanitarias establecidas, con la idea de evitar la contaminación en la extracción.

Para la colección se ha utilizado un termo de boca ancha con capacidad de 500 mL, en cuyo interior se colocó una bolsa de polietileno para la recepción del semen y sobre la boca del termo se colocó el filtro de celulosa y gaza fijado con una liguilla, el filtro se utilizó para impedir el paso de los grumos gelatinosos. Por tanto, solamente se colectó la fracción espermática del semen por cuanto el objetivo fue planteado de esa manera; la frecuencia de colección se realizó con un espacio de tiempo de 7 días en cada animal, para de esta manera no exista variaciones.



**Figura 6**

*Colección de semen genotipo Yorkshire*

## **5.6. Evaluación de semen colectado**

### **5.6.1. Determinación de volumen seminal**

Según el objetivo del estudio se determinó el volumen colectado dentro de un ambiente acondicionado para tal fin y para ello se ha procedido a pasar el semen puro del termo a la probeta graduada y esterilizada de capacidad 250 mL marca SCHOTT DURAN® previamente temperada y cumpliendo con las recomendaciones (Bearden et al., 2012).

### **5.6.2. Evaluación de la motilidad espermática**

Para el análisis subjetivo de este parámetro se utilizó un microscopio óptico marca WILD Switzerland® con platina térmica incorporada a 38°C, para ello el semen fue prediluido en una proporción de 1:1 (v/v) con el dilutor para semen porcino MR-A® Antiox de larga duración.

Se puso una gota del material pre-diluido y extraído con la pipeta sobre una lámina portaobjetos para luego cubrirlo con laminilla cubreobjetos, la calificación visual se hizo a un aumento de 100x. Sin embargo, al ver que la calificación fue subjetiva y para mayor exactitud de los resultados se optó por realizar la evaluación objetiva mediante el sistema de análisis computarizado ANDROVISION® en el laboratorio del Instituto Veterinario de Investigación en Tropicicultura y Altura (IVITA) de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) ubicada en la localidad de Marangani provincia de Canchis de la región Cusco. Las muestras seminales colectadas y pre-diluidas fueron transferidos a tubos Falcón con tapa rosca con capacidad de 15 mL y envueltos con franela para colocarlos en el interior del termo precalentado para luego transportarlo hasta la estación experimental de Marangani en un espacio de tiempo de 3.5 a 4 horas.

Desde el momento de la pre-dilución de semen a 35°C en el transcurso del traslado, la temperatura descendió hasta 25°C a 27°C en todos los casos; una vez llegado al laboratorio de reproducción animal y habiendo hecho una evaluación de las muestras, se guardaron en una refrigeradora temperada a 18°C. La motilidad y las características cinéticas de las células espermáticas fueron evaluados por el sistema computarizado de análisis seminal (ANDROVISION®), conjuntamente con un microscopio con contraste de fase negativo a 10x y en platina calentada a 37°C. La movilidad de los espermatozoides se evaluó añadiendo una muestra de 2,6 µl del material seminal, previamente mezclado en el tubo Eppendorf. Cada muestra seminal se evaluó dos veces y se sacaron para la evaluación siete campos como mínimo. Finalmente, se consideró los centroides (cabezas de los espermatozoides) para evaluar los parámetros de trayectoria de los espermatozoides.



**Figura 7**

*Equipo sistema ANDROVISION®*

### **5.6.3. Determinación de la concentración espermática**

Esta variable desde el proceso de entrenamiento se estuvo determinando mediante el método del hemocitómetro siguiendo el procedimiento dado por Córdova-Izquierdo *et al.*, (2007). En el recuento por la cámara de Neubauer (hemocitómetro) consiste en emplear una pipeta cuenta glóbulos. La disolución que se utilizó para que los espermatozoides no tengan movimiento y con el propósito de evaluarlas eficazmente, fue una solución de formol al 3%; el grado de dilución en la pipeta fue de 1:100; el recuento se realizó directo en el microscopio a 400x considerando los espermatozoides de 5 cuadrados de doble rayado de la cámara.

El procedimiento ha consistido de la forma siguiente (Gadea, 2001):

- Se utilizó la pipeta cuenta glóbulos rojos y se aspiró semen puro hasta la marca 1.0 (ubicado en la parte capilar), luego se absorbió el diluyente (solución salina al 3%) hasta la señal 101 (que está encima del bulbo de la pipeta).
- Seguidamente se sacudió la muestra en un sentido transversal en un par de minutos, tomando con los dedos medio y pulgar, y después se excluyó 3 o 4 primeras gotas.
- Se cubrió la cámara de Neubauer con su laminilla cubreobjetos, luego se colocó una gota en cada campo de la cámara y dejamos que repose unos 4 a 5 minutos para finalmente contar.

- Como paso siguiente, se buscó con menor aumento uno de los campos y se realizó la cuenta con el objetivo puesto seco (400X), donde se cuenta 5 cuadrados de los 25 que existen. Solamente se contaron los espermatozoides que están adentro con doble línea superior izquierda.
- La cantidad total de células espermáticas se determinó mediante la suma de los dos campos para después multiplicar por 5,000 para expresar en mm<sup>3</sup>.

Sin embargo, a pesar que por este método el resultado es exacto pero laborioso, se ha optado también por realizar mediante el sistema AndroVision® ya que este sistema proporciona análisis clásicos de motilidad, concentración y anomalías espermáticas.

#### **5.6.4. Determinación de la vitalidad espermática**

Derivaux, (1982) enfatiza que, las técnicas de coloración sirven para distinguir los espermias vivos de los muertos. Se usa una solución acuosa del 5% de eosina y 10% de nigrosina, la técnica de preparación consiste en utilizar una gota de material seminal que se mezcla con dos gotas de eosina y una gota de disolución en nigrosina; después de algunos segundos de estar en contacto, se toma una mínima cantidad de esta mezcla y se realiza con ella una extensión que se seca rápidamente por agitación en el aire. Para evitar la presencia de artefactos, el colorante debe estar sensiblemente a la misma temperatura que el semen, presentar el mismo pH y tener idéntica presión osmótica.

Por lo que, para analizar el porcentaje de espermatozoides vivos, se ha empleado la técnica sugerida por Derivaux (1982), seguidamente se presenta las soluciones para la tinción.



**Figura 8**

*Eosina al 5% Nigrosina al 10% para coloración vital*

### 5.7. Análisis estadístico

La estadística descriptiva en los datos se manejó mediante el programa de estadística Minitab v18. La prueba de normalidad se realizó con el test Shapiro-Wilk y la homocedasticidad por el test Bartlett. El análisis de varianza para la variable macroscópica volumen y, luego las microscópicas (motilidad total, motilidad progresiva, concentración espermática y vitalidad) se analizaron mediante el software estadístico libre InfoStat v 1.2 (2017).

Los valores expresados en porcentajes antes de someter al análisis fueron convertidos a valores angulares utilizando la siguiente fórmula:

$$\%transformado = 2 \operatorname{Ar} \cos en \sqrt{\frac{Y_{ij}}{100}}$$

Luego, se hizo un análisis de varianza utilizando el Diseño Bloque Completo al Azar con subunidades cuyo modelo aditivo lineal fue el siguiente: (López y González., 2016).

$$Y_{ijk} = u + T_i + B_j + (TB)_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Observación k-ésima hecha en el bloque j-ésimo bajo el tratamiento i-ésimo.

i = 1,2,3 (Tratamientos o tipos de reproductores).

j = 1,2,3 (Bloque o mes de evaluación).

$k = 1, 2, 3, 4$  (Las veces de colección dentro de cada mes).

$U =$  Efecto de la media general.

$T_i =$  Efecto del  $i$ -ésimo tipo de verraco.

$B_j =$  Efecto del  $j$ -ésimo bloque (mes de colección).

$(TB)_{ij} =$  Error de muestreo

$E_{ijk} =$  Error experimental.

La comparación de promedios se evaluó con la prueba de Tukey a  $\alpha = 0.05$ .

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1. Promedios de volumen seminal (mL) en tres tipos de verracos jóvenes en altura

El Anexo 2 muestra la estadística descriptiva del volumen de semen, mientras que en el Anexo 3 se observa la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y homogeneidad de varianza de Bartlett y el Anexo 4 expone el análisis de varianza (ANOVA), para la variable volumen, en ambos casos el resultado fue no significativo ( $p>0.05$ ) lo cual demuestra que los datos poseen normalidad y homogeneidad de varianza; asimismo, en el Anexo 4 se consigna el coeficiente de variabilidad general siendo esta del 3.67% el mismo que se encuentra dentro de los márgenes aceptables para una investigación; por otro lado, considerando los tres biotipos de verracos jóvenes, el promedio de volumen seminal total alcanzado fue de 120.1 mL.

