

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia

**CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE ESPERMATOZOIDES
DE ALPACAS (*Vicugna pacos*) DE LA RAZA HUACAYA
BAJO CONDICIONES DE COSTA – TACNA 2018**

TESIS

Presentada Por:

Bach. Claudia Ximena Roque Luque

Para Optar el Título Profesional de:

MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA

TACNA - PERÚ

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia

TESIS

CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE ESPERMATOZOIDES DE ALPACAS (*Vicugna pacos*) DE LA RAZA HUACAYA BAJO CONDICIONES DE COSTA – TACNA 2018

Tesis sustentada y aprobada el 27 de noviembre de 2019, estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE:

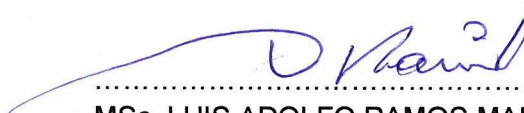


.....
MSc. CESARIO SEBASTIÁN CRUZ ANCHAPURI

SECRETARIO:

.....
Dr. HUGO FLORES AYBAR

VOCAL:



.....
MSc. LUIS ADOLFO RAMOS MAMANI

ASESOR:



.....
Dr. DANIEL GANDARILLAS ESPEZÚA

DEDICATORIA

A Dios, por darme la fortaleza,
perseverancia, tiempo,
paciencia y conocimiento para
culminar mí tesis con éxito.

A mi familia, quien con su
alegría, paciencia y
comprensión me permiten
seguir creciendo como persona.

A mi padre, quien con su apoyo
moral me dio la fortaleza
necesaria para no claudicar.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann que como institución me formó profesionalmente y me permitió realizar esta investigación.

A mis jurados MSc. Cesario Cruz Anchapuri, Dr. Hugo Flores Aybar y MSc. Luis Ramos Mamani, quienes durante mis años de estudio compartieron sus enseñanzas, conocimientos, y me brindaron su tiempo para la elaboración y desarrollo de la presente tesis.

Al proyecto alpacas a cargo del Dr. Daniel Gandarillas, el cual me facilitó los equipos e instrumentos para el desarrollo de la tesis y a la MVZ. Nicoll Condori Rojas por su tiempo, colaboración y enseñanzas en la ejecución de este trabajo de investigación.

CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
CONTENIDO	v
CONTENIDO DE TABLAS.....	viii
CONTENIDO DE FIGURAS.....	x
CONTENIDO DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	3
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	5
1.4. LOS OBJETIVOS.....	6
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	6
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	8

2.1. ANTECEDENTES	8
2.1.1. Nivel Local	8
2.1.2. Nivel Nacional.....	8
2.1.3. Nivel Internacional	11
2.2. BASES TEÓRICAS.....	12
2.2.1. ESTRUCTURA Y BIOLOGÍA DEL ESPERMATOZOIDE	12
2.2.2. MORFOLOGÍA DEL ESPERMATOZOIDE	13
2.2.2.1. Espermatocitogénesis	17
2.2.2.2. Espermiogénesis	18
2.2.3. LA MORFOLOGÍA Y LA MORFOMETRÍA ESPERMÁTICA.....	19
2.2.3.1. Análisis computarizado de la morfología espermática.....	20
2.2.4. TÉCNICAS DE COLECTA.....	20
2.3. MARCO CONCEPTUAL	22
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	24
3.1. MATERIAL.....	24
3.1.1. Ubicación geográfica	24
3.1.2. Unidad de estudio.....	24
3.1.3. Población y muestra	25

3.1.4. Criterio de inclusión y exclusión.....	25
3.2. MÉTODO	25
3.2.1. Tipo y diseño de Investigación	25
3.3. MATERIALES DE LA INVESTIGACIÓN	27
3.4. MÉTODO Y TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	29
3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	33
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	34
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....	45
CONCLUSIONES	52
RECOMENDACIONES.....	53
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
ANEXOS.....	59

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1.	Medidas de la caracterización morfométrica de la cabeza, parte intermedia y cola de espermatozoides de alpacas (<i>Vicugna pacos</i>) de la raza Huacaya bajo condiciones de costa.....	34
Tabla 2.	Medidas del largo de la cabeza de espermatozoides de 3 alpacas machos (n°12, n° 11 y n° 4).	36
Tabla 3.	Medidas del ancho de la cabeza de espermatozoides de 3 alpacas machos (n°12, n° 11 y n° 4).	37
Tabla 4.	Medidas del área de la cabeza de espermatozoides de 3 alpacas machos (n°12, n° 11 y n° 4).	38
Tabla 5.	Medidas del perímetro de la cabeza de espermatozoides de 3 alpacas machos (n°12, n° 11 y n° 4).....	39
Tabla 6.	Medidas de la elongación de la cabeza de espermatozoides de 3 alpacas machos (n°12, n° 11 y n° 4).....	40
Tabla 7.	Medidas de la elipticidad del espermatozoide de 3 alpacas machos (n°12, n° 11 y n° 4).	41

Tabla 8. Medidas de la distancia de la pieza intermedia de espermatozoides de 3 alpacas machos (n°12, n° 11 y n° 4).....	42
Tabla 9. Medidas del largo de la cola de espermatozoides de 3 alpacas machos (n°12, n° 11 y n° 4).	43

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1.	Medidas del largo de la cabeza de espermatozoides, de tres alpacas de la raza Huacaya.	36
Figura 2.	Medidas del ancho de la cabeza de espermatozoides de 3 alpacas de la raza Huacaya.	37
Figura 3.	Medidas del área de la cabeza de espermatozoides de 3 alpacas de la raza Huacaya.	38
Figura 4.	Medidas del perímetro de la cabeza de espermatozoides de 3 alpacas de la raza Huacaya.	39
Figura 5.	Medidas de la elongación de la cabeza de espermatozoides de 3 alpacas de la raza Huacaya.	40
Figura 6.	Medidas de la elipticidad de la cabeza de espermatozoides de 3 alpacas de la raza Huacaya.	41
Figura 7.	Medidas de la distancia de inserción de la pieza intermedia del espermatozoide de 3 alpacas de la raza Huacaya.	42
Figura 8.	Medidas del largo de la cola del espermatozoides de 3 alpacas de la raza Huacaya.	44

CONTENIDO DE ANEXOS

Anexo 1.	Diseño del cuadro para la recolección de los parámetros morfométricos de espermatozoides de alpacas (<i>Vicugna pacos</i>) de la raza Huacaya.	60
Anexo 2.	Registro de las medidas de la morfometría de espermatozoides de la alpaca de la raza Huacaya N° 12.	60
Anexo 3.	Registro de las medidas de la morfometría de espermatozoides de la alpaca de la raza Huacaya N° 11.	63
Anexo 4.	Registro de las medidas de la morfometría de espermatozoides de la alpaca de la raza Huacaya N° 4.	66
Anexo 5.	Cuadros ANVA de Morfometría de espermatozoides de alpacas Huacaya.	69

RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó en el laboratorio del proyecto; “Uso de la Biotecnología para el Mejoramiento Genético y Desarrollo de Capacidades en el Manejo de Alpacas (*Vicugna pacos*), en la zona altoandina de Tacna”, Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna, durante los meses noviembre y diciembre - 2018; enero y febrero - 2019, con el objetivo de: Caracterizar la morfometría de espermatozoides de alpacas (*Vicugna pacos*) de la raza Huacaya bajo condiciones de costa. El estudio fue evaluado en 3 alpacas, de quienes se colectaron 6 eyaculados por macho, se tomaron 18 muestras y se contaron 200 espermatozoides por muestra siendo un total de 3 600 espermatozoides; se obtuvo los siguientes resultados: promedio del largo de cabeza $5,83 \pm 0,21$ (μm) donde existe diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), promedio del ancho de cabeza $3,36 \pm 0,34$ (μm), donde existe diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), promedio del área $15,38 \pm 0,65$ (μm^2), donde existe diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), promedio del perímetro $15,48 \pm 0,04$ (μm), donde no existen diferencias significativas ($p > 0,05$), promedio de la elongación $0,27 \pm 0,04$ (μm), donde existe diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), promedio

de la elipticidad $1,74 \pm 0,16$ (μm), donde existe diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), promedio de la pieza intermedia $0,24 \pm 0,16$ (μm), donde existe diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), promedio del largo de la cola $60,72 \pm 3,29$ (μm), donde no existen diferencias significativas ($p > 0,05$). En conclusión, las medidas morfométricas halladas son similares a las reportadas por otros autores que realizaron trabajos similares en la sierra.

Palabras Clave: Análisis, Biotecnología, Fertilidad, Morfología.

ABSTRACT

The research work was carried out in the project laboratory; "Use of Biotechnology for Genetic Improvement and Capacity Development in the Management of Alpacas (*Vicugna pacos*), in the high Andean area of Tacna", Professional School of Veterinary Medicine and Zootechnics, Faculty of Agricultural Sciences of the Jorge Basadre Grohmann National University of Tacna, during the months November and December - 2018; January and February - 2019, with the objective of: Characterizing the alpacas sperm morphometry (*Vicugna pacos*) of the Huacaya race under coastal conditions. The study was evaluated in 3 alpacas, of which 6 ejaculates were collected per male, 18 samples were taken and 200 sperm were counted per sample, with a total of 3 600 sperm; The following results were obtained: average head length $5,83 \pm 0,21$ (μm) where there are highly significant differences ($P < 0,01$), average head width $3,36 \pm 0,34$ (μm), where there are highly significant differences ($P < 0,01$), area average $15,38 \pm 0,65$ (μm^2), where there are highly significant differences ($P < 0,01$), perimeter average $15,48 \pm 0,04$ (μm), where there are no significant differences ($p > 0,05$), average elongation $0,27 \pm 0,04$ (μm), where there are highly significant differences ($P < 0,01$), average of ellipticity $1,74 \pm 0,16$ (μm), where there are highly significant differences ($P < 0,01$), average of

the intermediate piece $0,24 \pm 0,16$ (μm), where there are highly significant differences ($P < 0,01$), average tail length $60,72 \pm 3,29$ (μm), where there are no significant differences ($p > 0,05$). In conclusion, the morphometric measurements found are similar to those reported by other authors who performed similar works in the mountains.

Keywords: Analysis, Biotechnology, Fertility, Morphology.

INTRODUCCIÓN

Una característica peculiar del semen de alpacas es la alta viscosidad; que hace difícil su evaluación con los procedimientos habituales del laboratorio, así también dificulta su manipulación para los procesos de dilución y posterior congelación. Sin embargo, la viscosidad seminal cumple un papel protector de los espermatozoides en el tracto reproductivo de la hembra (Troedsson et al., 2005).

La fertilidad de la alpaca alcanza un 55-70% y la natalidad un 45-55% indicadores que son muy bajos en comparación con otras especies que alcanzan hasta un 90% (CONAC, 2006). Esta baja tendencia puede ser como consecuencia de las diferencias morfométricas de los espermatozoides (Hansen, 2009).

La morfometría espermática debe ser identificada como una característica útil para predecir capacidad fecundante (Fernández-Baca, 1993).

Para reducir la subjetividad del estudio morfológico, existen sistemas computarizados de evaluación de la morfometría espermática que permiten fácilmente la medición objetiva de estos parámetros (Ordoñez et al., 2012).

El Análisis de la morfometría de los espermatozoides asistido por computadora (CASA) fue desarrollado para eliminar diferencias subjetivas

entre operadores, este ya fue usado en alpacas (Buendía et al., 2002); con el presente estudio se logró caracterizar la variabilidad morfométrica de los espermatozoides de alpaca (*Vicugna pacos*).

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La crianza de camélidos sudamericanos es una de las principales actividades económicas de la población altoandina peruana, donde el 80% se encuentra en manos de pequeños productores, quienes afrontan diversos problemas en su manejo, entre los que destacan los problemas de tipo reproductivo en alpacas como mortalidad embrionaria, baja tasa de fertilidad y natalidad, especialmente en la sierra central comprendida por Cerro de Pasco, Junín y Huancavelica. Las alpacas poseen una importancia significativa desde el punto de vista socioeconómico, ecológico, estratégico y social, ya que miles de familias se dedican a su crianza y constituyen una de sus más importantes fuentes de sustento e ingreso económico (Fernández-Baca, 1993). Dentro de los múltiples parámetros de evaluación disponibles, el estudio de la morfología y morfometría se considera fundamental para la predicción de fertilidad, ya que se ve afectada fuertemente por las características del ADN celular y la organización de la cromatina, entre otros elementos. Para reducir la subjetividad del estudio morfológico, existen sistemas computarizados de evaluación de la morfometría espermática que permiten fácilmente la

medición objetiva de estos parámetros (Mortimer, 2000). Los sistemas informáticos CASA (Computer-Assisted Sperm Analysis) permiten proporcionar datos relevantes de la cabeza (ancho, largo, área, perímetro) y pieza intermedia espermática (largo, ancho, ángulo y distancia) (Evangelista, 2015).

Ward (1998); descubrió la heterogeneidad celular en la cabeza espermática existente tanto entre los eyaculados de mamíferos como entre sus individuos. Esta variabilidad puede ser debida a la presencia de subpoblaciones espermáticas morfológicamente diferentes, en eyaculados o individuos, y que quizás también difieran en su capacidad fecundante (Ccalta et al., 2017).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles son las diferencias de las características morfométricas de espermatozoides de alpacas (*Vicugna pacos*) de la raza Huacaya, bajo condiciones de costa - Tacna 2018?

1.3. JUSTIFICACIÓN

La Alpaca es uno de los camélidos altoandinos domesticados en el mundo y donde el Perú destaca como primer productor de su fibra en el mundo, al contar con el 87% de la población mundial, con más de 3.6 millones de ejemplares. La crianza de la alpaca, representa para más de 20 000 familias que habitan en las comunidades altoandinas del Perú, una fuente importante de trabajo, ahorro e ingresos, por lo que un mal manejo del rebaño repercute seriamente en su economía, haciéndoles perder uno de sus ingresos más importantes (CONAC, 2006). En el país la morfometría espermática debe ser identificada como una característica útil para predecir capacidad fecundante. En general, pocas son las especies de mamíferos cuyos espermatozoides han sido completamente descritos morfométricamente, siendo predominantes los estudios morfométricos de cabeza espermática. En alpacas, existe poca información en este aspecto, siendo posible que la caracterización espermática sea un factor complementario a otros estudios que propicie un mayor avance en las biotecnologías reproductivas (Giuliano, 2012). Por lo tanto, es necesario conocer la fisiología y morfología de los espermatozoides en esta especie que es importante económicamente para nuestro país por la calidad de su fibra. Dentro de los múltiples parámetros de evaluación disponibles, el estudio de la morfología y morfometría se considera fundamental para la

predicción de fertilidad, ya que se ve afectada fuertemente por las características del ADN celular y la organización de la cromatina, entre otros elementos (Fernández-Baca,1993). Para reducir la subjetividad del estudio morfológico, existen sistemas computarizados de evaluación de la morfometría espermática que permiten fácilmente la medición objetiva de estos parámetros (Ordoñez et al., 2012).

Con la presente investigación se busca conocer y comparar los indicadores morfométricos de los espermatozoides en costa y compararlos con otros trabajos realizados. La presente investigación servirá como medio de consulta para otros profesionales del área y productores de fibra, para la parte metodológica de este trabajo, el análisis de muestras se hará mediante el instrumento de validez de datos equipo CASA (Raggi, 2000).

1.4. LOS OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

- Caracterizar la morfometría de espermatozoides de alpacas (*Vicugna pacos*) de la raza Huacaya bajo condiciones de costa.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar la variabilidad morfométrica de la cabeza de espermatozoides de alpacas (*Vicugna pacos*) de la raza Huacaya bajo condiciones de costa.
- Caracterizar la variabilidad morfométrica de la pieza intermedia de espermatozoides de alpacas (*Vicugna pacos*) de la raza Huacaya bajo condiciones de costa.
- Caracterizar la variabilidad morfométrica de la cola de espermatozoides de alpacas (*Vicugna pacos*) de la raza Huacaya bajo condiciones de costa.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. Nivel Local

Se realizó la búsqueda de trabajos de investigación relacionados al tema, no encontrándose información relacionada a la investigación en la Biblioteca de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

2.1.2. Nivel Nacional

Uno de los estudios realizados para analizar la morfometría espermática en alpacas machos caracteriza morfométricamente y clasifica a las cabezas de espermatozoides de alpaca mediante el uso de la tinción Hemacolor, que es comúnmente utilizada para diagnóstico celular en medicina humana y reduce el período de tinción clásico a una tinción de 2 minutos, a partir de la interacción molecular entre el colorante Eosina y un complejo Azul B. Cabe resaltar que para el análisis se empleó el Sperm Class Analyzer (SCA), un sistema CASA que requiere de una calibración previa para especies poco trabajadas como es el caso de alpacas. Teniendo en cuenta

que es un sistema automático, en el aspecto morfométrico hay la posibilidad que muestre algunas diferencias con mediciones hechas manualmente, que idealmente presentarían un menor margen de error (Buendía et al., 2002).

Se cuenta con otro estudio en caracterización morfométrica de los espermatozoides; realizado entre febrero y julio del 2011 en el Centro de Investigación en Camélidos Sudamericanos (CICAS) La Raya-UNSAAC, de la Región del Cusco, de 6 323 ha, con alturas que van de los 4 200 y 5 100 metros de altitud. Se utilizó 25 alpacas machos de la raza Huacaya (4 a 10 años). Se capturaron 200 espermatozoides por muestra de semen de alpaca, las medidas básicas proporcionadas por el sistema fueron: área (μm^2), largo, ancho y perímetro (μm) de la cabeza; también parámetros no dimensionales (elipticidad, elongación, rugosidad y regularidad); porcentaje de acrosoma (%); área (μm^2), ancho (μm), distancia (μm), y ángulo de inserción de la pieza intermedia. Los datos obtenidos se almacenaron en una computadora para su análisis posterior (Ordoñez et al., 2012).

En otras investigaciones realizadas el objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la criopreservación en los parámetros morfométricos de espermatozoides de alpaca. Se utilizaron 6 alpacas machos de la raza Huacaya de 6 a 8 años; 3 animales para la colección de semen por el

método de post-copula (MPC) y 3 animales para la recuperación de los espermatozoides por el método de desviación de los conductos deferentes (DCD). Todas las variables microscópicas se determinaron con un sistema CASA (ISAS®, Proiser). El proceso de congelación se realizó con un diluyente base TRIS con tres tratamientos de criopreservación 0, 1,5 y 3 mg de ciclodextrinas saturadas de colesterol (CLC), se empleó la dimetilformamida como crioprotector. Se analizaron 12 parámetros morfométricos, longitud, anchura, área, perímetro, elipticidad, elongación, regularidad y rugosidad de la cabeza del espermatozoide, porcentaje de acrosoma, y la anchura, distancia y ángulo de inserción de la pieza intermedia del espermatozoide de la alpaca. Se evaluaron 2 565 espermatozoides colectados por post cópula y 2 387 espermatozoides recuperados del conducto deferente, en fresco y descongelado. Los resultados muestran el efecto de la criopreservación en el área y perímetro en ambos métodos evaluados (Ccalta et al., 2017).

En la siguiente investigación se empleó la tinción diferencial Papanicolau para resaltar las estructuras internas y externas. Es una técnica que no altera las superficies estructurales a diferencia de otros protocolos, adicionalmente de usar nuevos programas informáticos que permiten una biometría más precisa, y con menor margen de error. En cada uno de los análisis de los eyaculados, se superará el valor predictivo del criterio

estricto de Tygerberg (Kruger et al., 1986; 1987), diseñado para humanos que establece que el límite porcentual de espermatozoides normales para ser considerados fértiles es del 4% y así reafirmar, mediante la morfología, que los machos de fertilidad comprobada de la población en estudio, son aptos para la reproducción (Evangelista, 2015).

2.1.3. Nivel Internacional

Estudios en investigación morfométrica del núcleo y de la cabeza de espermatozoides de llamas. Cuyo objetivo fue determinar y comparar valores morfométricos de la cabeza y del núcleo espermáticos en individuos de la especie (*Lama glama*). El estudio se realizó con muestra de semen fresco de tres machos adultos. En alícuotas de un mismo eyaculado de cada animal se analizaron núcleos espermáticos coloreados con la reacción de Feulgen y cabezas coloreadas con tinción 15® y Eosina. Los parámetros estudiados fueron: cuatro de medición directa, Área (A), Perímetro (P), Diámetro máximo (D_{máx}) y Diámetro mínimo (D_{min}) los valores de estos parámetros fueron menores en el núcleo que en la cabeza y dos indirectos y adimensionales: Elipticidad (D_{max}/D_{min}) que fue mayor en el núcleo y Forma ($4n \text{ área/perímetro}^2$) que fue mayor en la cabeza (Giuliano et al., 2008).

La investigación titulada "Evaluación de la morfometría testicular y la concentración espermática por edad (2-4 y de 4-6 años) en llamas (*Lama glama*) en el barrio Igshagua, parroquia Juan Montalvo, Latacunga Ecuador" se desarrolló con el objetivo de caracterizar la morfología de los espermatozoides en llamas, determinar la concentración espermática en cada grupo y colecta que se realice, establecer el volumen seminal en las colectas, analizar la cantidad de espermatozoides utilizando la cámara de Neubauer. Las colectas se realizaron en animales de tres edades diferentes las cuales se categorizaron de la siguiente manera de 3-5, 5-7, 7-9 años en los que se realizó tres colectas con la diferencia de 15 días cada colecta para la obtención de las muestras se utilizó el método de extracción de semen mediante vagina artificial (Mayorga, 2014).

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Estructura y Biología del Espermatozoide

Los espermatozoides o gametos masculinos, se originan en los testículos dentro de unas estructuras denominadas túbulos seminíferos (Garner y Hafez, 2002). Su formación comprende un proceso que se inicia con una serie compleja de células germinales en desarrollo, hasta que finalmente se forma un conjunto de células con la típica forma alargada, consistentes

en una cabeza aplanada portadora del núcleo y la cola que contiene el aparato necesario para la motilidad celular. Este producto final no puede experimentar posteriores divisiones o diferenciación, por lo que resulta único entre las células en su forma y función (Garner y Hafez, 2002). El rol principal de esta célula es el transporte de un paquete, constituido por el genoma nuclear y el centríolo, hasta el óvulo (Mortimer, 2000).

2.2.2. Morfología del Espermatozoide

Los espermatozoides de los mamíferos están formados básicamente por dos zonas, la cabeza y la cola, las cuales poseen distintas funciones. La cola a su vez se divide en 3 segmentos que, por orden cráneo-caudal, se denominan parte intermedia, parte principal y parte terminal (Garner y Hafez, 2002).

Todo este sistema está estructurado para que el espermatozoide presente un patrón de movimiento rotacional y elíptico, que se inicia en la cola y se transmite a la cabeza del espermatozoide a través del cuello. Este movimiento rotacional es lo que otorga en última instancia progresividad al movimiento espermático (Mortimer, 2000). Se encuentran variaciones considerables en las características microscópicas del semen de alpacas machos en cuanto al tamaño y a la forma de sus espermatozoides. La

relación de la morfología espermática con la fertilidad de los reproductores ha sido ampliamente estudiada. Objetivamente parámetros morfológicos de la cabeza espermática demuestran que en la llama y posiblemente en las especies silvestres, debe ser muy cuidadoso al evaluar la morfología espermática dada la variabilidad observada entre individuos, entre eyaculados del mismo individuo (Hafez y Hafez, 2000). La micro-estructura del espermatozoide ha sido estudiada en detalle por muchos investigadores, mediante el uso del microscopio electrónico y microscopía de contraste. El espermatozoide mamífero, de forma de renacuajo, es una célula singular muy compleja. La cabeza, la cual varía en forma de acuerdo a la especie, contiene el núcleo donde están localizados los cromosomas portadores de los genes que determinan los rasgos característicos (Raggi, 2000).

a) Evaluaciones sobre el estado de los espermatozoides:

En la biotecnología reproductiva, uno de los principales objetivos es contar con machos de fertilidad comprobada, mediante la evaluación de su calidad espermática. Según Maroto (2012), la morfología espermática es una característica útil para predecir la capacidad fecundante, basándose en las formas y medidas de las estructuras corporales espermáticas para poder

clasificarlas, permitiendo detectar anormalidades en la cabeza, pieza intermedia y cola, defectos acrosomales específicos o variaciones del tamaño de las cabezas (Hafez y Hafez, 2000). Los sistemas automáticos de análisis de imágenes (CASA, por sus siglas en inglés) y los sistemas basados en citometría de flujo, dan la ventaja de estudiar las características de los espermatozoides, teniendo un especial interés en la morfología. Lo ideal sería una mayor investigación para que estas pruebas determinen de forma más precisa la fertilidad en las muestras seminales. El sistema CASA se emplea como sistema de gestión y análisis de los parámetros más importantes del semen; consta de un microscopio óptico con cámara digital y una computadora con el software. Se encarga de proveer mediciones más objetivas y confiables de la movilidad y morfología espermática. Sin embargo, es de alto costo y es necesaria una exacta calibración. Como principal referencia, se cuenta con el estudio desarrollado por (Buendía et al. 2002), que caracteriza morfométricamente y clasifica a las cabezas de espermatozoides de alpaca mediante el uso de la tinción Hemacolor, que es comúnmente utilizada para diagnóstico celular en medicina humana y reduce el período de tinción clásico a una tinción de 2 minutos, a partir de la interacción molecular entre el colorante Eosina y un complejo Azul B. Cabe resaltar que para el análisis se empleó el Sperm Class Analyzer (SCA), un sistema CASA que requiere de una calibración previa para

especies poco trabajadas como es el caso de alpacas. Teniendo en cuenta que es un sistema automático, en el aspecto morfométrico hay la posibilidad que muestre algunas diferencias con mediciones hechas manualmente, que idealmente presentarían un menor margen de error (Hafez y Hafez, 2000).

El análisis de la morfología espermática mediante el uso del microscopio óptico nos puede brindar información viable sobre la estructura del espermatozoide, siempre y cuando se use un método de tinción que realce correctamente las estructuras espermáticas externas, con el propósito de identificar y describir diferentes anomalías que mediante otros tipos de tinciones no serían comúnmente detectadas, pudiendo erradamente ser consideradas por éstas como morfológicamente normales.

b) Criterios morfométricos de normalidad:

En el análisis morfológico de espermatozoides humanos, existe el criterio estricto de Tygerberg, también conocido como criterio de Kruger; que mediante parámetros morfológicos de la cabeza, región media y cola del espermatozoide determina su normalidad (Kruger et al., 1986). Entonces, según el mencionado criterio, un espermatozoide se considera normal si reúne las siguientes condiciones morfológicas:

Forma de cabeza ovalada, ausencia de vacuolas o muescas en la cabeza, acrosoma presente en el 40-70% de la superficie de la cabeza, citoplasma residual en la pieza intermedia inferior al 30% de la superficie de la cabeza, inserción axial de la cola a la cabeza y existencia de un único flagelo recto y uniforme. Este esquema sugiere que cualquier manifestación ajena a esta se considere anormal (Maroto, 2012),

Para ser considerados fértiles, según este criterio, anteriormente debían tener un porcentaje de espermatozoides normales mayor al 14%, esto fue determinado por estudios de las características morfológicas como factores pronóstico correlacionándolas con las tasas de fertilización in-vitro (Kruger et al., 1986).