**Tabla 3**

*Promedios ( $\pm$ Error Estándar) de volumen seminal (mL) en tres biotipos porcinos/meses*

	Biotipos			
	Yorkshire	Duroc	Hampshire	Total
Octubre	133.2 $\pm$ 1.11 (4)	130.0 $\pm$ 0.81 (4)	130.2 $\pm$ 2.25 (4)	131.1 <sup>a</sup>
Setiembre	127.7 $\pm$ 0.95 (4)	121.2 $\pm$ 2.87 (4)	116.2 $\pm$ 1.93 (4)	121.7 <sup>b</sup>
Agosto	109.5 $\pm$ 3.30 (4)	108.0 $\pm$ 1.08 (4)	104.7 $\pm$ 3.47 (4)	107.4 <sup>c</sup>
TOTAL	123.5 <sup>a</sup>	119.7 <sup>a</sup>	117.0 <sup>a</sup>	120.1

**Leyenda:** Números entre paréntesis indican tamaño muestral; <sup>a, b, c</sup> Superíndices diferentes muestran que existen diferencias estadísticas ( $p<0.05$ )

En la Tabla 3, se presentan los promedios de volumen seminal (mL) total por biotipos, siendo estos 123.5, 119.7 y 117.0 mL para los biotipos Yorkshire, Duroc y Hampshire, respectivamente; a pesar de que el biotipo Yorkshire mostró numéricamente un volumen seminal superior frente a los demás biotipos, sin embargo, la prueba de Tukey mostró que los tres biotipos estadísticamente mostraron promedios similares ( $p>0.05$ ) para esta variable.

Los coeficientes de variabilidad según los biotipos en estudio que se ofrecen en el Anexo 2 se hallan dentro de los valores aceptables (8.36 a 10.15%).

Las pruebas de medias de Tukey con un nivel de significancia  $\alpha=0.05$  para los tres tipos y a lo largo de los tres meses de estudio (agosto a octubre); en la cual, es posible notar que el volumen seminal ha ido aumentando desde el inicio del estudio, por lo que, la prueba de Tukey muestra que hubo diferencias estadísticas ( $p<0.05$ ) entre los meses, lo que puede indicar que a medida que crecen los animales el volumen seminal aumenta en cantidad.

El promedio de volumen seminal (123.5 mL) del biotipo Yorkshire que se muestra en la Tabla 3 y sus valores extremos (102 a 136 mL) que se presenta en el Anexo 2 concuerdan con la afirmación de (Rodríguez., 2005 y Buxadé, 2009) quienes refieren que el volumen de semen en cerdos seleccionados para la reproducción se sitúa entre 100 a 300 mL y de 200 a 300 mL, respectivamente. Sin embargo, el resultado determinado para este tipo resultó ligeramente superior a lo reportado por (Mamani, 2002) de 110.2 mL; asimismo, varios autores obtuvieron promedios superiores al presente estudio como (Pérez *et al.*, 2015) de 206.1 mL en cerdos cuyas edades variaron desde 12 a 18 meses; (Solis, 2007) de 191.7 mL; así como también promedios aún inferiores a la presente investigación como (Acosta *et al.*, 2008) de  $97.8\pm 2.7$  mL en el mismo tipo y de un volumen promedio de 117.4 mL (Acosta *et al.*, 2013) en tipo Yorkshire con edades entre 8 a 14 meses.

En el tipo Duroc el promedio de volumen seminal de 119.7 mL que se reporta en la Tabla 3 y sus valores extremos (105 a 132 mL) consignados en el Anexo 2, fueron similares a los descritos por (Pérez *et al.*, 2015; Valverde *et al.*, 2018 y Acosta *et al.*, 2013) de 132.8, 109.2 y 117.4-132.9 mL, respectivamente; pero ligeramente inferiores a los resultados encontrados por (Salazar *et al.*, 2017) quienes consignan un volumen seminal de 139.5 mL; por otro lado, son mínimos a los mencionados por (Henaó *et al.*, 2004) de 146.9 mL en cerdos línea comercial PIC, asimismo, (Solis, 2007) refieren haber encontrado promedio seminal de 167.8 mL; en la raza Duroc.

El volumen seminal promedio de (117.0 mL) del tipo Hampshire que se consigna en la Tabla 3 y sus valores extremos (95 a 134 mL) que se presenta en el Anexo 2

se halla dentro de los promedios reportados por Rodríguez, (2005) y Buxadé, (2009) estos autores sostienen que el volumen de semen en cerdos reproductores varía entre 100 a 300 mL y de 200 a 300 mL, respectivamente. Sin embargo, el resultado encontrado para este biotipo resultó ser inferior a lo señalado por Solís, (2007) quien afirma volumen seminal de 213mL no indicando la edad de la raza ni afirmando si se trata de semen de volumen total (fracción rica de espermatozoides más la fracción gelatinosa) ni tampoco el método de colección; de igual manera, el promedio de volumen seminal del tipo Hampshire en la presente investigación ha resultado ser inferior al de Najera y Muñoz, (2006) quienes obtuvieron un volumen promedio de 301.5 mL. No se ha encontrado más reportes de la variable en estudio para este tipo posiblemente debido a que este tipo de verraco ya no se explota actualmente a nivel mundial.



**Figura 9**

*Volumen seminal libre de fracción gelatinosa*

Las variaciones de esta característica sean mayores o menores al presente trabajo se deberían a efectos como raza y edad tal como afirma Velásquez (2013), que la edad y la raza impacta circunstancialmente en el volumen y concentración de los espermatozoides; asimismo, al tamaño testicular (Vilaró, 2018); por otro lado (Kubus, 2010) refiere que el volumen normal de la fracción rica del eyaculado varía entre 50 y 150 mL relativamente y este puede llegar a variar según la edad, tamaño testicular, raza y estado fisiológico de cada verraco. De la misma manera (Gadea, 2001) señala que entre los 7 y 20 meses la producción del eyaculado aumenta en

forma lineal, esto debido al aumento de tamaño de los testículos y al tamaño de las glándulas accesorias, grado de excitación; de esta manera, la calidad seminal se incrementa rápidamente más allá de los 9 meses hasta alcanzar un máximo entre los 24 y 29 meses de vida, para después de los 35 meses comienza a disminuir.

## 6.2. Promedios de concentración espermática en tres tipos de verracos jóvenes en altura

En el Anexo 5, se exhibe, la estadística descriptiva, en el Anexo 6 las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk ( $p=0.057$ ) y homocedasticidad de Bartlett ( $p=0.079$ ) que no tuvieron significancia de ( $p>0.05$ ) lo cual indica que los datos obtenidos poseen normalidad y homogeneidad de varianzas y en el Anexo 7 se presenta el ANVA; el coeficiente de variabilidad general fue del 31.8% el cual es elevado, posiblemente debido a que los datos fueron heterogéneos; por otro lado, considerando los tres biotipos de verracos jóvenes, la concentración espermática total fue de  $303.08 \times 10^6$  espermatozoides/mL.

**Tabla 4**

*Promedios ( $\pm$ Error Estándar) de concentración espermática ( $\times 10^6$ ) en tres tipos porcinos/meses*

	<b>B i o t i p o s</b>			
	<b>Yorkshire</b>	<b>Duroc</b>	<b>Hampshire</b>	<b>Total</b>
Agosto	231.5 $\pm$ 25.5 (4)	355.0 $\pm$ 19.0 (4)	290.5 $\pm$ 59.5 (4)	292.3 <sup>a</sup>
Setiembre	313.0 $\pm$ 72.8 (4)	301.0 $\pm$ 41.8 (4)	296.8 $\pm$ 13.8 (4)	303.5 <sup>a</sup>
Octubre	338.3 $\pm$ 80.2 (4)	311.5 $\pm$ 47.9 (4)	290.3 $\pm$ 22.1 (4)	313.3 <sup>a</sup>
Total	294.2 <sup>a</sup>	322.5 <sup>a</sup>	292.5 <sup>a</sup>	303.08

**Leyenda:** <sup>a</sup> Superíndices iguales muestran que no existen diferencias estadísticas ( $p>0.05$ )

En la Tabla 4 se muestran los promedios totales de concentración espermática ( $\times 10^6$ /mL) según los biotipos de verracos en estudio, siendo los valores 294.2, 322.5 y  $292.5 \times 10^6$  espermatozoides/mL para los biotipos Yorkshire, Duroc y Hampshire, respectivamente; en la misma tabla se observa que el biotipo Duroc numéricamente tuvo mayor concentración frente a los demás biotipos en estudio, a pesar de ello,

los valores promedio de concentración de los espermatozoides no tuvieron diferencias estadísticas significativas de acuerdo a los biotipos estudiados ( $p > 0.05$ ).

En el Anexo 7 se puede ver el análisis de varianza para la variable concentración espermática a un nivel y significancia  $\alpha = 0.05$ ; en la cual, es posible notar que la concentración espermática tuvo similitud ( $p > 0.05$ ) entre los meses en estudio.

El promedio general de la concentración espermática de  $303.08 \times 10^6$  espermatozoides/mL se acercan a los reportes analizados por Valverde *et al.* (2018) y Calatayud-Márquez *et al.* (2021) donde lograron encontrar promedio de concentración espermática de 330 y  $322.1 \times 10^6$  espermatozoides/mL; sin embargo, König, (1979) refiere que generalmente la concentración espermática en cerdos reproductores se ubica entre 250 y  $350 \times 10^6$  espermatozoides/mL, por tanto, los resultados hallados en el presente estudio considerando los tres biotipos se sitúan dentro de esos reportes referidos.