2.2.2.1. Espermatocitogénesis

Durante el desarrollo embrionario, las células germinales primordiales emigran desde la región del saco vitelino del embrión hacia las gónadas no diferenciadas, después de llegar a la gónada fetal, se dividen varias veces formando los gonocitos (Maroto, 2012). Estos gonocitos experimentan una diferenciación antes de la pubertad para formar unas células diploides denominadas espermatogonios tipo Ao, de los cuales se originan las otras células germinales (espermatogonios tipo A1, A2, A3 y A4), el tipo A4 se divide una vez más para formar espermatogonios intermedios (tipo In), y de

nuevo para formar la espermatogonia tipo B. Las espermatogonias tipo B se dividen por lo menos una vez, y probablemente dos veces, para formar los espermatoцитos primarios los cuales duplican su ADN y experimentan cambios nucleares progresivos de la profase meiótica, antes de dividirse para formar espermatoцитos secundarios. Sin una síntesis posterior de ADN, los espermatoцитos secundarios resultantes se dividen una vez más para formar las células haploides conocidas como espermátidas (Garner y Hafez, 2002).

2.2.2.2. Espermiogénesis

Las espermátidas, redondas, se transforman en espermatozoides por una serie de cambios morfológicos progresivos que incluyen condensación de la cromatina nuclear, formación de la cola o aparato flagelar y desarrollo del casquete acrosómico, sin que se produzca división celular alguna en un proceso que dura aproximadamente 15 días (Garner y Hafez, 2002). Las diversas etapas de la transformación de las espermátidas se dividen en cuatro fases: de Golgi (1), de encasquetamiento (2), acrosómica (3) y de maduración (4), siendo en las últimas etapas donde se forma el cuerpo residual o gota citoplasmática, lo cual implica que, las espermátidas alargadas están listas para ser liberadas como espermatozoides (Maroto, 2012).

2.2.3. La Morfología y la Morfometría Espermática

La forma y tamaño de los espermatozoides en un momento determinado es consecuencia de los factores que afectan la espermatogénesis y su valoración ha sido tradicionalmente una técnica complementaria al análisis seminal que potencialmente puede determinar las variaciones celulares que afectan la fertilidad (Maroto, 2012). La finalidad de la evaluación de la morfología espermática es la de determinar la presencia de espermatozoides con formas anormales para lo cual se utiliza la observación de extendidos seminales con diversas coloraciones, como la eosina-nigrosina; el giemsa; o su combinación, eosina-nigrosina-Giemsa. Las anomalías morfológicas se clasifican en primarias y secundarias. Las primarias se originan en el testículo y se relacionan con defectos de la cabeza espermática, acrosoma y presencia de gota citoplasmática proximal; las secundarias se originan en el epidídimo y están relacionadas con la presencia de gota citoplasmática distal y otros defectos de la cola espermático. La producción de espermatozoides anormales puede deberse a la edad, problemas nutricionales, enfermedades, factores ambientales (calor, heridas por traumatismos, sustancias tóxicas, cambio de ambiente, etc.), como por razones, hormonales o genéticas (Garner y Hafez, 2002).

2.2.3.1. Análisis Computarizado de la Morfología Espermática

A medida que se ha sofisticado la tecnología para estudiar las características y funciones de los espermatozoides en forma individual, se ha hecho obvio que existe una considerable heterogeneidad. El análisis espermático asistido por computador (Computer-Assisted Sperm Analysis -CASA-) es en parte responsable de la detección de esta heterogeneidad y está siendo utilizado actualmente para realizar evaluaciones seminales con mayor objetividad y sensibilidad. Esta es una técnica desarrollada como consecuencia de los avances en el análisis de imágenes computarizadas facilitando la evaluación rápida de un gran número de espermatozoides y determinando varios aspectos de la funcionalidad espermática (Buendía et al., 2002).

2.2.4. Técnicas de Colecta

Cada uno de los métodos de extracción de semen en CSA presenta características particulares con ventajas y desventajas que hay que tomar en cuenta en la toma de decisiones (Giuliano, 2012).

Entre los métodos de colección de semen para los CSA se tiene:

La electroeyaculación (EE), que consiste en el uso de un aparato con electrodos introducido por el recto hasta la próstata, que producirá estimulaciones eléctricas crecientes por algunos minutos. Para esta técnica

es necesario que el animal se encuentre anestesiado, usando generalmente xylazina y ketamina como anestésicos (Giuliano, 2012).

El uso de la vagina artificial (VA), es mediante el empleo de un tubo especial adaptado con bandas de látex y llenadas con agua caliente que ejercerá cierta presión sobre el pene del camélido. Para mantener la temperatura constante, la vagina artificial es enteramente cubierta con una frazadilla eléctrica, controlándose la temperatura ideal que permita simular la cópula con la hembra. En el estudio desarrollado por (Giuliano et al., 2008), se establecieron diferencias entre los métodos de colecta por electroeyaculación y por uso de vagina artificial, siendo el primero el que contó con una mayor proporción de colecciones de semen exitosas, habiendo diferencias significativas entre ambos métodos para volumen, movilidad espermática, espermatozoides vivos y membrana funcional, también se contrastaron ambas metodologías, sin haber diferencias significativas en el volumen de los eyaculados. Para la colecta mediante VA, se puede hacer uso ya sea de una hembra receptiva o de un maniquí, siendo el uso del primero una ayuda para incrementar la libido de los machos. A su vez, la posición adoptada por la hembra minimiza el movimiento y facilita la colecta, pudiendo obtenerse mejores características de volumen, movilidad, concentración y porcentaje de espermatozoides vivos. En el caso de la presente investigación, el empleo de cada apoyo no

fue una variable trabajada, ya que su uso dependió de las preferencias de cada macho en las colectas. Los métodos basados en fundas artificiales, son útiles generalmente sólo como métodos para evaluación seminal, siendo un motivo por el cual en esta investigación se colecta mediante el uso de la vagina artificial. El uso de esta metodología también se justifica en el empleo de animales domésticos por requerir un entrenamiento para su uso, técnica que sería imposible de emplear en animales silvestres (Giuliano, 2012).

2.3. MARCO CONCEPTUAL

Alpaca (*Vicugna pacos*): Los camélidos sudamericanos pertenecen a una familia de mamíferos ungulados (*Camelidae*) emparentados con los camellos que habitan África y Asia. Se distinguen por algunas características típicas.

Espermatozoide: El espermatozoide es una célula terminal, cuyo rol principal es el transporte de un paquete, constituido por el genoma nuclear y el centriolo hasta el ovocito. Para realizar esta tarea, el espermatozoide está equipado con una batería de estructuras especializadas (una membrana plasmática que muestra áreas delimitadas, organelos con disposición específica tales como la vaina mitocondrial y especializaciones

de los mismos tales como la cola y el acrosoma) los que garantizan la interacción particular con el tracto genital femenino y el ovocito y sus envolturas.

Morfología: La morfología de los espermatozoides es una característica que se estudia en el seminograma para ver si en el semen hay espermatozoides anormales, en qué cantidad se encuentran y qué alteraciones tienen estas células.

Morfometría: La Morfometría es una herramienta que permite abstraer la forma de los organismos mediante el uso de “marcas o puntos”, donde la información sobre el tamaño, la posición y la orientación se ajustan para obtener la información de la “forma” en un contexto matemáticamente analizable.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. MATERIAL

3.1.1. Ubicación Geográfica

El trabajo de investigación se realizó en el laboratorio del proyecto alpacas, Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna - 2018. La provincia de Tacna se encuentra a una altitud aproximada de 560 msnm, con un clima templado subtropical y una temperatura promedio de 18 a 25°C. Se ubica en las coordenadas **UTM 8008692 368838 19K**.

3.1.2. Unidad de Estudio

Espermatozoides de alpacas de raza Huacaya de edad adulta.

3.1.3. Población y Muestra

El estudio se realizó en 3 alpacas machos preseleccionados bajo criterios de exclusión e inclusión, de quienes se colectaron 6 eyaculados por macho. Fueron un total de 18 muestras de las que se contaron 200 espermatozoides por cada muestra siendo un total de 3 600 espermatozoides.

3.1.4. Criterio de Inclusión y Exclusión

a) Inclusión:

El estudio se realizó en alpacas machos que proveían semen.

b) Exclusión:

Se excluyó animales que no proveían semen.

3.2. MÉTODO

3.2.1. Tipo y Diseño de Investigación

a) Tipo:

El tipo de investigación es descriptivo cuantitativo porque se determinó la morfometría de los espermatozoides y los datos obtenidos fueron

analizados para obtener datos numéricos y determinar los parámetros como son: Longitud cefálica, ancho cefálico, área cefálica, perímetro cefálico, longitud de la pieza intermedia, longitud de la cola del espermatozoide de alpaca macho.

b) Modalidad:

La modalidad fue de un diseño no experimental longitudinal porque el estudio fue evaluado en 3 alpacas machos preseleccionados bajo criterios de exclusión e inclusión, de quienes se colectaron 6 eyaculados por macho, se tomaron 18 muestras y se contaron 200 espermatozoides por muestra siendo un total de 3 600 espermatozoides.

c) Diseño:

Se tomaron muestras las que fueron procesadas para obtención de datos de las siguientes medidas: Longitud cefálica, ancho cefálico, área cefálica, perímetro cefálico, distancia de la pieza intermedia, longitud de la cola, las cuales fueron procesadas para obtener sumatorias, porcentajes y resultados. Los valores numéricos de cada variable fueron tabuladas utilizando Microsoft Excel (2012) y son presentados en tablas donde se

especifican valores de estadística descriptiva como son medidas de tendencia central, medidas de dispersión y curtosis (Anexo 1).

3.3. MATERIALES DE LA INVESTIGACIÓN

a) Material Biológico

- Alpacas machos de raza Huacaya (muestra de semen).

b) Material de Campo

- Overol y Botas.
- Maniquí para toma de muestras seminales.
- Vagina artificial.
- Termo.
- Pulverizador.
- Frazadilla eléctrica.
- Tubos falcon, vaso de precipitado o bolsa para la recogida de semen.
- Registro.
- Marcadores.

- Guantes descartables.
- Cámara fotográfica.

c) Materiales de Laboratorio

- Equipo CASA.
- Formol citrato.
- Guantes de examinación.
- Termómetro.
- Mandil.
- Botas.
- Gorro.
- Pipeta.
- Tubos con las muestras seminales.
- Gotero.
- Cubre y portaobjetos.
- Cámara fotográfica.

- Hojas para registro de datos.
- Jeringas de 3 ml.

3.4. MÉTODO Y TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

El método a emplear se realizó por modalidad descriptiva cuantitativa la técnica a utilizar fue la microscopia óptica y el sistema CASA.

Toma de muestra:

Se colectaron 18 muestras de semen de 3 machos con un intervalo de tres días, en tubos falcon por método de maniquí y de vagina artificial: este método es mediante el empleo de un tubo especial adaptado con bandas de látex y llenadas con agua caliente que ejercerá cierta presión sobre el pene del camélido. Para mantener la temperatura constante, la vagina artificial es enteramente cubierta con una frazadilla eléctrica, controlándose la temperatura ideal que permita simular la cópula con la hembra.

Procesamiento e identificación:

1. Se preparó 100ml de la solución fijadora de formol citrato al 4%.

Consiste:

100ml formol 30%-----10g formol

x-----3g formol

x=30ml de formol

30ml de formol

4g de citrato de sodio

70ml de agua destilada

2. Con la ayuda de pipetas graduadas para microlitros se colectó 50 μm de solución formol citrato, se le adicionará 5 μm de semen previamente centrifugado a 2 500 rpm (revoluciones por minuto) durante 10min. Se mezclaron ambas soluciones de formol citrato y semen.
3. En una lámina portaobjetos se colocó 3 μm (de la mezcla de solución formol citrato y semen) a continuación se adicionó una gota de aceite de inmersión y se observó al microscopio del equipo CASA a objetivo 100x.
4. Todo el procesamiento se utilizó para los tres objetivos planteados para observación de morfometría de cabeza parte intermedia y cola de espermatozoides de alpacas.

Análisis de la morfometría espermática (CASA):

Para analizar la morfometría espermática se examinó al microscopio óptico cada uno de los portaobjetos preparados a 100 aumentos bajo aceite mineral de inmersión. El microscopio estuvo conectado a un ordenador con un sistema integrado de análisis de semen. El análisis de los espermatozoides se realizó utilizando el software del sistema CASA (Androvision), que es un sistema informatizado de análisis espermático basado en el análisis de una imagen. Permite analizar la morfología de muestras teñidas con coloraciones como Diff quik, Wright y analizarlas individualmente, ya que presenta un módulo de morfología que incorpora las variables morfológicas de la cabeza, acrosoma y pieza intermedia del espermatozoide en cuanto a tamaño (área, perímetro, longitud y anchura) y forma (elipticidad, elongación) de acuerdo a los criterios estrictos de Kruger y de la OMS (Kruger et al., 1987).

Las variables a evaluar fueron las siguientes:

- Cabeza: Morfometría de cabeza de espermatozoide (Longitud cefálica, ancho cefálico, área cefálica, perímetro cefálico).
- Pieza intermedia: Morfometría de la parte intermedia de espermatozoide (longitud de inserción de la pieza intermedia).

- Cola: Morfometría de la cola del espermatozoide (longitud de la cola).
- Parámetros básicos: Área (A , μm^2), perímetro (P , μm), longitud (L , μm), ancho (W , μm).
- Parámetros derivados: Elipticidad (L/W), elongación $((L-W)/(L+W))$.
Se tiene una perspectiva general de cómo están definidos los parámetros básicos, pero es necesario explicar por qué se usan los parámetros derivados que se originan a partir de los básicos:
- Elipticidad: En geometría, es la medida de compresión de un círculo o esfera a lo largo de su diámetro para formar una elipse. Siendo la forma elíptica característica de los espermatozoides.
- Elongación: Es un parámetro con relación al alargamiento de un cuerpo, que relaciona el largo con el ancho.

Para cada variable definida de los parámetros cuantitativos se analizaron un total de 200 espermatozoides por eyaculado.

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El tipo de investigación fue descriptivo cuantitativo. Se determinó la morfometría del espermatozoide de alpaca Huacaya y se obtuvo las siguientes medidas:

Longitud cefálica, ancho cefálico, área cefálica, perímetro cefálico, longitud de inserción de la pieza intermedia, longitud de la cola. Los valores numéricos de cada variable fueron tabuladas utilizando Microsoft Excel (2012) y son presentados en tablas donde se especifican valores de estadística descriptiva como son medidas de tendencia central, medidas de dispersión y curtosis.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Caracterización morfométrica de espermatozoides de alpacas (*Vicugna pacos*) de la raza Huacaya bajo condiciones de costa.

Tabla 1. Medidas de la caracterización morfométrica de la cabeza, parte intermedia y cola de espermatozoides de alpacas (*Vicugna pacos*) de la raza Huacaya bajo condiciones de costa.

Parámetros morfométricos	\bar{x}	D.S.	C.V. (%)	Curtosis	Min.	Max.	SIG.
Tamaño de Cabeza							
<i>Largo</i> μm	5,83	0,21	3,92	1,29	5,15	6,89	0,00
<i>Ancho</i> μm	3,36	0,34	5,10	2,36	2,71	3,91	0,00
<i>Área</i> μm^2	15,38	0,65	4,22	0,61	12,89	17,99	0,00
<i>Perímetro</i> μm	15,48	0,04	11,54	1,62	13,59	16,78	0,78
Forma de Cabeza							
<i>Elipticidad</i> μm	1,74	0,16	8,87	2,33	1,33	2,47	0,00
<i>elongación</i> μm	0,27	0,04	16,56	1,73	0,14	0,42	0,00
Parte Intermedia							
<i>Distancia de inserción de la pieza intermedia</i> μm	0,24	0,16	6,67	0,69	0,21	0,28	0,00
Cola							
<i>largo de la cola</i> μm	60,72	3,29	214,98	-0,18	54,14	69,91	0,67

\bar{x} : promedios; DS: Desviación Estándar; C.V.: Coeficiente de variación (%).

En la tabla 1, se observa los parámetros morfométricos para la cabeza: cuyos promedios son: Largo de cabeza $5,83 \pm 0,21$ (μm) donde existe diferencias altamente significativas ($P < 0,01$); ancho de cabeza $3,36 \pm 0,34$ (μm), donde existe diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), área de la cabeza $15,38 \pm 0,65$ (μm^2), donde existe diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), perímetro de la cabeza $15,48 \pm 0,04$ (μm), donde no existen diferencias significativas ($p > 0,05$), elongación del espermatozoide $0,27 \pm 0,04$ (μm), donde existe diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), elipticidad $1,74 \pm 0,16$ (μm), donde existe diferencias altamente significativas ($P < 0,01$). Para la pieza intermedia: Longitud de inserción de la pieza intermedia $0,24 \pm 0,16$ (μm), donde existe diferencias altamente significativas ($P < 0,01$). Para la cola: Largo de la cola de los espermatozoides $60,72 \pm 3,29$ (μm), donde no existen diferencias significativas ($p > 0,05$)

4.2. Variabilidad morfométrica de la cabeza de espermatozoides de alpacas (*Vicugna pacos*) de la raza Huacaya bajo condiciones de costa.

4.2.1. Largo de la cabeza de espermatozoides de alpacas (*Vicugna pacos*) de la raza Huacaya bajo condiciones de costa.

Tabla 2. Medidas del largo de la cabeza de espermatozoides de 3 alpacas machos (n°12, n° 11 y n° 4).

N° DE ANIMAL	N° MUESTRAS	PROMEDIO ANIMAL (μm)	LARGO DE LA CABEZA					
			PROMEDIO GENERAL (μm)					
			\bar{x}	\pm	D.S.	C.V.	P. valor	
ALPACA 12	1 200	5,86 ^A						
ALPACA 11	1 200	5,83 ^B	5,83	\pm	0,21	3,92	0,00	
ALPACA 4	1 200	5,80 ^C						

\bar{x} : media; D.S.: Desviación Estándar; C.V.: Coeficiente de variación (%); AB: Medias con la misma letra entre columnas no son significativamente diferente.

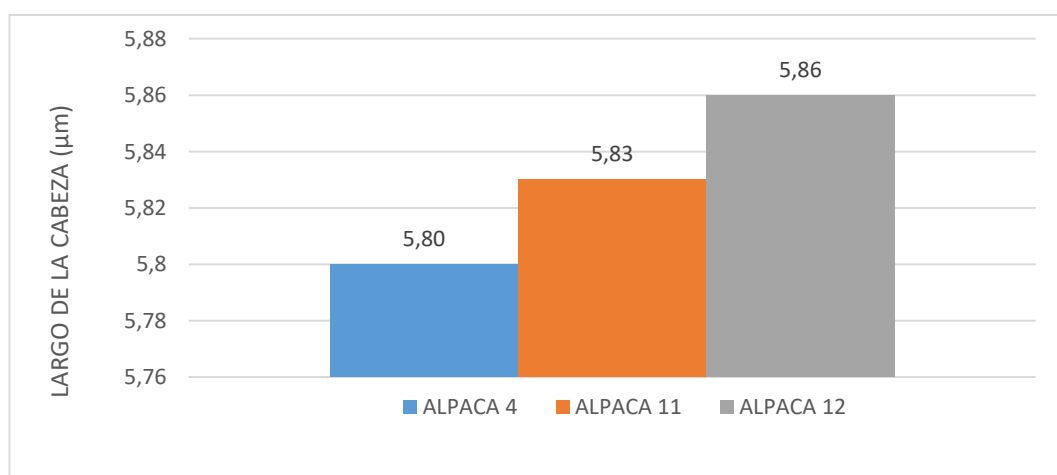


Figura 1. Medidas del largo de la cabeza de espermatozoides, de tres alpacas de la raza Huacaya.

En la tabla 2 y figura 1, se observa el promedio general para largo de cabeza de espermatozoides en alpacas de raza Huacaya es 5,83 (μm), teniendo así el promedio por número de alpaca: N° 12; 5,86 (μm), N° 11; 5,83 (μm), N° 4; 5,80 (μm), donde existe diferencias altamente significativas ($P < 0,01$).

4.2.2. Ancho de la cabeza de espermatozoides de alpacas (*Vicugna pacos*) de la raza Huacaya bajo condiciones de costa.

Tabla 3. Medidas del ancho de la cabeza de espermatozoides de 3 alpacas machos (n°12, n° 11 y n° 4).

N° DE ANIMAL	N° MUESTRAS	PROMEDIO ANIMAL (μm)	ANCHO DE LA CABEZA				
			PROMEDIO GENERAL (μm)				
			\bar{x}	\pm	D.S.	C.V.	P. valor
ALPACA 12	1 200	3,33 ^B					
ALPACA 11	1 200	3,38 ^A	3,36	\pm	0,34	5,09	0,00
ALPACA 4	1 200	3,37 ^A					

\bar{x} : media; D.S.: Desviación Estándar; C.V.: Coeficiente de variación (%); AB: Medias con la misma letra entre columnas no son significativamente diferente.

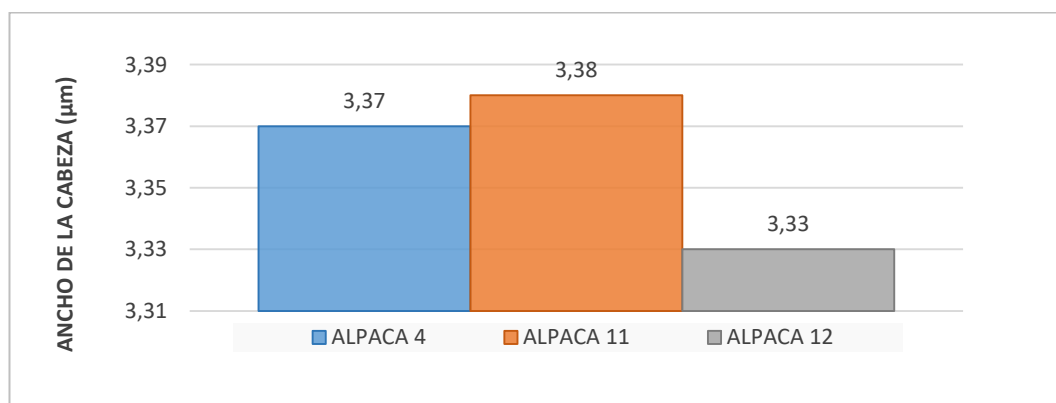


Figura 2. Medidas del ancho de la cabeza de espermatozoides de 3 alpacas de la raza Huacaya.

En la tabla 3 y figura 2, el promedio general para el ancho de cabeza de espermatozoides en alpacas de raza Huacaya es 3,36 (μm), teniendo así el promedio por número de alpaca: N° 12; 3,33 (μm), N° 11; 3,38 (μm), N° 4; 3,37 (μm), donde existe diferencias altamente significativas ($P < 0,01$).

4.2.3. Área de la cabeza de espermatozoides de alpacas (Vicugna pacos) de la raza Huacaya bajo condiciones de costa.

Tabla 4. Medidas del área de la cabeza de espermatozoides de 3 alpacas machos (n°12, n° 11 y n° 4).

ÁREA DE LA CABEZA							
N° DE ANIMAL	N° MUESTRAS	PROMEDIO ANIMAL (μm^2)	PROMEDIO GENERAL (μm^2)				
			\bar{x}	\pm	D.S.	C.V.	P. valor
ALPACA 12	1 200	15,31 ^B	15,38	\pm	0,65	4,21	0,00
ALPACA 11	1 200	15,47 ^A					
ALPACA 4	1 200	15,36 ^B					

\bar{x} : media; D.S.: Desviación Estándar; C.V.: Coeficiente de variación (%); AB: Medias con la misma letra entre columnas no son significativamente diferente.

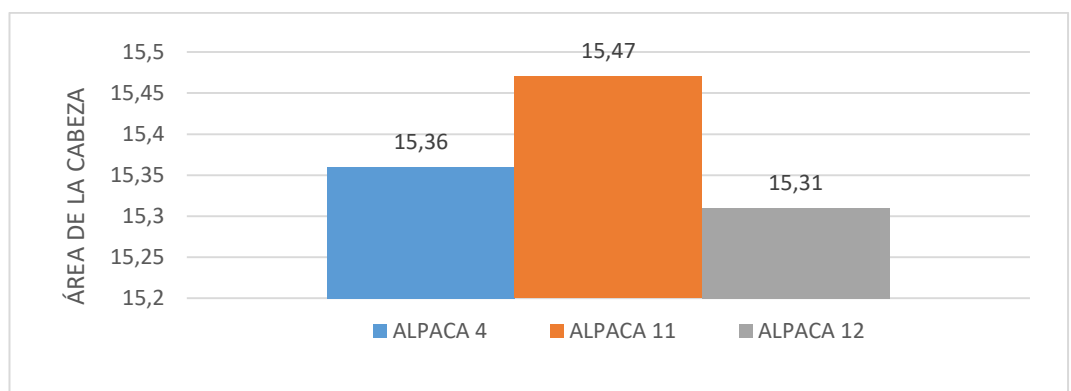


Figura 3. Medidas del área de la cabeza de espermatozoides de 3 alpacas de la raza Huacaya.

En la tabla 4 y figura 3, se observa que el promedio general para el área de cabeza de espermatozoides en alpacas de raza Huacaya es 15,38 (μm^2), teniendo así el promedio por número de alpaca: N° 12; 15,31(μm^2), N° 11; 15,47(μm^2), N° 4; 15,36 (μm^2), donde existe diferencias altamente significativas (P<0,01).

4.2.4. Perímetro de la cabeza de espermatozoides de alpacas (Vicugna pacos) de la raza Huacaya bajo condiciones de costa.

Tabla 5. Medidas del perímetro de la cabeza de espermatozoides de 3 alpacas machos (n°12, n° 11 y n° 4).

PERÍMETRO DE LA CABEZA							
N° DE ANIMAL	N° MUESTRAS	PROMEDIO ANIMAL (μm)	PROMEDIO GENERAL (μm)				
			\bar{x}	\pm	D.S.	C.V.	P. valor
ALPACA 12	1 200	15,50 ^A					
ALPACA 11	1 200	15,45 ^A	15,48	\pm	0,04	11,54	0,78
ALPACA 4	1 200	15,45 ^A					

\bar{x} : media; D.S.: Desviación Estándar; C.V.: Coeficiente de variación (%); AB: Medias con la misma letra entre columnas no son significativamente diferente.

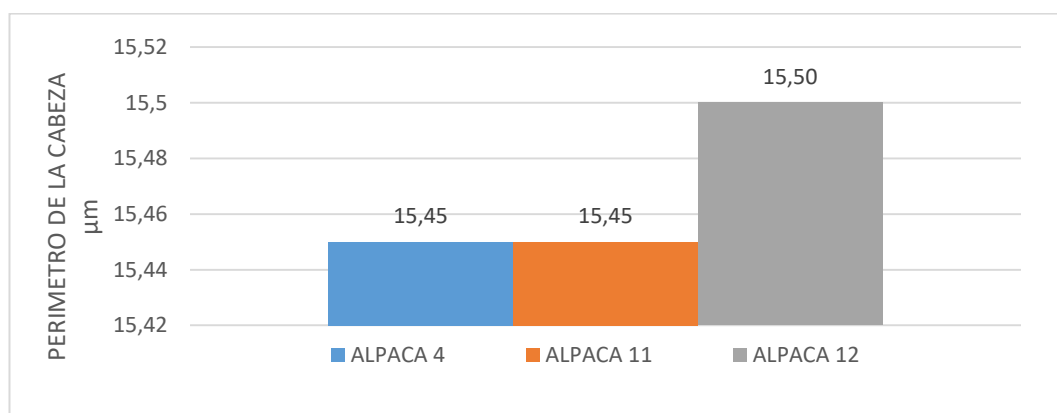


Figura 4. Medidas del perímetro de la cabeza de espermatozoides de 3 alpacas de la raza Huacaya.