Con respecto al biotipo Duroc, el promedio obtenido de  $322.5 \times 10^6$ /mL también es cercano a los reportes dados por Valverde *et al.*, (2018) de  $340 \times 10^6$  espermatozoides/mL; por otro lado, el mayor promedio en este biotipo es acorde a los descritos por Pérez *et al.* (2015) quienes mencionan que la raza Duroc posee mayor concentración espermática; lo que también es reforzado por Gadea, (2001) quien señala que el verraco Duroc frente a otras razas posee mejor concentración, siendo el factor genético el que influye en las variaciones.

Para el caso del biotipo Hampshire cuyo promedio fue  $292.5 \times 10^6$ /mL, este valor se acerca a los reportados por Najera y Muñoz, (2006) quienes obtuvieron  $306.5 \times 10^6$  espermatozoides/mL en su investigación.

La variabilidad de los promedios menores o mayores de la concentración espermática reportado por varios autores desde  $258.5 \times 10^6$  espermatozoides por Chan *et al.*, (2014) hasta un promedio de  $417.8 \times 10^6$  espermatozoides/mL (Pérez *et al.*, 2015) también pueden deberse a una sobreutilización del verraco, inapropiada colección (Rueda *et al.*, 2006) y a factores como edad entre individuos, el ambiente social y la estación (Henaó *et al.*, 2004) o a la frecuencia de eyaculación Vergara (2025), refiere que a menor frecuencia la tercera eyaculación cuenta con

un 70% menos espermatozoides que la primera y que una inadecuada nutrición también influye en todas las características seminales de verracos.

### 6.3. Promedios de motilidad total (%) en tres biotipos de verracos jóvenes en altura

El Anexo 8 muestra la estadística descriptiva de la motilidad total (%), mientras que en el Anexo 9 se observa la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk (0.052) y homogeneidad de varianza de Bartlett (0.67) y en el Anexo 10 se expone el análisis de varianza ANOVA para la variable motilidad total.

En el Anexo 10 se observa el coeficiente de variabilidad general fue del 7.74% el mismo que se encuentra dentro de los márgenes aceptables para una investigación; por otro lado, considerando los tres biotipos de verracos jóvenes, el promedio de motilidad total alcanzado fue de 71.16%.

**Tabla 5**

*Promedios ( $\pm$ Error Estándar) de motilidad total (%) en tres biotipos porcinos/meses (valores transformados)*

	<b>B i o t i p o s</b>			
	<b>Yorkshire</b>	<b>Duroc</b>	<b>Hampshire</b>	<b>Total</b>
Agosto	69.7 $\pm$ 1.9 (4)	74.2 $\pm$ 0.9 (4)	72.3 $\pm$ 1.0 (4)	72.1 <sup>a</sup>
Setiembre	70.9 $\pm$ 2.5 (4)	71.9 $\pm$ 2.1 (4)	72.7 $\pm$ 3.0 (4)	71.8 <sup>a</sup>
Octubre	76.1 $\pm$ 2.5 (4)	66.2 $\pm$ 4.9 (4)	66.1 $\pm$ 3.3 (4)	69.5 <sup>a</sup>
Total	72.2 <sup>a</sup>	70.8 <sup>a</sup>	70.4 <sup>a</sup>	71.16

Leyenda: <sup>a</sup> Superíndices iguales muestran que no existen diferencias estadísticas ( $p > 0.05$ )

En la Tabla 5 se consigna el promedio de motilidad global (%) transformada a valores angulares siendo esta de 71.16%, de este promedio 72.2% corresponde al biotipo Yorkshire, 70.8% y 70.4% a los biotipos Duroc y Hampshire, respectivamente. Numéricamente el biotipo Yorkshire mostró mayor motilidad total, sin embargo, estadísticamente no hubo diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los tres biotipos.

Los coeficientes de variabilidad según los biotipos en estudio que se ofrecen en el Anexo 8 se hallan dentro de los valores aceptables (7.10 a 9.52%).

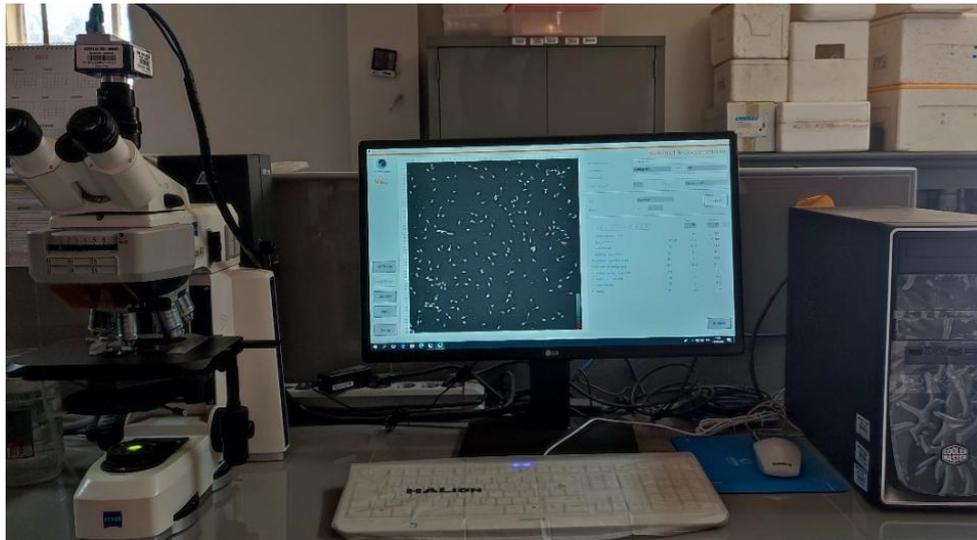
Las pruebas de medias de Tukey con una significancia de 5% ( $\alpha=0.05$ ) para los tres tipos y durante los tres meses de estudio (agosto a octubre); en la cual, se puede notar que la movilidad espermática total no tuvo diferencias estadísticas significativas ( $p>0.05$ ) entre biotipos ni entre los tres meses en estudio.

En el biotipo Yorkshire, el promedio de motilidad total fue  $72.27\pm 1.4\%$ , el mismo que se muestra en la Tabla 5 es coincidente con lo determinado por Acosta *et al.*, (2008) quien reporta un valor de  $72.51\pm 1.4\%$  de motilidad total; sus variaciones (desde 65.3 a 81.0%) que se presenta en el anexo 8 indican que están dentro de los valores reportados por Najera y Muñoz, (2006) quien indica un promedio de 76.9%; asimismo Valverde *et al.*, (2018) que encontró 74.9%; por otro lado Acosta *et al.*, (2013) obtuvo una motilidad de 77.0%.

En el biotipo Duroc el promedio de motilidad total de  $70.8 \pm 1.5\%$  es ligeramente inferior a lo hallado por Rugeles-Pinto *et al.*, (2013) de 72.4% pero en un verraco cruzado Duroc-Pietrain y de 2 a 3 años; por otro lado, Salazar *et al.* (2017), reportaron una motilidad del 75.5% en verracos Duroc de 2.5 años que resulta ser superior al del presente estudio, esta diferencia posiblemente se deba a efecto edad.

Para el caso del biotipo Hampshire no se pudo encontrar información sobre esta variable, por lo que cabe aclarar que Córdoba-Izquierdo *et al.*, (2007) refiere que una muestra de semen de alta calidad tiene una motilidad del 70%; asimismo, McDonald (1991) considera satisfactoria una motilidad del 70% o superior; finalmente Derivaux, (1982) afirma que el semen de buena calidad debe poseer por lo menos 60 a 70% de espermatozoides móviles.

Es necesario aclarar que, todos los valores reportados por diferentes autores no indican si sus resultados fueron transformados a valores angulares como en la presente investigación; sin embargo, a pesar que se ha encontrado información con valores superiores, en el presente estudio los porcentajes de motilidad espermática de valores máximos de los tres biotipos son coincidentes con los reportes encontrados (76.3, 79.8 y 81.0%).



**Figura 10**

*Motilidad espermática por el sistema AndroVision®*

#### **6.4. Promedios de motilidad individual progresiva (%) en tres biotipos de verracos jóvenes en altura**

En el Anexo 12, se exhibe, la estadística descriptiva, mientras que en el Anexo 13 se presentan las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk ( $p=0.22$ ) y homocedasticidad de Bartlett ( $p=0.9$ ) ( $p>0.05$ ) la cual muestra que los datos evaluados poseen normalidad y homogeneidad de varianzas. En el Anexo 14 se presenta el ANVA; el coeficiente de variabilidad general fue del 8.9% el cual está dentro de los valores aceptables, por otro lado, considerando los tres biotipos de verracos jóvenes, la motilidad progresiva transformada total fue de 63.95%.