La tabla 5 y figura 4, indica que el promedio general para el perímetro de la cabeza de espermatozoides en alpacas de raza Huacaya es 15,48 (μm), teniendo así el promedio por número de alpaca: N° 12; 15,50 (μm), N° 11; 15,45 (μm), N° 4; 15,45 (μm), donde no existe diferencias significativas ($P > 0,05$).

4.2.5. Elongación de la cabeza de espermatozoides de alpacas (*Vicugna pacos*) de la raza Huacaya bajo condiciones de costa.

Tabla 6. Medidas de la elongación de la cabeza de espermatozoides de 3 alpacas machos (n°12, n° 11 y n° 4).

ELONGACIÓN DEL ESPERMATOZOIDE							
N° DE ANIMAL	N° MUESTRAS	PROMEDIO ANIMAL (μm)	PROMEDIO GENERAL (μm)				
			\bar{x}	\pm	D.S.	C.V.	P. valor
ALPACA 12	1 200	0,27 ^A	0,27	\pm	0,04	16,56	0,00
ALPACA 11	1 200	0,26 ^B					
ALPACA 4	1 200	0,26 ^B					

\bar{x} : media; D.S.: Desviación Estándar; C.V.: Coeficiente de variación (%); AB: Medias con la misma letra entre columnas no son significativamente diferente.

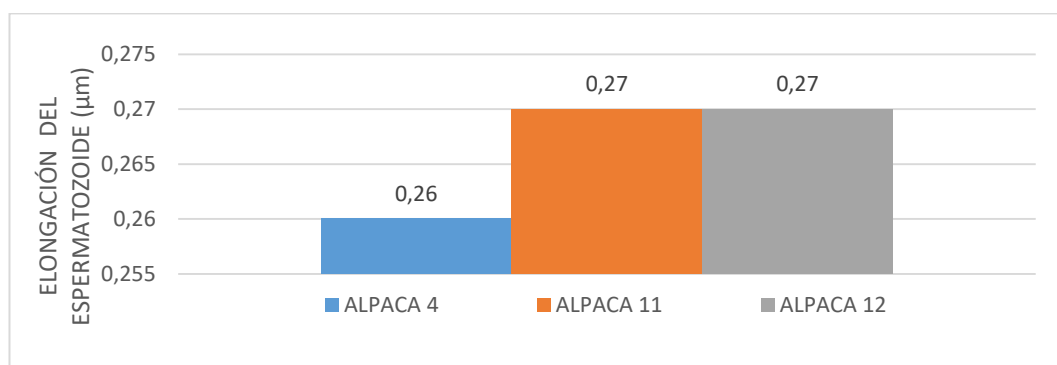


Figura 5. Medidas de la elongación de la cabeza de espermatozoides de 3 alpacas de la raza Huacaya.

En la tabla 6 y figura 5, se observa que el promedio general para la elongación de la cabeza de espermatozoides en alpacas de raza Huacaya es 0,27 (μm), teniendo así el promedio por número de alpaca: N° 12; 0,27 (μm), N° 11; 0,26 (μm), N° 4; 0,26 (μm), donde existe diferencias altamente significativas ($P < 0,01$).

4.2.6. Elipticidad de la cabeza de espermatozoides de alpacas (*Vicugna pacos*) de la raza Huacaya bajo condiciones de costa.

Tabla 7. Medidas de la elipticidad de la cabeza de espermatozoides de 3 alpacas machos (n°12, n° 11 y n° 4).

ELIPTICIDAD DEL ESPERMATOZOIDE						
N° DE ANIMAL	N° MUESTRAS	PROMEDIO ANIMAL (μm)	PROMEDIO GENERAL (μm)			
			\bar{x}	\pm	D.S.	C.V.
ALPACA 12	1200	1,77 ^A				
ALPACA 11	1200	1,73 ^B	1,74	\pm 0,16	8,87	0,00
ALPACA 4	1200	1,72 ^B				

\bar{x} : media; D.S.: Desviación Estándar; C.V.: Coeficiente de variación (%); AB: Medias con la misma letra entre columnas no son significativamente diferente.

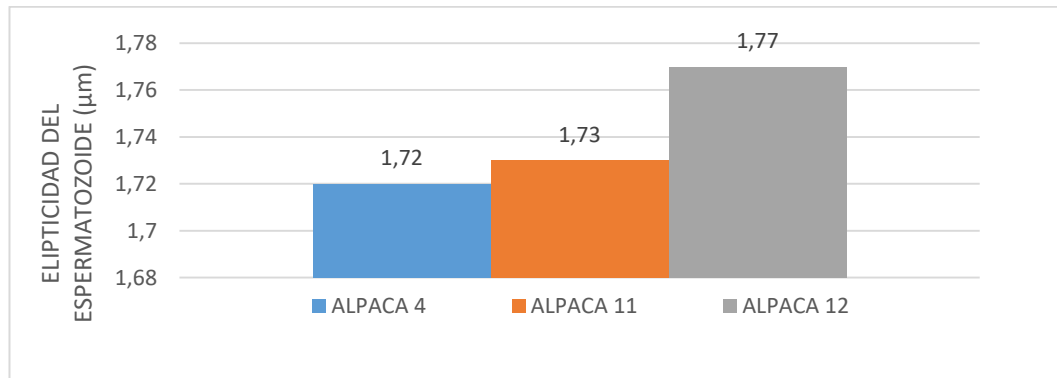


Figura 6. Medidas de la elipticidad de la cabeza de espermatozoides de 3 alpacas de la raza Huacaya.

En la tabla 7 y figura 6, el promedio general para la elipticidad de la cabeza de espermatozoides en alpacas de raza Huacaya es 1,74 (μm), teniendo así el promedio por número de alpaca: N° 12; 1,77 (μm), N° 11; 1,73 (μm), N° 4; 1,72 (μm), donde existe diferencias altamente significativas ($P < 0,01$).

4.3. Variabilidad morfométrica de la pieza intermedia de espermatozoides de alpacas (*Vicugna pacos*) de la raza Huacaya bajo condiciones de costa.

4.3.1. Longitud de inserción de la pieza intermedia de espermatozoides de alpacas (*Vicugna pacos*) de la raza Huacaya bajo condiciones de costa.

Tabla 8. Medidas de la longitud de inserción de la pieza intermedia de espermatozoides de 3 alpacas machos (n°12, n° 11 y n° 4).

N° DE ANIMAL	N° MUESTRAS	PROMEDIO ANIMAL (μm)	PROMEDIO GENERAL (μm)				
			\bar{x}	\pm	D.S.	C.V.	P. valor
ALPACA 12	1 200	0,23 ^A					
ALPACA 11	1 200	0,24 ^A	0,24	\pm	0,16	8,87	0,00
ALPACA 4	1 200	0,24 ^A					

\bar{x} : media; D.S.: Desviación Estándar; C.V.: Coeficiente de variación (%); AB: Medias con la misma letra entre columnas no son significativamente diferente.

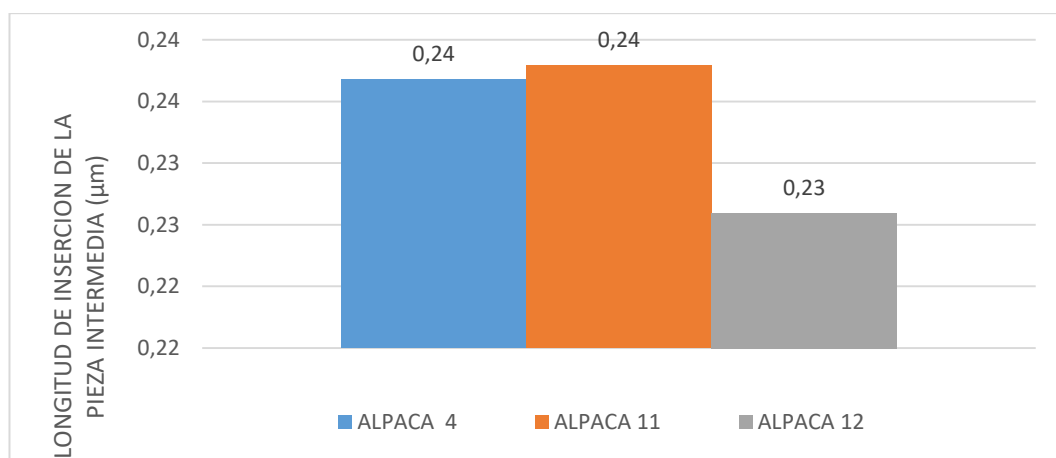


Figura 7. Medidas de la longitud de inserción de la pieza intermedia del espermatozoide de 3 alpacas de la raza Huacaya.

En la tabla 8 y figura 7, se observa que el promedio general para la longitud de inserción de la pieza intermedia del espermatozoide en alpacas de raza Huacaya es 0,24 (μm), teniendo así el promedio por número de alpaca: N° 12; 0,23 (μm), N° 11; 0,24 (μm), N° 4; 0,24 (μm), donde existe diferencias altamente significativas ($P < 0,01$).

4.4. Variabilidad morfométrica de la cola de espermatozoides de alpacas (*Vicugna pacos*) de la raza Huacaya bajo condiciones de costa.

4.4.1. Largo de la cola de espermatozoides de alpacas (*Vicugna pacos*) de la raza Huacaya bajo condiciones de costa.

Tabla 9. Medidas del largo de la cola de espermatozoides de 3 alpacas machos (n°12, n° 11 y n° 4).

N° DE NIMAL	N° MUESTRAS	PROMEDIO ANIMAL (μm)	LARGO DE LA COLA				
			PROMEDIO GENERAL (μm)				
			\bar{x}	\pm	D.S.	C.V.	P. valor
ALPACA 12	1 200	60,75 ^A					
ALPACA 11	1 200	58,31 ^A	60,72	\pm 3,29	214,98		0,67
ALPACA 4	1 200	63,09 ^A					

\bar{x} : media; D.S.: Desviación Estándar; C.V.: Coeficiente de variación (%); AB: Medias con la misma letra entre columnas no son significativamente diferente.

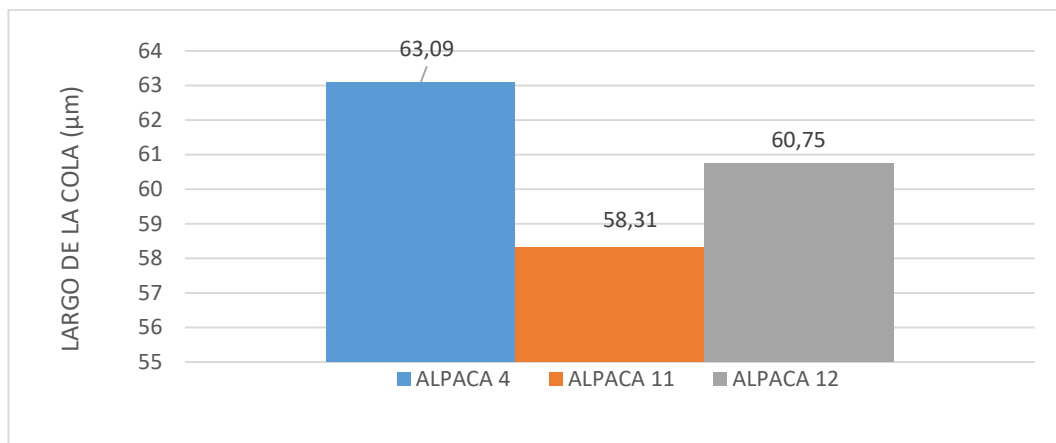


Figura 8. Medidas del largo de la cola de espermatozoides de 3 alpacas de la raza Huacaya.

En la tabla 9 y figura 8, se observa que el promedio general para la cola de los espermatozoides en alpacas de raza Huacaya es 60,72 (μm), teniendo así el promedio por número de alpaca: N° 12; 60,75 (μm), N° 11; 58,31 (μm), N° 4; 63,09 (μm), donde no existe diferencias significativas ($P>0,05$).

CAPITULO V

DISCUSIÓN

5.1. Determinación de las Medidas Morfométricas

5.1.1. Largo de la cabeza de los espermatozoides

Los resultados encontrados en el presente trabajo de investigación, referente al largo de la cabeza de los espermatozoides es de $5,83 \pm 0,21 \mu m$ en alpacas machos, Los siguientes autores reportaron resultados superiores en comparación al presente trabajo: (Buendía et al., 2002), cuyo resultado fue $6,10 \pm 0,63 \mu m$, quien realizó su estudio en España; (Ordóñez et al., 2012), quien realizó su estudio en la región de Cusco donde encontró $5,89 \pm 0,62 \mu m$; sin embargo los siguientes autores reportaron resultados inferiores en comparación al presente trabajo; (Evangelista, 2015), reportó un promedio de $5,44 \pm 0,38 \mu m$, realizando su trabajo en la región de Lima y a la vez (Ccalta et al., 2017) reportó un promedio de $5,71 \pm 0,66 \mu m$, también inferior a lo reportado en el presente trabajo. Los resultados obtenidos por Buendía, y Ordoñez son relativamente superiores (entre $0,47$ a $0,87 \mu m$) en relación al presente trabajo de investigación, esta diferencia probablemente puede ser debido a

factores medioambientales y al método de tinción usada por éstos (Ordóñez et al., 2012).

5.1.2. Ancho de cabeza de los espermatozoides

Los resultados en el presente trabajo de investigación, referente al ancho de la cabeza de los espermatozoides es de $3,36 \pm 0,34 \mu m$. Los siguientes autores reportaron resultados superiores en comparación al presente trabajo: (Buendía et al., 2002), cuyo resultado fue $3,62 \pm 0,34 \mu m$, quien realizó su estudio en España; (Ordóñez et al., 2012), quien realizó su estudio en la región de Cusco donde encontró $3,50 \pm 0,33 \mu m$; sin embargo los siguientes autores reportaron resultados inferiores en comparación al presente trabajo: (Evangelista 2015), reportó un promedio inferior de $3,04 \pm 0,24 \mu m$, realizando su trabajo en la región de Lima y a la vez (Ccalta et al., 2017) reportó un promedio de $3,27 \pm 0,36 \mu m$, también inferior a lo reportado en el presente trabajo. Los resultados obtenidos por Buendía, y Ordoñez son relativamente superiores (entre $0,26$ a $0,13 \mu m$) en relación al presente trabajo de investigación, esta diferencia probablemente puede ser debido al sistema CASA (sistema de análisis computarizado), que mediante la citometría de flujo, permite estudiar las características morfológicas de los espermatozoides, aunque por ser un sistema automático necesita de

una exacta calibración, además de ser altamente costosa (Verstegen et al., 2002).

5.1.3. Área de la cabeza de los espermatozoides

Los resultados en el presente trabajo de investigación, referente al área de la cabeza de los espermatozoides son de $15,38 \pm 0,65 \mu m^2$. El siguiente autor reportó medidas superiores en comparación al presente trabajo: (Buendía et al., 2002), cuyo resultado fue de $15,95 \pm 2,25 \mu m^2$; quien realizó su estudio en España. Los siguiente autores reportaron medidas inferiores en comparación a lo reportado en el presente trabajo: (Ordóñez et al., 2012), quien realizó su estudio en la región de Cusco donde encontró $15,02 \pm 1,80 \mu m^2$; (Evangelista, 2015), reportó un promedio inferior de $12,66 \pm 1,86 \mu m^2$, realizando su trabajo en la región de Lima y a la vez (Ccalta et al., 2017) reportó un promedio de $15,27 \pm 2,27 \mu m^2$, también inferior a lo reportado en el presente trabajo. Los resultados obtenidos por Buendía, son relativamente superiores (en $2,17 \mu m$) en relación al presente trabajo de investigación, esta diferencia probablemente puede ser debido al método de tinción usada por estos y al equipo que emplearon para la medición (Ordóñez et al., 2012).

5.1.4. Perímetro de la cabeza de los espermatozoides

Los resultados en el presente trabajo de investigación referente al perímetro de la cabeza de los espermatozoides son de $15,48 \pm 0,04 \mu m$. Los siguientes autores reportaron medidas inferiores en comparación a lo reportado en el presente trabajo: (Buendía et al., 2002), cuyo resultado fue de $15,11 \pm 1,22 \mu m$, realizó su estudio en España; (Evangelista, 2015), reportó un promedio de $13,64 \pm 0,98 \mu m$, realizando su trabajo en la región de Cusco. Los siguientes autores reportaron cantidades superiores en comparación al presente trabajo: (Ordóñez et al., 2012), realizó su estudio en la región de Cusco donde encontró $17,52 \pm 1,44 \mu m$; y a la vez (Ccalta et al., 2017) reportó un promedio de $17,79 \pm 2,70 \mu m$, también superior a lo reportado en el presente trabajo. Los resultados obtenidos por Ordoñez y Ccalta; son relativamente superiores (entre $3,44$ a $2,54 \mu m$) en relación al presente trabajo de investigación, estas diferencias probablemente podrían deberse al factor animal para evaluar dichas variables, en especial las microscópicas. También puede ser debido al método de tinción usada por éstos al equipo empleado para la medición morfométrica, a la alimentación y factores medioambientales. (García et al., 2017).

5.1.5. Elongación del espermatozoide

Los resultados en el presente trabajo de investigación, referente al perímetro de la cabeza de los espermatozoides es de $0,27 \pm 0,04 \mu m$. El siguiente autor reportó una medida inferior en comparación al presente trabajo: (Ordóñez et al., 2012), realizó su estudio en la región de Cusco donde encontró $0,25 \pm 0,06 \mu m$. El siguiente autor reportó una medida superior en comparación al presente trabajo: (Evangelista, 2015), reportó un promedio de $0,28 \pm 0,03 \mu m$, realizando su trabajo en la región de Lima. El siguiente autor reportó una medida similar en comparación al presente trabajo: (Ccalta et al., 2017) reportó un promedio de $0,27 \pm 0,06 \mu m$. Los resultados obtenidos por Evangelista son superiores en comparación al presente trabajo de investigación esto puede deberse al equipo utilizado para la medición (Ordoñez et al., 2012).

5.1.6. Elipticidad del espermatozoide

Los resultados en el presente trabajo de investigación referente al perímetro de la cabeza de los espermatozoides son de $1,74 \pm 0,16 \mu m$, estos resultados son superiores a lo indicado por los siguientes autores que reportaron medidas inferiores en comparación al presente trabajo: (Buendía et al., 2002), cuyo resultado fue de $0,25 \pm 0,06 \mu m$, quien realizó

su estudio en España, y (Ordóñez et al., 2012), quien realizó su estudio en la región de Cusco donde encontró $1,70 \pm 0,23 \mu m$. Los siguientes autores reportaron cantidades superiores en comparación al presente trabajo: (Evangelista, 2015), reportó un promedio de $1,79 \pm 0,11 \mu m$, realizando su trabajo en la región de Lima y a la vez (Ccalta et al., 2017) reportó un promedio de $1,76 \pm 0,23 \mu m$, también superior a lo reportado en el presente trabajo. Los resultados obtenidos por Evangelista y Ccalta; son superiores (entre $0,03 \mu m$) en relación al presente trabajo de investigación, esta diferencia probablemente puede ser debido al método de tinción utilizado por éstos, y al tipo de equipo utilizado para la medición (Ordóñez et al., 2012).

5.1.7. Longitud de inserción de la pieza intermedia

Los resultados en el presente trabajo de investigación, referente a la longitud de inserción de la pieza intermedia de los espermatozoides es de $0,24 \pm 0,16 \mu m$. El siguiente autor reportó una medida similar en comparación al presente trabajo: (Ordóñez et al., 2012), realizó su estudio en la región de Cusco donde encontró $0,24 \pm 0,20 \mu m$. El siguiente autor reportó una medida superior en comparación al presente trabajo: (Ccalta et al., 2017) reportó un promedio de $0,25 \pm 0,27 \mu m$. Los resultados obtenidos

por Ccalta; son relativamente superiores (en $0,01 \mu m$) en relación al presente trabajo de investigación, esta diferencia probablemente puede ser debido al método de tinción usada por éstos, al factor macho y al tipo de equipo utilizado para la medición (Ordóñez et al., 2012).

5.1.8. Largo de la cola del espermatozoide

Los resultados en el presente trabajo de investigación referente al largo de la cola de los espermatozoides es de $60,72 \pm 3,29 \mu m$, son superiores a los encontrados por Ccalta et al. (2017) cuyo promedio es de $40,94 \mu m$; esto puede atribuirse al factor animal, a los métodos y equipos para evaluar esta variable en especial las microscópicas (Huanca, 2015).

CONCLUSIONES

- ❖ La caracterización de la variabilidad morfométrica de la cabeza de espermatozoides de alpacas (*Vicugna pacos*) de la raza Huacaya bajo condiciones de costa, (largo, ancho, área, perímetro, elipticidad, elongación) fueron significativas, con excepción del perímetro parámetro en el que no se encontraron diferencias significativas.
- ❖ La caracterización de la variabilidad morfométrica de la pieza intermedia de espermatozoides de alpacas (*Vicugna pacos*) de la raza Huacaya bajo condiciones de costa para la longitud de inserción de la pieza intermedia fue significativa.
- ❖ La caracterización de la variabilidad morfométrica de la cola del espermatozoides de alpacas (*Vicugna pacos*) de la raza Huacaya bajo condiciones de costa, no se encontraron diferencias significativas.

RECOMENDACIONES

- ❖ Realizar más estudios respecto a mediciones de la cola del espermatozoide de alpaca.
- ❖ Realizar estudios similares comparando diferentes métodos de tinción para identificar el método más adecuado para la medición.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Buendía, P., Soler, C., Paolicchi, F., Gago, G., Urquieta, B., Pérez-Sánchez, F., Bustos-Obregón, E. (2002). «Morphometric characterization and classification of alpaca sperm heads using the Sperm-Class Analyzer computer-assisted system». *Theriogenology* 57: 1207-1218.
- Ccalta, R., Ordoñez, C., Ampuero, E., Cucho, H. (2017). Efecto de la criopreservación en la morfometría del espermatozoide de alpaca. *Spermova*. 2017; 7(2):100-105. www.spermova.pe.
- CONAC. (2006). Estado de la situación actual del sector textil de camélidos en el Perú. Ministerio de Agricultura y Riego, pág. 24-36.
- Evangelista, O. (2015). Caracterización morfométrica de los espermatozoides en alpacas macho (*vicugna pacos*) de fertilidad comprobada, (Tesis de grado) <http://cybertesis.unmsm.edu.pe>, pág. 1-75.
- Fernández-Baca, S. (1991). Avances y perspectivas del conocimiento de los camélidos sudamericanos. FAO. ONU. Chile. p 1-3.
- Fernández-Baca, S. (1993). Manipulación de las funciones reproductivas en Camélidos Sudamericanos. 1993. 33: 307-323.

- García, W., Alarcón, V., Bravo, W. (2017). Inseminación artificial de alpacas con semen refrigerado y con inclusión de dos tipos de yema de huevo. *Rev. Inv Vet Perú*. 2017; 28: 337-344.
- Garde, J. (2006). The effects of cryopreservation on the morphometric dimensions of Iberian red deer (*Cervus elaphus hispanicus*) epididymal sperm heads. *Reprod. Dom. Anim.* 41(3):24-6.
- Garner, D. L. y Hafez, ESE. (2002). Espermatozoides y plasma seminal. En: Hafez ESE, Hafez B. *Reproducción e inseminación artificial en animales*. 7ma edición, McGraw-Hill íteramericana, México D.F. 98-112.
- Giuliano, S., Director, A., Gambarotta, M., Trasorras, V., Miragaya, M. (2008). «Collection method, season and individual variation on seminal characteristics in the llama (*Lama glama*)». *Animal Reproduction Science* 104: 359-69.
- Giuliano, S. (2012). «Extracción y evaluación de semen de camélidos sudamericanos». *Spermova* 2 (1): 6-9.
- Hafez, ESE y Hafez, B. (2000). *Reproducción e inseminación artificial en animales*, séptima edición. 2000. 970-10-3719-7.
- Hansen, P. (2009). Effect of heat stress on mammalian reproduction. *Review. Phil. Trans. R. Soc. B.* 364, 3341-3350.

Huanca, N. (2015). Índice de fragmentación de ADN espermático en semen de alpacas (*Vicugna pacos*) utilizando el Integrated Semen Analysis System - ISAS. Tesis Facultad de Agronomía y Zootecnia. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Cusco. Perú. 119pp.

Kruger, T.F., Acosta, A. A., Simmons, K. F., Swanson, R. J., Matta, J. F., Veeck, L. L., Morshedi, M., Brugo, S. (1987). «New method of evaluating sperm morphology with predictive value for human in vitro fertilization». *Urology* 30 (3): 248-51.

Kruger, T.F., Menkveld, R., Stander, F. S., Lombard, C. J., Van der Merwe, J. P., van Zyl, J. A., Smith K. (1986). «Sperm morphologic features as a prognostic factor in in-vitro fertilization». *Fertil Steril* 46 (6): 1118-23.

Madrid-Bury, N. (2003). Evaluación de la aptitud reproductiva del toro. En: C. Gonzalez-Stagnaro (Ed.). *Reproducción Bovina*. Ediciones Astrodata S.A. Fundación GIRARZ, Maracaibo-Venezuela. 263-278.

Madrid-Bury, N. (2004). Relación entre los métodos de valoración seminal in vitro and la fertilidad in vivo del semen descongelado de toros frisonos. Universidad Complutense de Madrid. División de Estudios de Postgrado. Facultad de Veterinaria. 164 p. Tesis Doctoral.

- Maroto, A. (2012). «Evaluación objetiva de la morfometría de los espermatozoides de ovino (*Ovis aries*). Relaciones con la fertilidad. » Tesis Doctoral, Albacete: Universidad De Castilla - La Mancha.
- Mayorga, M. (2014). “Evaluación de la morfometría testicular y la concentración espermática por edad (2-4 y de 4-6 años) en llamas (*Lama glama*) en el barrio Igshagua, parroquia Juan Montalvo, Latacunga Ecuador”. (Tesis de grado)
- Mortimer, S. (2000). CASA – Práctica Aspects. *J Androl* 21: 515-524.
- Ordoñez, C., Ampuero, E., Cucho, H., Chalco, G. (2012); Efecto en la criopreservación en la morfometría del espermatozoide de alpaca. *Spermova* 2012, 2(1) pág. 67-68.
- Pérez-Crespo, M., Pintado, B. and Gutierrez-Adan, A. (2008). Scrotal heat stress effect on sperm viability, sperm DNA integrity and the offspring sex ratio in mice. *Mol. Reprod. Dev.* 75: 40-47.
- Quintero-Moreno, A., Miró, J., Rigau, T., Rodríguez-Gil, J. E. (2003). Identification of sperm subpopulations with specific motility characteristics in stallion ejaculates. *Theriogenology* 59: 1973-1990.
- Raggi, L. (2000). Camélidos en Chile, Situación actual y Perspectivas. Gobierno de Chile, Fundación para la Innovación Agraria, Chile: s.n., 2000.