**Tabla 6**

*Promedios ( $\pm$ Error Estándar) de motilidad progresiva (%) en tres biotipos porcinos/meses*

	<b>B i o t i p o s</b>			
	<b>Yorkshire</b>	<b>Duroc</b>	<b>Hampshire</b>	<b>Total</b>
Agosto	62.9 $\pm$ 3.4 (4)	68.1 $\pm$ 1.6 (4)	64.4 $\pm$ 1.3 (4)	65.1 <sup>a</sup>
Setiembre	66.7 $\pm$ 1.7 (4)	63.4 $\pm$ 2.3 (4)	64.8 $\pm$ 3.7 (4)	65.0 <sup>a</sup>
Octubre	70.9 $\pm$ 2.8 (4)	58.2 $\pm$ 3.8 (4)	55.8 $\pm$ 3.4 (4)	61.6 <sup>a</sup>
Total	66.8 <sup>a</sup>	63.2 <sup>a</sup>	61.7 <sup>a</sup>	63.9

**Leyenda:** <sup>a</sup> Superíndices iguales muestran que no existen diferencias estadísticas ( $p>0.05$ )

En la Tabla 6 se dan a conocer los datos de motilidad progresiva (%) en cuanto a los verracos en estudio, siendo estos 66.8, 63.2 y 61.7% en los verracos Yorkshire, Duroc y Hampshire, respectivamente; a pesar de que el tipo Yorkshire mostró numéricamente una mayor proporción de espermatozoides con motilidad progresiva comparado con los otros reproductores, sin embargo, la prueba de Tukey indica que los tres biotipos estadísticamente mostraron promedios similares ( $p>0.05$ ) para esta variable.

Los coeficientes de variabilidad según los biotipos en estudio que se ofrecen en el Anexo 12 se hallan dentro de los valores aceptables (9.1 a 11.3%).

En el Anexo 14, se ofrece el análisis de varianza para los tres biotipos y durante los tres meses de estudio (agosto a octubre); en la cual, se puede ver que no hubo diferencias estadísticas ( $p>0.05$ ) entre los meses.

El promedio de motilidad progresiva obtenida en la actual investigación es ligeramente mayor a lo analizado por Valverde *et al.* (2018) quien determinó valores de 59.4 $\pm$ 3.2 y 54.8 $\pm$ 1.2% en los biotipos Duroc y Yorkshire, respectivamente. No se pudo obtener valores de motilidad progresiva para el biotipo Hampshire; sin embargo, Sorensen (1982) afirma que, la motilidad se mide como el porcentaje de células que tienen movilidad o vivas. Estas células pueden desplazarse en

cualquier dirección y no importa la velocidad con que lo hagan. El término motilidad progresiva, se refiere a la dirección y la tasa de células vivas.

### 6.5. Porcentaje de espermatozoides vivos

En el Anexo 16, se exhibe, la estadística descriptiva, en el anexo 17 las pruebas de normalidad Shapiro-Wilk ( $p=0.15$ ) y homocedasticidad de Bartlett ( $p=0.84$ ) cuyos valores no tuvieron significancia ( $p>0.05$ ) lo cual indica que los datos obtenidos poseen normalidad y homogeneidad de varianzas; por otro lado, en el Anexo 18 se presenta el ANVA; el coeficiente de variabilidad general fue del 3.5% el cual está dentro lo aceptable; el promedio general de la proporción de espermatozoides vivos fue del 65.7%.

**Tabla 7**

*Promedios ( $\pm$ Error Estándar) de espermatozoides vivos (%) en tres biotipos porcinos/meses (transformado a valores angulares)*

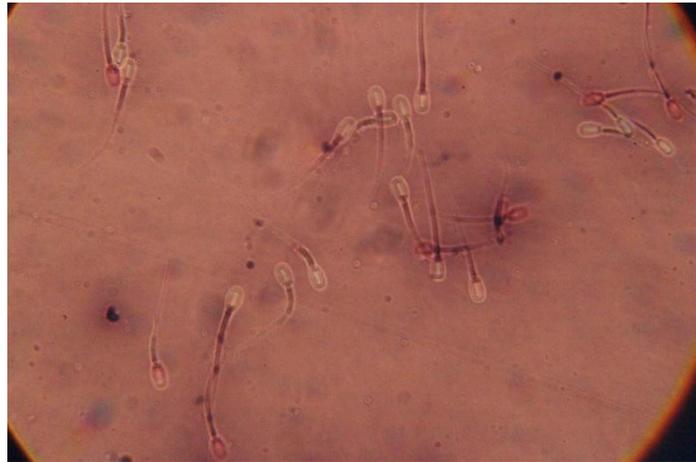
	<b>B i o t i p o s</b>			
	<b>Yorkshire</b>	<b>Duroc</b>	<b>Hampshire</b>	<b>Total</b>
Agosto	65.5 $\pm$ 1.5 (4)	68.8 $\pm$ 0.6 (4)	66.5 $\pm$ 1.4 (4)	66.9 <sup>a</sup>
Setiembre	64.9 $\pm$ 1.0 (4)	63.4 $\pm$ 0.6 (4)	66.1 $\pm$ 1.1 (4)	64.8 <sup>a</sup>
Octubre	66.9 $\pm$ 1.8 (4)	65.4 $\pm$ 0.4 (4)	64.0 $\pm$ 0.8 (4)	65.4 <sup>a</sup>
Total	65.8 <sup>a</sup>	65.9 <sup>a</sup>	65.5 <sup>a</sup>	65.7

**Leyenda:** <sup>a</sup> Superíndices iguales muestran que no existen diferencias estadísticas ( $p>0.05$ )

En la Tabla 7 se puede apreciar los datos totales de la proporción de espermatozoides vivos transformados a valores angulares según los biotipos de verracos considerados, siendo estos promedios 65.8, 65.9 y 65.5% para los biotipos Yorkshire, Duroc y Hampshire, respectivamente; en la tabla se observa que no hubo diferencias estadísticas significativas de los tres tipos estudiados ( $p>0.05$ ).

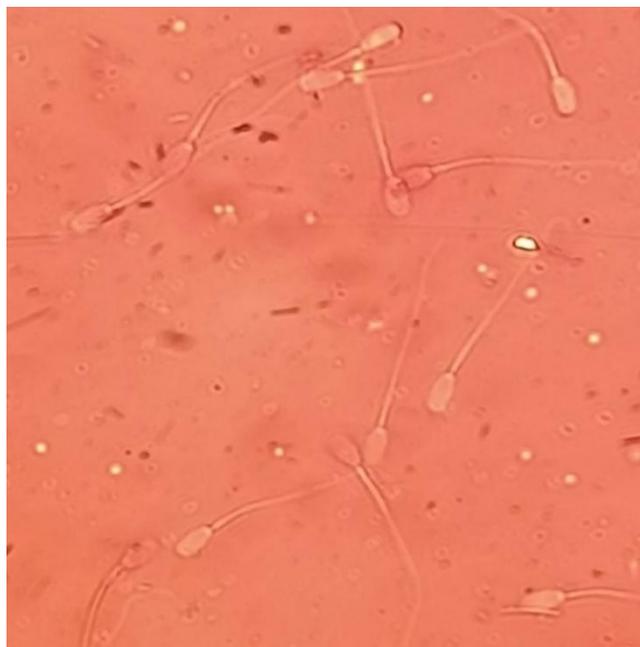
En el Anexo 18 se observa el análisis de varianza según genotipos y meses para la variable proporción de espermatozoides vivos a un nivel de significancia  $\alpha=0.05$ ; lo cual, indica que hubo similitud ( $p>0.05$ ) entre los meses en estudio.

En las referencias no se ha obtenido resultados para esta variable, solamente existe para el biotipo Duroc por Solis, (2007) quien afirma un valor de 41% que comparado con la presente investigación resulta ser inferior. Sin embargo, Pond, (2002) afirma que, la proporción de espermatozoides vivos debe situarse entre 63.28 a 89.86%, por tanto, en la presente investigación se obtuvo un promedio general o global del 65.7% lo cual se sitúa dentro del rango reportado.



**Figura 11**

*Coloración vital Eosina al 5% y Nigrosina al 10%*



**Figura 12**

*Coloración vital por la técnica Hancock Stain*

## VII. CONCLUSIONES

Luego de haber culminado y evaluado la presente tesis de investigación se llegó a la conclusión siguiente de acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación:

1. En la primera evaluación sobre las características seminales macroscópicas, el promedio del volumen seminal el biotipo Yorkshire mostró numéricamente un valor más elevado en comparación con los otros dos biotipos de verracos, sin embargo, estadísticamente mostraron promedios similares. Por otro lado, es posible apreciar que durante los tres meses de estudio (agosto a octubre), el volumen seminal ha ido aumentando desde el inicio del estudio, lo que podría indicar que a medida que crecen los verracos y su aumento en tamaño de los testículos, el volumen seminal aumenta en cantidad.
2. En cuanto a las características microscópicas evaluadas para el parámetro concentración espermática, es posible apreciar en el tipo Duroc obtuvo numéricamente una mayor concentración espermática frente a los demás reproductores en estudio, sin embargo, estadísticamente mostraron promedios similares. Es así que se puede concluir que este biotipo posee una mayor concentración espermática, siendo que el factor genético pudo influir en estas variaciones.
3. Para la variable motilidad total, el tipo Yorkshire mostró numéricamente mayor motilidad, sin embargo, estadísticamente todos los reproductores mostraron promedios similares. Esta pequeña diferencia posiblemente se deba al efecto edad de los reproductores.
4. Respecto a la variable de motilidad progresiva, el tipo Yorkshire mostró numéricamente una mayor proporción de espermatozoides con motilidad progresiva a comparación de los otros tipos de verracos, sin embargo, estadísticamente mostraron promedios similares.

## VIII. RECOMENDACIONES

Por las observaciones notadas durante el transcurso de la investigación es posible recomendar lo siguiente:

1. Se recomienda realizar el estudio actual sobre características del eyaculado en verracos en lugares cercanos al laboratorio de Reproducción Animal del Instituto Veterinario de Investigaciones tropicales y de Altura (IVITA), que se encuentra en la localidad de Marangani-Cusco; ya que en la actual investigación que se realizó en Puno, la distancia de transporte de las muestras de semen hacia el laboratorio, pudo influir en los resultados, cambiando los valores reales de las muestras.
2. Se recomienda realizar estudios similares con otros tipos de reproductores existentes en altura, como por ejemplo en cerdos criollos, con el objetivo de tener información completa sobre las características seminales influyentes en altura.
3. Se aconseja continuar con el estudio de la calidad seminal, considerando parámetros espermáticos completos (pH, morfología y termorresistencia) durante un año completo.
4. Se recomienda realizar un estudio de investigación de la calidad seminal con semen refrigerado, considerando la membrana espermática y acrosoma espermático debido a que el semen de verraco se conserva hasta por 7 días.
5. Se aconseja usar distintos tipos de colorante eosina para evaluar la vitalidad espermática, en vista que la eosina utilizada no distinguió en forma completa.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, M.J.; Perdigón, R.; Rueda, Madelyn. (2008). Valoración de indicadores de calidad seminal porcina, utilizando la fracción rica del eyaculado. *Revista Unellez de Ciencia y tecnología*, 26, 49-53.
- Acosta, M.J.; Perdigón, R.; Rueda, Madelyn; Arias, Teresa; Páez, R. (2013). Optimización de la evaluación de la calidad del semen porcino. *Revista Computarizada de Producción Porcina*, 20(1), 299-304.
- Alonso, R.; Nava, L.; Cama, J.; Gutiérrez, M. Y. (2006). Influencia del tiempo de extracción en el volumen, concentración y motilidad del eyaculado de verracos. Facultad de Medicina Veterinaria, UNAH Habana Cuba. Obtenido de [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar).
- Angulo G. Fernando. L. (2022). Evaluación de termorresistencia de semen comercial porcino mediante análisis espermático asistido por computadora-Casa (computer-assisted sperm analysis). Arequipa. 175p
- Arisnabarreta, E.; Allende, R. (2017). Manual de inseminación artificial en porcinos. Centro de IAP CAR-CIAVT. Argentina. 130p
- Barquero, V., Sevilla, F., Calderón-Calderón, J., Madrigal-Valverde, M., Camacho, M., Cucho, H., & Valverde, A. (2021). Condiciones óptimas del análisis CASA-Mot del semen de verraco: efecto de la tasa de fotogramas para diferentes cámaras y campos de recuento espermático. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(5).
- Bearden , H.J; Fuquay, J.W. (2012). Reproducción animal aplicada. Editorial El Manual moderno, S.A de C.V, México. 358p
- Bermudez, G. (2023). Evaluación de la viabilidad del semen porcino con la adición de conservantes para mejorar su calidad. *Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana*.
- Boeta, M.; Balcázar S.; A.; Cerbón, J. L.; Hernández Medrano, J. H.; Hernández Cerón, J.; Páramo Ramírez, R. M.; Porrás Almeraya, A.; Rangel, L.; Salgado, B., Valencia, J.; Zarco, L. (2018). Fisiología Reproductiva de los Animales Domésticos 1(1). 541p
- Buxadé Carbó, C. (2009). EL VERRACO: claves de su optimización productiva. Euroganadería. 383p

- Caiza Marcillo, D. J. (2009). *Manejo de verracos para la obtención y procesamiento de semen porcino e inseminación artificial* (Bachelor's thesis, QUITO/EPN/2008).
- Calatayud-Márquez, D.; Quintero-Moreno, A. (2021). Características seminales de verracos alojados en ambiente controlado ubicado en trópico cálido. *Rev. Inv. Vet. Perú.* 32(4): e19112. DOI: 10.15381/rivep.v32i4.19112
- Castillo, L. (Marzo de 1984). Principales razas porcinas y cruzamientos. *Boletín Divulgativo no. 139. Estación Experimental "Portoviejo" Programa de Porcinos.*
- Chan C; Mukul C; Sierra A.C; Ortiz J.R; Rodríguez J.C; Canul M; Bojorquez J.C y Tamayo-Canul J. (2014). Comportamiento sexual y calidad seminal en verracos Pelón Mexicano de Yucatán. Instituto Tecnológico de Conkal, División de estudios de posgrado e Investigación, México.
- Córdova Izquierdo, A., Pérez Gutiérrez, J. F., Méndez Hernández, W., A. E. Villa Mancera, & Huerta Crispín, R. (2015). Obtención, evaluación y manipulación del semen de verraco en una unidad de producción mexicana. *Revista Veterinaria*, 26(1), 69p. <https://doi.org/10.30972/vet.261253>
- Córdova-Izquierdo, A., Córdova-Jiménez, C. A., & Córdova-Jiménez, M. S. (2007). Control reproductivo del verraco. *Revista Veterinaria*, 18(1), Article 1. <https://doi.org/10.30972/vet.1811929>
- Del Valle Rodríguez, A. (2017). Evaluación de la calidad espermática de sementales porcinos utilizados en la monta natural. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 18(10), 1-17. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n101017.html>
- Derivaux, J. (1982). *Reproducción de los animales domésticos*. Editorial Acribia, Zaragoza, España.
- Derivaux, J. (1985). *Reproducción de los animales domésticos*. (Primera ed.). España: Acribia.
- Díaz, C. D. R. C. (2019). Caracterización de los parámetros de calidad espermática en Verracos Pelón de Yucatán.
- Escobar, H. (2016). Evaluación de calidad espermática en cerdos, razas, Landrace, Landrace belga, Línea Camborough 29, en una granja distrito Sullana Piura, 2016. Tesis de Médico Veterinario, Facultad ciencias agropecuarias, escuela profesional Medicina Veterinaria. Universidad Alas Peruanas.

- Gadea, J. (2001). La evaluación de la capacidad fecundante de los espermatozoides porcinos mediante la fecundación in vitro (Revisión). 16, 1-15.
- Hafez, E.S.E (1996). Reproducción e inseminación artificial en animales. Sexta edición. Editorial Euroamericana McGRAW-HILL
- Henao, G; Trujillo, L.M; Buriticá, M.L; Correa, C.G y Gonzáles, O.D. (2004). Efecto del clima sobre las características seminales de porcinos en una zona de bosque húmedo tropical. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Medellín, Colombia.
- Higuera, M., & García, J. (2004). Manejo del verraco en los centros de inseminación porcina, Departamento técnico KUBUS, S.A. España.
- INEI 2012. Resultados Definitivos Censo Nacional Agropecuario. (en línea). Lima-Perú. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4160735/Resultados%20Definitivos%20Censo%20Nacional%20Agropecuario%202012.pdf?v=16770796>
- 34
- Koning, I. (1979). Inseminación de la cerda. (Tercera ed.). Zaragoza, España: Acribia. 181p
- KUBUS S.A. (2010). Inseminación artificial porcina, manual práctico para profesionales, Madrid, España. 49p
- Linares, V., Linares, L., & Mendoza, G. (2011). Caracterización etnozootécnica y potencial carnívor de *Sus scrofa* "cerdo criollo" en Latinoamérica. Scientia Agropecuaria, 2(2), Article 2. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2011.02.05>
- López, C., Pérez-Llano, B., Hernández, R., & Ibañez, J. (2010). Mejora de la calidad seminal en inseminación artificial. EUMEDIA. (U. A. Madrid, Editor) Obtenido de [www.eumedia.es](http://www.eumedia.es).
- López, E.A y Gonzáles, B.H. (2016). Diseño y análisis de experimentos: Fundamentos y aplicaciones en agronomía. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía.
- López García, P. (2023). Efecto de la fracción del eyaculado y la temperatura de conservación sobre la calidad espermática del semen porcino. (Trabajo Fin de Grado).