Troedsson, M. H., Desvouses, A., Alghamdi, A. S., Dahms, B., Dow, C.A., Hayna, J., Valesco, R., et al. (2005). Components in seminal plasma regulating sperm transport and elimination. *Animal Reproduction Sci* 89: 171-186.

Verstegen, J., Iguer-Ouada, M., Onclin, K. (2002). Computer assisted semen alalyzers in andrology research and veterinary practice. *Theriogenology*. 57(1): 149-179.

Ward, P. (1998). Intraspecific variation in sperm size characters. *Heredity* (80):655-659.

ANEXOS

Anexo 1. Diseño del cuadro para la recolección de los parámetros morfométricos de espermatozoides de alpacas (Vicugna pacos) de la raza Huacaya.

NÚMERO DE MUESTRA	NÚMERO DE ANIMAL	LARGO DE CABEZA	ANCHO DE CABEZA	ÁREA	PERÍMETRO	ELIPTICIDAD	ELONGACIÓN	DISTANCIA DE PARTE INTERMEDIA	LARGO DE COLA
1	12								
...									
1200	12								
1201	11								
...									
2400	11								
2401	4								
...									
3600	4								

Anexo 2. Registro de las medidas de la morfometría de espermatozoides de la alpaca de la raza Huacaya N° 12.

N°	Largo Cabeza (μm)	Ancho Cabeza (μm)	Distancia de Pieza Intermedia (μm)	Largo Cola (μm)	Número de Animal	Área	PERIMETRO (μm)	ELIPTICIDAD (μm)	ELONGACIÓN (μm)
1	6,08	2,98	0,2141	54,14	12	14,2302	15,0414	2,0403	0,3422
2	5,78	3,47	0,2315	58,66	12	15,7525	14,9761	1,6657	0,2497
3	5,69	3,38	0,2388	60,87	12	15,1050	14,7019	1,6834	0,2547
4	5,71	3,39	0,2331	67,65	12	15,2029	14,7515	1,6844	0,2549
5	5,61	3,47	0,2234	59,42	12	15,2891	14,6536	1,6167	0,2357
6	5,59	3,45	0,2124	60,98	12	15,1468	14,5925	1,6203	0,2367
7	6,54	3,42	0,2109	64,32	12	17,5669	16,3948	1,9123	0,3133
8	6,33	2,88	0,2133	58,66	12	14,3182	15,4487	2,1979	0,3746
9	6,17	2,98	0,2471	54,09	12	14,4408	15,2212	2,0705	0,3486
10	5,79	3,51	0,2345	59,12	12	15,9616	15,0410	1,6496	0,2452
11	5,67	3,48	0,2478	60,54	12	15,4972	14,7787	1,6293	0,2393
12	6,41	2,97	0,2312	59,65	12	14,9522	15,6937	2,1582	0,3667
13	5,81	3,37	0,2145	60,13	12	15,3779	14,9206	1,7240	0,2658
14	5,65	3,44	0,2132	58,76	12	15,2650	14,6945	1,6424	0,2431
15	5,64	3,55	0,2241	60,32	12	15,7253	14,8042	1,5887	0,2274
16	5,61	3,52	0,2349	60,84	12	15,5095	14,7123	1,5938	0,2289
17	5,87	3,47	0,2167	59,76	12	15,9977	15,1479	1,6916	0,2570
18	5,69	3,38	0,2564	58,65	12	15,1050	14,7019	1,6834	0,2547

Continua Página Siguiente

Viene Página Anterior

19	5,49	3,48	0,2051	60,65	12	15,0052	14,4395	1,5776	0,2241
20	5,76	3,35	0,2382	59,78	12	15,1551	14,8022	1,7194	0,2645
21	5,59	3,54	0,2023	58,76	12	15,5420	14,6984	1,5791	0,2245
22	6,11	2,93	0,2373	60,28	12	14,0605	15,0530	2,0853	0,3518
23	5,56	3,38	0,2298	59,76	12	14,7599	14,4544	1,6450	0,2438
24	5,38	3,47	0,2267	60,56	12	14,6623	14,2216	1,5504	0,2158
25	6,21	2,94	0,2465	58,71	12	14,3394	15,2630	2,1122	0,3574
26	5,72	3,45	0,2436	59,12	12	15,4991	14,8390	1,6580	0,2475
27	5,76	3,46	0,2389	60,56	12	15,6527	14,9266	1,6647	0,2495
28	5,63	3,39	0,2475	60,16	12	14,9899	14,5989	1,6608	0,2483
29	5,67	3,48	0,2239	52,34	12	15,4972	14,7787	1,6293	0,2393
30	5,89	3,42	0,2267	59,87	12	15,8209	15,1300	1,7222	0,2653
31	5,64	3,36	0,2483	60,54	12	14,8836	14,5838	1,6786	0,2533
32	5,76	3,38	0,2485	59,78	12	15,2908	14,8358	1,7041	0,2604
33	5,63	3,44	0,2145	62,13	12	15,2110	14,6565	1,6366	0,2415
34	6,09	2,86	0,2267	60,91	12	13,6796	14,9461	2,1294	0,3609
35	5,72	3,46	0,2198	62,94	12	15,5440	14,8505	1,6532	0,2462
36	6,2	3,42	0,2265	59,65	12	16,6536	15,7294	1,8129	0,2890
37	6,18	2,95	0,2432	60,12	12	14,3186	15,2124	2,0949	0,3538
38	5,66	3,36	0,2289	59,78	12	14,9364	14,6219	1,6845	0,2550
39	5,78	3,33	0,2435	53,65	12	15,1169	14,8184	1,7357	0,2689
40	6,08	2,87	0,2437	60,87	12	13,7049	14,9355	2,1185	0,3587
41	5,66	3,41	0,2466	59,76	12	15,1587	14,6790	1,6598	0,2481
42	6,43	3,45	0,2494	60,67	12	17,4229	16,2100	1,8638	0,3016
43	5,78	3,42	0,2462	56,56	12	15,5255	14,9192	1,6901	0,2565
44	5,69	3,38	0,2476	60,09	12	15,1050	14,7019	1,6834	0,2547
45	5,73	3,4	0,2431	59,87	12	15,3012	14,8010	1,6853	0,2552
46	5,68	3,45	0,2432	58,79	12	15,3907	14,7630	1,6464	0,2442
47	5,79	3,43	0,2476	60,04	12	15,5978	14,9497	1,6880	0,2560
48	6,15	2,97	0,2145	59,78	12	14,3457	15,1716	2,0707	0,3487
49	5,69	3,46	0,2345	60,32	12	15,4625	14,7935	1,6445	0,2437
50	6,19	3,32	0,2376	59,87	12	16,1406	15,6037	1,8645	0,3018
51	5,76	3,41	0,2687	60,32	12	15,4265	14,8697	1,6891	0,2563
52	5,83	3,42	0,2498	59,87	12	15,6598	15,0149	1,7047	0,2605
53	5,78	3,39	0,2433	61,36	12	15,3893	14,8854	1,7050	0,2606
54	5,79	3,48	0,2367	59,67	12	15,8252	15,0066	1,6638	0,2492
55	5,76	3,38	0,2495	58,82	12	15,2908	14,8358	1,7041	0,2604

Continua Página Siguiete

Viene Página Anterior

56	5,82	3,39	0,2477	56,76	12	15,4958	14,9621	1,7168	0,2638
57	5,81	3,48	0,2356	60,87	12	15,8798	15,0447	1,6695	0,2508
58	5,67	3,44	0,2465	59,43	12	15,3191	14,7324	1,6483	0,2448
59	6,09	2,96	0,2315	60,51	12	14,1579	15,0419	2,0574	0,3459
60	5,69	3,42	0,2455	63,73	12	15,2837	14,7475	1,6637	0,2492
61	5,76	3,44	0,2322	58,71	12	15,5622	14,9037	1,6744	0,2522
62	5,69	3,36	0,2367	59,87	12	15,0156	14,6793	1,6935	0,2575
63	5,67	3,48	0,2395	60,53	12	15,4972	14,7787	1,6293	0,2393
64	5,76	3,45	0,2421	56,64	12	15,6075	14,9151	1,6696	0,2508
65	5,68	3,44	0,2367	63,23	12	15,3461	14,7514	1,6512	0,2456
66	5,93	3,38	0,2415	60,32	12	15,7421	15,1627	1,7544	0,2739
67	6,05	2,95	0,2348	57,69	12	14,0174	14,9523	2,0508	0,3444
68	5,69	3,55	0,2432	58,71	12	15,8647	14,8983	1,6028	0,2316
69	5,78	3,47	0,2261	62,93	12	15,7525	14,9761	1,6657	0,2497
70	6,31	2,87	0,2432	59,87	12	14,2234	15,3991	2,1986	0,3747
71	5,68	3,42	0,2144	62,76	12	15,2569	14,7285	1,6608	0,2484
72	5,89	3,32	0,2346	60,67	12	15,3583	15,0197	1,7741	0,2790
73	5,69	3,41	0,2317	54,56	12	15,2390	14,7361	1,6686	0,2505
74	5,78	3,39	0,2598	52,76	12	15,3893	14,8854	1,7050	0,2606
75	5,83	3,42	0,2311	53,56	12	15,6598	15,0149	1,7047	0,2605
76	6,19	2,88	0,2467	54,12	12	14,0015	15,1662	2,1493	0,3649
77	5,86	3,41	0,2133	51,65	12	15,6943	15,0613	1,7185	0,2643
78	5,76	3,39	0,2477	52,27	12	15,3360	14,8471	1,6991	0,2590
79	5,83	3,41	0,2378	59,78	12	15,6140	15,0037	1,7097	0,2619
80	5,84	3,43	0,2341	52,98	12	15,7325	15,0453	1,7026	0,2600
81	6,02	2,92	0,2456	57,05	12	13,8061	14,8632	2,0616	0,3468
82	5,91	3,41	0,2345	51,06	12	15,8282	15,1574	1,7331	0,2682
83	5,76	3,37	0,2312	56,54	12	15,2456	14,8246	1,7092	0,2618
84	5,66	3,49	0,2276	54,32	12	15,5143	14,7714	1,6218	0,2372
85	5,72	3,46	0,2397	53,31	12	15,5440	14,8505	1,6532	0,2462
86	5,69	3,34	0,2376	53,76	12	14,9262	14,6568	1,7036	0,2602
87	5,67	3,47	0,2455	59,65	12	15,4527	14,7671	1,6340	0,2407
88	5,89	3,44	0,2278	56,27	12	15,9135	15,1524	1,7122	0,2626
89	5,31	3,56	0,2158	60,32	12	14,8469	14,2015	1,4916	0,1973
90	5,88	3,41	0,2376	52,58	12	15,7479	15,0997	1,7243	0,2659
91	6,36	3,37	0,2487	53,13	12	16,8336	15,9892	1,8872	0,3073
92	5,63	3,48	0,2476	56,43	12	15,3879	14,7031	1,6178	0,2360

Continua Página Siguiente

Viene Página Anterior

93	5,98	3,38	0,2391	59,56	12	15,8748	15,2593	1,7692	0,2778
94	6,2	3,41	0,2567	57,54	12	16,6049	15,7187	1,8182	0,2903
95	5,87	3,44	0,2476	55,32	12	15,8594	15,1140	1,7064	0,2610
96	5,76	3,42	0,2371	51,56	12	15,4718	14,8810	1,6842	0,2549
97	5,88	3,21	0,2458	56,39	12	14,8243	14,8818	1,8318	0,2937
98	5,54	3,24	0,2365	53,56	12	14,0976	14,2569	1,7099	0,2620
99	6,09	3,44	0,2466	59,67	12	16,4538	15,5377	1,7703	0,2781
100	6,32	2,87	0,2311	54,71	12	14,2459	15,4193	2,2021	0,3754
...
1200	5,66	3,42	0,2456	53,12	12	15,2031	14,6904	1,6550	0,2467

Anexo 3. Registro de las medidas de la morfometría de espermatozoides de la alpaca de la raza Huacaya N° 11.