- Mamani, J. (2002). Características físicas y viabilidad espermática del semen porcino en el altiplano peruano. UNA - Puno, Medicina Veterinaria y Zootecnia. 58p
- McDONALD, L.E. (1991). Endocrinología Veterinaria y Reproducción. Cuarta edición, Editorial Interamericana McGRAW-HILL.
- Montero, R. (2020). Manejo de un centro de inseminación artificial porcina. Obtenido de <http://www.porcicultura.com>.
- Najera, J y Muñoz, G (2006). Evaluación de la calidad espermática del eyaculado y del semen comercial en cuatro razas porcinas. Universidad Autónoma de Tlaxcala, México.
- Padilla, M. (2007). Manual de Porcicultura. Ministerio de agricultura y ganadería.
- Pérez, Y. A., Puente, H. F., Pardo, R. R., Quirino, C. R., & Torres, I. M. (2015). Evaluación de la calidad seminal en sementales porcinos en un Centro de Inseminación Artificial. REDVET. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 16(7), 1-7.
- Pond, W., Church, D., & Pond, K. (2002). Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. México: UTEHA WILEY.
- Rillo, M. (1982). Reproducción e inseminación artificial porcina. Barcelona: Aedos. 124p
- Rodríguez, H. (2005). Evaluación de la calidad seminal en el verraco. Depto de Ciencias Clínicas, Facultad de Medicina Veterinaria y Ciencia Animal. Universidad Sueca de Ciencias Agrícolas (SLU). Suecia: Uppsala.
- Rugel Q. C. P. Evaluación de la calidad seminal en sementales porcinos comerciales en el Cantón Marcabelí, provincia de Oro. (Tesis Grado). 62p.
- Rugeles-Pinto, C., Caicedo-Toro, R., Almentero-Suárez, C., & Linares-Arias, J. (2013). Viabilidad de semen porcino refrigerado con diluyente MRA®. NOTA TÉCNICA. *Revista Científica*, 23(3), 206-210.
- Salazar, L., Pérez, J., J. Chamorro, J., & Patiño-Pardo, R. y.-G. (2017). Evaluación del efecto de un suplemento mineral sobre la calidad seminal de cerdos reproductores. *Revista Colombiana de Cienc Anim* 9 (Supl.), 76-84.
- Soler, C., de Murga, J. N., de Murga, M. N., Tello, M. S., & de Aguas, R. G. G. (2009). Los sistemas CASA como solución en los centros de producción de dosis seminales porcinas. *Feagas*, (35), 58-62.

- Solis, K. F. (2007). Evaluación de la calidad de semen de verracos utilizados para inseminación artificial consumiendo Spermax Forte® (Doctoral dissertation, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana).
- Sorrensen, A.M. (1982). Reproducción animal: principios y prácticas, primera edición Editorial McGRAW-HIL. 162p
- Valverde, A; Madrigal-Valverde, M; Camacho-Calvo, M; Zambrana-Jiménez, A y López, L. (2018). Efecto de la composición racial sobre la calidad espermática de verracos. *Rev. Agron. Mesoam.* Vol. 29 N° 3:485-506.
- Valverde-Abarca, A., Madrigal-Valverde, M., Solís-Arias, J., & Paniagua-Madrigal, W. (2019). Variabilidad en los métodos de estimación de la concentración espermática en verracos. *Agronomía Costarricense*, 43(2), 25-43. <http://dx.doi.org/10.15517/rac.v43i2.37793>
- Valverde, A. (2021). Importancia de la evaluación de la aptitud reproductiva mediante el análisis de semen por sistemas CASA. *Investiga. TEC*, 1(40).
- Valverde, A., Barquero, V., & Carvajal, V. (2021). Biotecnología aplicada al estudio de la movilidad del semen porcino. *Agronomía Mesoamericana*, 662-680.
- Velasquez Vergara, C. (22 de 08 de 2014). Repositorio Digital. Factores que influyen en la calidad y principales características seminales del verraco. Huacho, Perú.
- Vergara-Moncayo, A. I., Centeno-Mendoza, J. S., Larrea-Izurietta, C. O., & Alcívar-Martínez, M. A. (2025). Efecto de la hora de colecta e índice temperatura-humedad sobre las características seminales porcinas. *Revista Alfa*, 9(25), 59–75. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v9i25.332>
- Vilaró-Vélez, C. N. (2018). Evaluación de calidad del semen y comportamiento sexual de verracos en climas tropicales (Tesis Doctoral).
- Weitze, K. (2000). Infertilidade estacional no suino. III simposio Internacional “Inseminacao Artificial em suinos. (U. d. Sul, Productor).

## **ANEXOS**

## Anexo 1

### Datos crudos obtenidos en el presente estudio

Base de datos para análisis estadístico

Biotipos de Cerdos	Meses de Investig.	Volumen ml	Concentración espermática x10 <sup>6</sup>	Motilidad total (%)	Motilidad progresiva (%)	Espermatoz. vivos (%)
Yorkshire	Agosto	102	164	89,5	74,4	88
Yorkshire	Agosto	108	225	86,1	81,2	81
Yorkshire	Agosto	110	253	92,8	90,5	83
Yorkshire	Agosto	118	284	82,6	68,5	79
Yorkshire	Setiembre	125	205	85,4	84,5	78
Yorkshire	Setiembre	128	513	95,8	89,4	83
Yorkshire	Setiembre	129	329	88,8	78,3	82
Yorkshire	Setiembre	129	205	85,4	84,5	85
Yorkshire	Octubre	131	547	97,6	96,4	89
Yorkshire	Octubre	132	221	87,3	83,7	87
Yorkshire	Octubre	134	381	95,3	88,3	84
Yorkshire	Octubre	136	204	94,8	86,5	78
Duroc	Agosto	105	356	93,5	87,8	86
Duroc	Agosto	108	346	93,4	88,8	89
Duroc	Agosto	109	405	93,6	87,7	86
Duroc	Agosto	110	313	89,9	79,8	87
Duroc	Setiembre	113	321	85,0	70,6	82
Duroc	Setiembre	122	212	87,7	83,9	79
Duroc	Setiembre	124	407	93,7	85,7	81
Duroc	Setiembre	126	264	93,8	78,6	78
Duroc	Octubre	128	275	80,0	67,8	83
Duroc	Octubre	130	354	68,7	57,7	83
Duroc	Octubre	130	419	83,1	75,6	81
Duroc	Octubre	132	198	96,9	85,6	84
Hampshire	Agosto	95	381	91,2	80,5	86
Hampshire	Agosto	105	403	93,0	84,4	88
Hampshire	Agosto	108	166	91,0	76,2	82
Hampshire	Agosto	111	212	87,8	83,8	80
Hampshire	Setiembre	112	270	93,2	88,9	81
Hampshire	Setiembre	114	335	94,4	83,3	87
Hampshire	Setiembre	119	296	94,1	87,3	85
Hampshire	Setiembre	120	286	80,3	65,4	81
Hampshire	Octubre	125	235	92,6	81,6	84
Hampshire	Octubre	128	318	72,4	54,9	79
Hampshire	Octubre	134	275	80,8	67,8	79
Hampshire	Octubre	134	333	86,0	68,3	81

## Anexo 2

### *Estadísticas Descriptivas de la Variable Volumen de Semen*

VARIABLE VOLUMEN DE SEMEN						
Genotipo	Media	EE	Desv. Est.	Coef. Var.	Min	Max
Duroc	119.75	2.89	10.01	8.36	105.00	132.00
Hampshire	117.08	3.43	11.89	10.15	95.00	134.00
Yorkshire	123.5	3.25	11.25	9.11	102.00	136.00

## Anexo 3

### *Test de Normalidad para Volumen Seminal*

TEST DE NORMALIDAD			
Prueba	Estadística		Valor p
Shapiro-wilk	W	0.947898	Pr < W 0.0898

### Test de Homogeneidad de Varianzas Volumen Seminal

Bartlett's Test For Homogeneity of vr Variance			
Source	DF	Chi-square	Pr > ChiSq
Trat	2	0.3193	0.8524

## Anexo 4

### *Análisis de Varianza (Anova) para Variable Volumen Seminal en Tres Genotipos de Verracos Jóvenes*

FV	GL	SC	CM	Fcal	F tab(0.05)
Tratamientos	2	249.38	124.69	5.55	6.94
Bloques	2	3432.72	1716.36	87.85	3.35
Error Exp	4	89.94	22.48	1.15	
Error muestreo	27	527.50	19.53		
Total	35	4299.55		CV = 3.67%	

Promedio general = 120.1 mL

**R<sup>2</sup> = 0.877**

### Anexo 5

*Estadísticas descriptivas de la Concentración Espermática (x10<sup>6</sup> Espermatozoides/ml)*

VARIABLE CONCENTRACION ESPERMATICA						
Tratamiento	Media	EE	Desv. Est.	Coef. Var.	Min	Max
1 (York)	294.3	36.3	125.6	32.68	164.0	547.0
2 (Duroc)	322.5	21.2	73.5	22.79	198.0	419.0
3 (Hamps)	292.5	19.6	68.0	23.23	166.0	403.0

### Anexo 6

*Test de Normalidad de Concentración Espermática*

TEST DE NORMALIDAD			
Prueba	Estadística		Valor p
Shapiro-wilk	W	0.94181	Pr < W 0.0578

*Test de Homogeneidad de Varianzas Volumen Seminal*

Bartlett's Test For Homogeneity of vr Variance			
Source	DF	Chi-square	Pr > ChiSq
Trat	2	5.0690	0.0793

### Anexo 7

*Análisis de Varianza para Variable Concentración Espermática*

FV	GL	SC	CM	Fcal	F tab(0.05)
Tratamientos	2	6804.50	3402.25	0.47	6.94
Bloques	2	2650.50	1325.25	0.14	3.35
Error Exp	4	28916.50	7229.12	0.77	0.5516
Error muestreo	27	252111.25	9337.45		
Total	35	290482.75		CV = 31.8%	

Promedio gral = 303.08 ml

**R<sup>2</sup> = 0.132**

### Anexo 8

*Estadística Descriptiva de Motilidad Espermática Total (%) Transformada a Valores Angulares*

VARIABLE MOTILIDAD ESPERMATICA						
Tratamiento	Media	EE	Desv. Est.	Coef. Var.	Min	Max
1 (York)	72.27	1.48	5.13	7.10	65.35	81.09
2 (Duroc)	70.82	1.95	6.74	9.52	55.98	79.86
3 (Hamps)	70.40	1.67	5.78	8.21	58.31	76.31

### Anexo 9

*Test de Normalidad para Motilidad Total Transformada*

TEST DE NORMALIDAD			
Prueba	Estadística		Valor p
Shapiro-wilk	W	0.940413	Pr < W 0.0523

### Test de Homogeneidad de Varianzas Volumen Seminal

Bartlett's Test For Homogeneity of vr Variance			
Source	DF	Chi-square	Pr > ChiSq
Trat	2	0.7963	0.6716

### Anexo 10

*Análisis de Varianza para Variable Motilidad Total Transformada a Valores Angulares*

FV	GL	SC	CM	Fcal	F tab(0.05)	F tab(0.01)
Tratamientos	2	22.87	11.43	0.16	6.94	18.0 ns
Bloques	2	50.00	25.00	0.82	3.35	5.49 ns
Error Exp	4	288.13	72.03	2.37	0.0772	
Error muestreo	27	819.34	30.34			
Total	35	1180.36				

Promedio gral = 71.16 ml

**R<sup>2</sup> = 0.305**

### Anexo 11

*Estadísticas Descriptivas de Motilidad Espermática Progresiva (%) Transformada a Valores Angulares*

VARIABLE MOTILIDAD PROGRESIVA						
Tratamiento	Media	EE	Desv. Est.	Coef. Var.	Min	Max
1 (York)	66.86	1.76	6.09	9.10	55.86	79.06
2 (Duroc)	63.29	1.90	6.59	10.42	49.43	70.45
3 (Hamps)	61.72	2.02	6.99	11.33	47.81	70.54

### Anexo 12

*Pruebas de Normalidad y Homogeneidad de Varianzas Motilidad Progresiva Transformada*

TEST DE NORMALIDAD			
Prueba	Estadística		Valor p
Shapiro-wilk	W	0.960452	Pr < W 0.2220

### Test de Homogeneidad de Varianzas Volumen Seminal

Bartlett's Test For Homogeneity of vr Variance			
Source	DF	Chi-square	Pr > ChiSq
Trat	2	0.2045	0.9028

### Anexo 13

*Análisis de Varianza (Anova) para Variable Motilidad Individual Progresiva Transformada a Valores Angulares*

FV	GL	SC	CM	Fcal	F tab(0.05)
Tratamientos	2	166.67	83.33	0.76	6.94
Bloques	2	93.22	46.61	1.41	3.35
Error Exp	4	436.57	109.14	3.30	0.0253
Error muestreo	27	893.77	33.102		
Total	35	1590.24		CV = 8.99%	

Promedio gral = 63.95 ml

**R<sup>2</sup> = 0.437**

**Anexo 14**

*Estadísticas Descriptivas de % Espermatozoides Vivos (Coloración Eosina Nigrosina) Transformada a Valores Angulares*

VARIABLE MOTILIDAD PROGRESIVA						
Tratamiento	Media	EE	Desv. Est.	Coef. Var.	Min	Max
1 (York)	65.83	0.83	2.89	4.39	62.02	70.63
2 (Duroc)	65.93	0.74	2.57	3.90	62.02	70.63
3 (Hamps)	65.54	0.70	2.42	3.70	62.72	69.73

**Anexo 15**

*Pruebas de Normalidad y Homogeneidad de Varianzas de Espermatozoides Vivos (Coloración Vital Eosina-Nigrosina) Transformado a Valores Angulares*

TEST DE NORMALIDAD			
Prueba	Estadística	Valor p	
Shapiro-wilk	W	Pr < W	0.1528
	0.955242		

**Test de Homogeneidad de Varianzas Volumen Seminal**

Bartlett's Test For Homogeneity of vr Variance			
Source	DF	Chi-square	Pr > ChiSq
Trat	2	0.3421	0.8428

**Anexo 16**

*Análisis de Varianza (Anova) para Variable Proporción de Espermatozoides Vivos a la Coloración Eosina-Nigrosina Transformado a Valores Angulares*

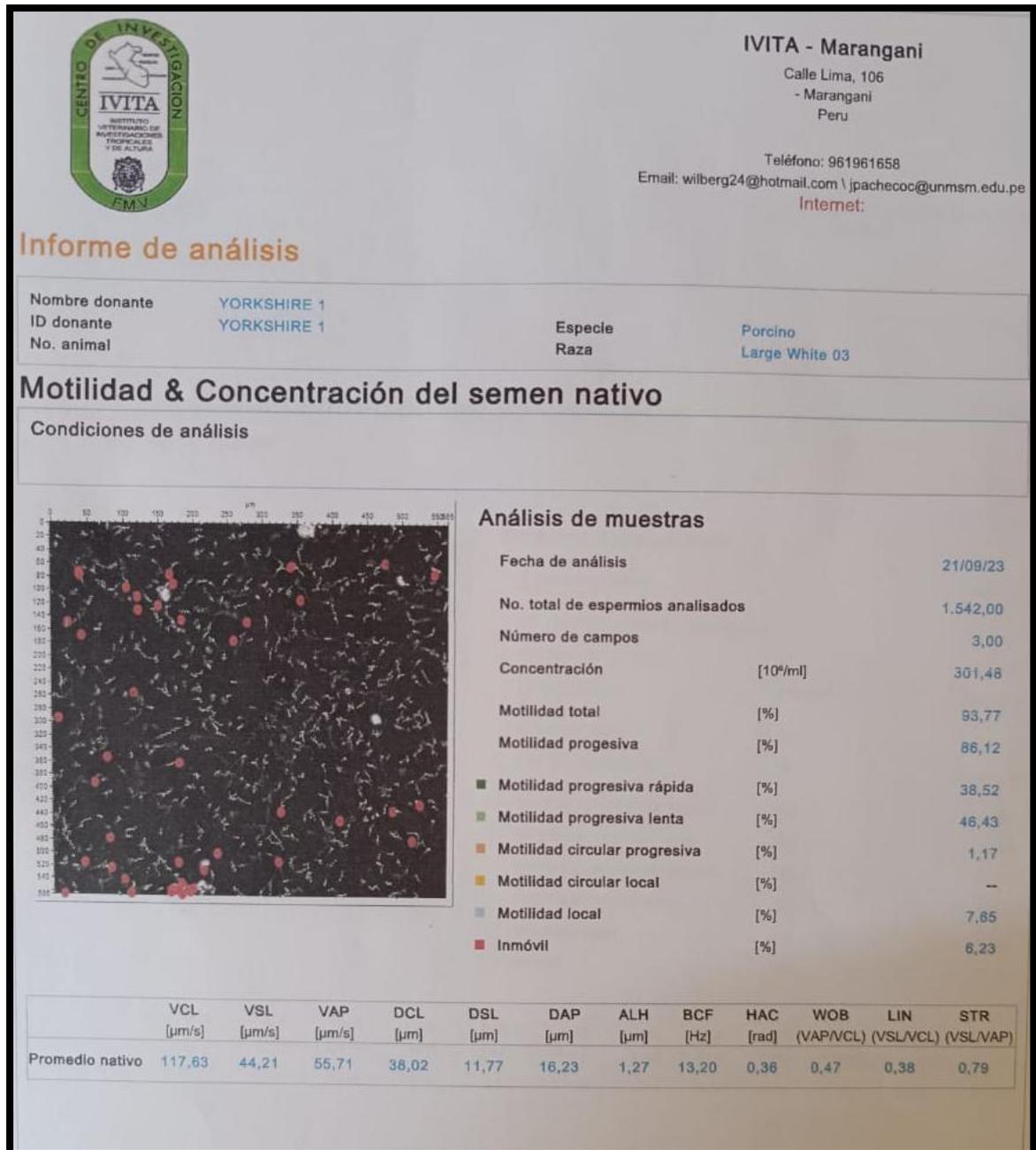
FV	GL	SC	CM	Fcal	F tab(0.05)
Tratamientos	2	0.99	0.49	0.04	6.94
Bloques	2	29.42	14.71	2.72	3.35
Error Exp	4	54.22	13.55	2.51	0.0654
Error muestreo	27	145.95	5.40		
Total	35	230.60	CV = 3.53%		

Promedio gral = 65.77 ml

**R<sup>2</sup> = 0.367**

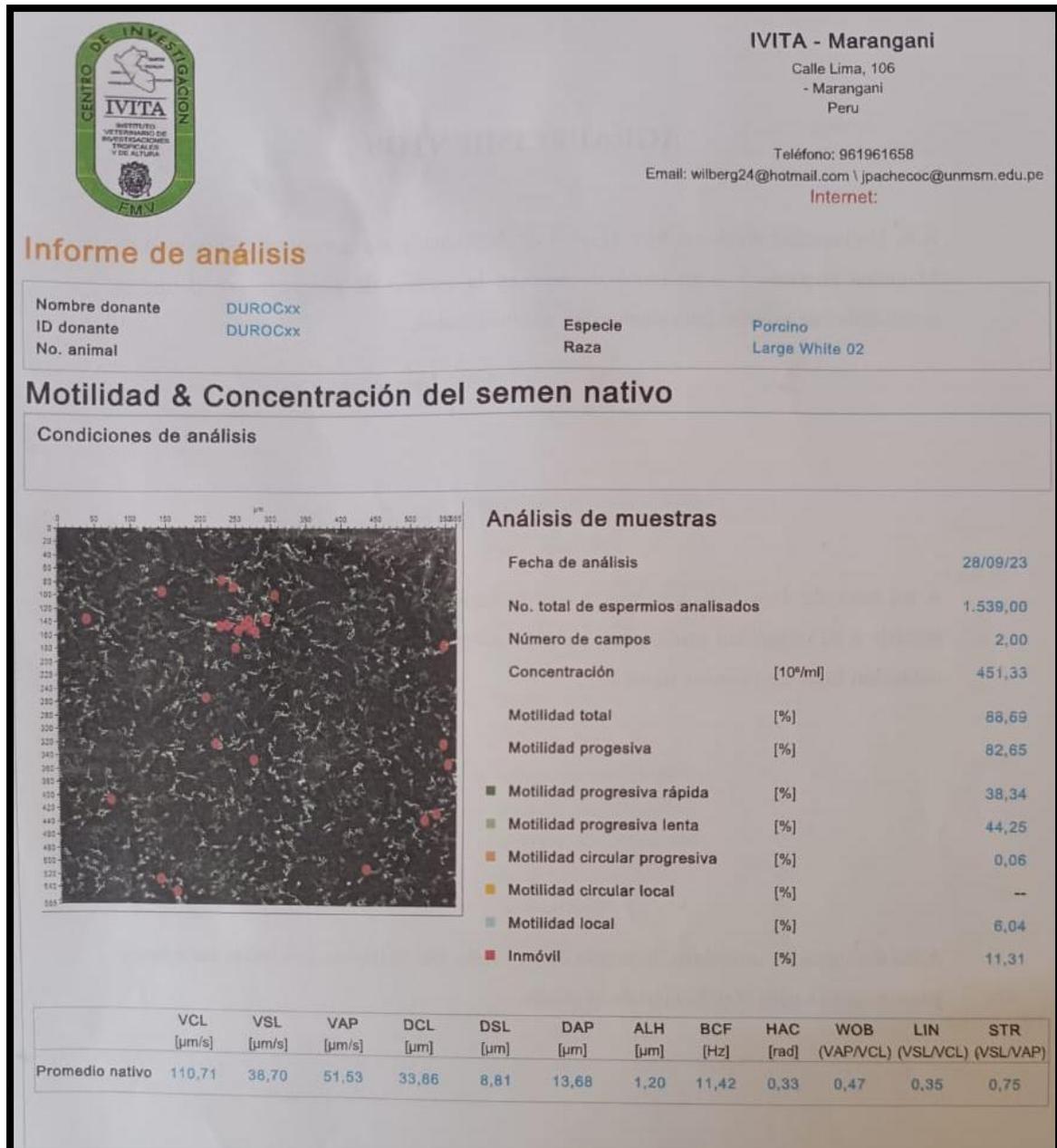
## Anexo 17

Valores de Concentración Espermática, Motilidad Total y Progresiva (%) No Transformadas a Valores Angulares del Genotipo Yorkshire Analizados por el Sistema AndroVisión®



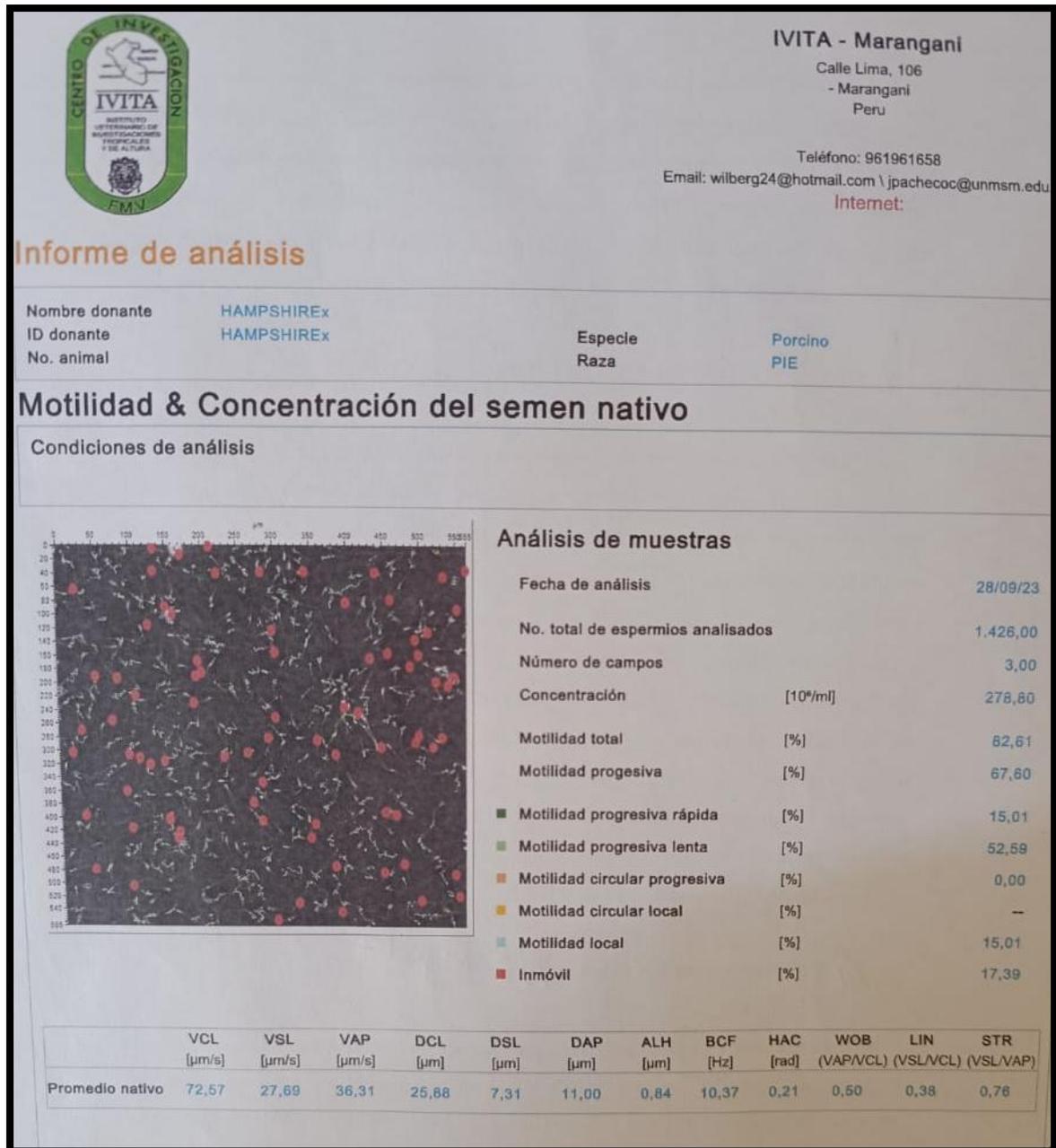
## Anexo 18

Valores de Concentración Espermática, Motilidad Total y Progresiva (%) No Transformadas a Valores Angulares del Genotipo Duroc Analizados por el Sistema AndroVisión®.



## Anexo 19

Valores de Concentración Espermática, Motilidad Total y Progresiva (%) No Transformadas a Valores Angulares del Genotipo Hampshire Analizados por el Sistema AndroVisión®.



**Anexo 20**  
*Genotipo Yorkshire y Método de Colección*



**Anexo 21**  
*Genotipo Hampshire y Método de Colección*



**Anexo 22**  
*Genotipo Duroc y Método de Colección*