N°	Largo Cabeza (μm)	Ancho Cabeza (μm)	Longitud de Pieza Intermedia (μm)	Largo Cola (μm)	Número de Animal	Área	PERIMETRO (μm)	ELIPTICIDAD (μm)	ELONGACIÓN (μm)
1201	5,76	3,41	0,2345	52,32	11	15,4265	14,8697	1,6891	0,2563
1202	5,38	3,39	0,2312	53,97	11	14,3243	14,1261	1,5870	0,2269
1203	5,98	3,45	0,2276	58,67	11	16,2036	15,3365	1,7333	0,2683
1204	5,77	3,46	0,2397	55,65	11	15,6799	14,9456	1,6676	0,2503
1205	5,61	3,38	0,2376	54,59	11	14,8926	14,5494	1,6598	0,2481
1206	5,63	3,39	0,2455	56,56	11	14,9899	14,5989	1,6608	0,2483
1207	5,79	3,37	0,2278	52,64	11	15,3250	14,8822	1,7181	0,2642
1208	5,68	3,44	0,2158	60,87	11	15,3461	14,7514	1,6512	0,2456
1209	6,72	2,87	0,2376	57,65	11	15,1475	16,2325	2,3415	0,4015
1210	6,2	2,98	0,2487	54,23	11	14,5111	15,2813	2,0805	0,3508
1211	6,18	3,09	0,2476	56,56	11	14,9982	15,3489	2,0000	0,3333
1212	5,58	3,67	0,2391	58,09	11	16,0839	14,8364	1,5204	0,2065
1213	5,73	3,33	0,2567	53,65	11	14,9861	14,7223	1,7207	0,2649
1214	6,81	2,89	0,2476	60,54	11	15,4574	16,4339	2,3564	0,4041
1215	5,56	3,71	0,2371	56,57	11	16,2009	14,8484	1,4987	0,1996
1216	5,49	3,21	0,2458	53,71	11	13,8410	14,1274	1,7103	0,2621
1217	5,67	3,45	0,2365	56,56	11	15,3636	14,7440	1,6435	0,2434
1218	5,64	3,28	0,2466	59,54	11	14,5293	14,4936	1,7195	0,2646

Continua Página Siguiete

Viene Página Anterior

1219	5,66	3,4	0,2311	53,75	11	15,1142	14,6675	1,6647	0,2494
1220	6,49	2,92	0,2358	54,41	11	14,8840	15,8092	2,2226	0,3794
1221	6,3	2,96	0,2476	58,97	11	14,6461	15,4628	2,1284	0,3607
1222	5,47	3,55	0,2313	60,65	11	15,2513	14,4860	1,5408	0,2129
1223	5,75	3,21	0,2465	53,64	11	14,4965	14,6289	1,7913	0,2835
1224	5,89	3,32	0,2398	52,23	11	15,3583	15,0197	1,7741	0,2790
1225	6,76	2,98	0,2465	54,65	11	15,8217	16,4113	2,2685	0,3881
1226	5,59	3,21	0,2576	57,11	11	14,0931	14,3196	1,7414	0,2705
1227	6,41	2,98	0,2371	54,67	11	15,0026	15,7030	2,1510	0,3653
1228	6,89	3,1	0,2576	58,65	11	16,7754	16,7836	2,2226	0,3794
1229	5,43	3,38	0,2498	56,82	11	14,4148	14,2084	1,6065	0,2327
1230	6,25	2,87	0,2359	52,82	11	14,0881	15,2779	2,1777	0,3706
1231	5,56	3,48	0,2465	53,69	11	15,1965	14,5710	1,5977	0,2301
1232	5,76	3,45	0,2376	55,61	11	15,6075	14,9151	1,6696	0,2508
1233	6,09	3,5	0,2316	60,56	11	16,7408	15,6036	1,7400	0,2701
1234	6,56	2,95	0,2487	53,73	11	15,1991	15,9783	2,2237	0,3796
1235	5,35	3,58	0,2465	57,66	11	15,0428	14,3001	1,4944	0,1982
1236	5,68	3,45	0,2397	59,87	11	15,3907	14,7630	1,6464	0,2442
1237	6,18	2,93	0,2341	60,67	11	14,2216	15,1933	2,1092	0,3568
1238	5,64	3,21	0,2567	56,62	11	14,2192	14,4161	1,7570	0,2746
1239	5,67	3,44	0,2315	53,23	11	15,3191	14,7324	1,6483	0,2448
1240	5,71	3,44	0,2567	60,65	11	15,4271	14,8085	1,6599	0,2481
1241	5,59	3,34	0,2134	57,69	11	14,6639	14,4656	1,6737	0,2520
1242	5,76	3,55	0,2456	59,08	11	16,0599	15,0305	1,6225	0,2374
1243	5,66	3,38	0,2311	60,96	11	15,0253	14,6447	1,6746	0,2522
1244	6,31	2,89	0,2476	58,71	11	14,3225	15,4175	2,1834	0,3717
1245	6,49	2,99	0,2267	59,78	11	15,2408	15,8736	2,1706	0,3692
1246	6,3	3,32	0,2498	60,65	11	16,4274	15,8195	1,8976	0,3098
1247	5,69	3,45	0,2457	58,76	11	15,4178	14,7820	1,6493	0,2451
1248	5,78	3,39	0,2476	57,68	11	15,3893	14,8854	1,7050	0,2606
1249	5,79	3,44	0,2456	59,82	11	15,6433	14,9610	1,6831	0,2546
1250	5,76	3,45	0,2367	56,32	11	15,6075	14,9151	1,6696	0,2508
1251	5,64	3,42	0,2145	60,65	11	15,1494	14,6524	1,6491	0,2450
1252	6,3	2,99	0,2433	53,44	11	14,7946	15,4913	2,1070	0,3563
1253	5,58	3,33	0,2476	56,62	11	14,5938	14,4351	1,6757	0,2525
1254	5,84	3,46	0,2345	57,98	11	15,8701	15,0792	1,6879	0,2559
1255	6,02	2,93	0,2354	62,05	11	13,8534	14,8729	2,0546	0,3453

Continua Página Siguiente

Viene Página Anterior

1256	6,31	2,95	0,2367	61,06	11	14,6198	15,4735	2,1390	0,3629
1257	5,68	3,38	0,2312	53,76	11	15,0784	14,6828	1,6805	0,2539
1258	5,66	3,49	0,2213	56,78	11	15,5143	14,7714	1,6218	0,2372
1259	5,59	3,58	0,2145	59,76	11	15,7176	14,7462	1,5615	0,2192
1260	6,23	2,88	0,2476	57,76	11	14,0920	15,2468	2,1632	0,3677
1261	5,72	3,47	0,2476	60,53	11	15,5889	14,8620	1,6484	0,2448
1262	5,65	3,46	0,2314	62,27	11	15,3538	14,7176	1,6329	0,2404
1263	5,56	3,56	0,2567	58,65	11	15,5459	14,6661	1,5618	0,2193
1264	5,88	3,45	0,2478	53,58	11	15,9326	15,1444	1,7043	0,2605
1265	5,76	3,37	0,2316	56,56	11	15,2456	14,8246	1,7092	0,2618
1266	5,63	3,34	0,2489	57,98	11	14,7688	14,5420	1,6856	0,2553
1267	5,77	3,41	0,2356	53,56	11	15,4533	14,8888	1,6921	0,2571
1268	5,75	3,43	0,2145	60,77	11	15,4901	14,8733	1,6764	0,2527
1269	5,87	3,44	0,2376	60,78	11	15,8594	15,1140	1,7064	0,2610
1270	5,76	3,38	0,2463	51,56	11	15,2908	14,8358	1,7041	0,2604
1271	5,88	3,45	0,2567	57,9	11	15,9326	15,1444	1,7043	0,2605
1272	5,74	3,41	0,2365	60,56	11	15,3729	14,8315	1,6833	0,2546
1273	5,71	3,48	0,2487	59,67	11	15,6065	14,8545	1,6408	0,2427
1274	5,67	3,47	0,2381	60,33	11	15,4527	14,7671	1,6340	0,2407
1275	5,63	3,65	0,2455	57,09	11	16,1396	14,9051	1,5425	0,2134
1276	6,31	2,95	0,2431	59,04	11	14,6198	15,4735	2,1390	0,3629
1277	5,98	3,56	0,2466	60,65	11	16,7202	15,4600	1,6798	0,2537
1278	5,72	3,47	0,2378	58,97	11	15,5889	14,8620	1,6484	0,2448
1279	5,68	3,56	0,2567	56,32	11	15,8814	14,8913	1,5955	0,2294
1280	5,87	3,43	0,2521	59,87	11	15,8133	15,1028	1,7114	0,2624
1281	5,78	3,46	0,2376	52,27	11	15,7071	14,9647	1,6705	0,2511
1282	6,3	2,97	0,2585	54,89	11	14,6956	15,4723	2,1212	0,3592
1283	5,73	3,26	0,2448	58,17	11	14,6711	14,6448	1,7577	0,2747
1284	6,08	2,96	0,2476	59,18	11	14,1347	15,0219	2,0541	0,3451
1285	5,73	3,28	0,2471	60,08	11	14,7611	14,6668	1,7470	0,2719
1286	5,96	3,6	0,2313	57,82	11	16,8515	15,4676	1,6556	0,2469
1287	5,51	3,39	0,2466	52,34	11	14,6704	14,3712	1,6254	0,2382
1288	5,79	3,44	0,2355	53,21	11	15,6433	14,9610	1,6831	0,2546
1289	5,76	3,27	0,2465	55,27	11	14,7932	14,7137	1,7615	0,2757
1290	5,67	3,38	0,2317	54,59	11	15,0519	14,6638	1,6775	0,2530
1291	5,84	3,46	0,2386	60,83	11	15,8701	15,0792	1,6879	0,2559
1292	5,68	3,41	0,2349	57,66	11	15,2123	14,7170	1,6657	0,2497

Continua Página Siguiente

Viene Página Anterior

1293	5,74	3,37	0,2448	60,29	11	15,1926	14,7863	1,7033	0,2602
1294	5,75	3,42	0,2316	58,29	11	15,4449	14,8619	1,6813	0,2541
1295	6,3	3,41	0,2419	57,23	11	16,8727	15,9137	1,8475	0,2976
1296	5,79	3,38	0,2354	60,91	11	15,3704	14,8934	1,7130	0,2628
1297	5,73	3,45	0,2467	59,05	11	15,5262	14,8580	1,6609	0,2484
1298	5,69	3,39	0,2387	55,72	11	15,1497	14,7133	1,6785	0,2533
1299	5,71	3,38	0,2267	58,32	11	15,1581	14,7401	1,6893	0,2563
1300	5,79	3,42	0,2254	60,17	11	15,5523	14,9383	1,6930	0,2573
...
2400	5,68	3,45	0,2354	63,11	11	15,3907	14,7630	1,6464	0,2442

Anexo 4. Registro de las medidas de la morfometría de espermatozoides de la alpaca de la raza Huacaya N° 4.

N°	Largo Cabeza (µm)	Ancho Cabeza (µm)	Longitud de Pieza Intermedia (µm)	Largo Cola (µm)	Número de Animal	Área	PERIMETRO (µm)	ELIPTICIDAD (µm)	ELONGACIÓN (µm)
2401	5,65	3,46	0,2371	60,43	4	15,3538	14,7176	1,6329	0,2404
2402	5,67	3,54	0,2368	63,65	4	15,7644	14,8489	1,6017	0,2313
2403	5,78	3,42	0,2451	57,54	4	15,5255	14,9192	1,6901	0,2565
2404	5,79	3,46	0,2379	59,82	4	15,7342	14,9837	1,6734	0,2519
2405	5,76	3,39	0,2365	58,54	4	15,3360	14,8471	1,6991	0,2590
2406	6,13	2,85	0,2238	59,33	4	13,7213	15,0172	2,1509	0,3653
2407	6,09	2,82	0,2375	63,76	4	13,4883	14,9086	2,1596	0,3670
2408	5,67	3,43	0,2459	60,53	4	15,2745	14,7209	1,6531	0,2462
2409	5,62	3,42	0,2392	59,65	4	15,0957	14,6145	1,6433	0,2434
2410	6,23	2,99	0,2341	61,12	4	14,6302	15,3509	2,0836	0,3514
2411	6,09	2,88	0,2567	60,54	4	13,7753	14,9651	2,1146	0,3579
2412	6,07	2,89	0,2136	64,51	4	13,7777	14,9345	2,1003	0,3549
2413	6,06	2,99	0,2309	63,23	4	14,2310	15,0114	2,0268	0,3392
2414	5,76	3,42	0,2216	62,31	4	15,4718	14,8810	1,6842	0,2549
2415	6,05	2,99	0,2467	57,69	4	14,2075	14,9915	2,0234	0,3385
2416	5,66	3,45	0,2347	63,21	4	15,3365	14,7250	1,6406	0,2426
2417	5,73	3,44	0,2317	62,93	4	15,4812	14,8466	1,6657	0,2497
2418	5,69	3,39	0,2143	63,01	4	15,1497	14,7133	1,6785	0,2533

Continua Página Siguiete

Viene Página Anterior

2419	5,78	3,47	0,2134	59,77	4	15,7525	14,9761	1,6657	0,2497
2420	6,05	2,93	0,2469	60,78	4	13,9224	14,9329	2,0648	0,3474
2421	5,69	3,46	0,2391	58,54	4	15,4625	14,7935	1,6445	0,2437
2422	5,78	3,39	0,2457	59,54	4	15,3893	14,8854	1,7050	0,2606
2423	5,59	3,37	0,2451	64,55	4	14,7956	14,4999	1,6588	0,2478
2424	5,63	3,39	0,2354	59,76	4	14,9899	14,5989	1,6608	0,2483
2425	5,76	3,42	0,2451	64,1	4	15,4718	14,8810	1,6842	0,2549
2426	5,48	3,57	0,2376	62,27	4	15,3653	14,5289	1,5350	0,2110
2427	6,03	3,39	0,2465	59,31	4	16,0549	15,3670	1,7788	0,2803
2428	5,76	3,37	0,2387	58,98	4	15,2456	14,8246	1,7092	0,2618
2429	6,02	2,87	0,2456	62,05	4	13,5697	14,8151	2,0976	0,3543
2430	6,31	2,88	0,2364	61,06	4	14,2729	15,4083	2,1910	0,3732
2431	5,69	3,48	0,2407	58,76	4	15,5519	14,8166	1,6351	0,2410
2432	5,59	3,44	0,2365	59,54	4	15,1029	14,5808	1,6250	0,2381
2433	5,67	3,42	0,2456	64,31	4	15,2300	14,7094	1,6579	0,2475
2434	5,63	3,41	0,2407	58,76	4	15,0783	14,6219	1,6510	0,2456
2435	5,87	3,39	0,2381	60,32	4	15,6289	15,0582	1,7316	0,2678
2436	5,69	3,42	0,2451	61,27	4	15,2837	14,7475	1,6637	0,2492
2437	5,68	3,43	0,2376	57,53	4	15,3015	14,7399	1,6560	0,2470
2438	5,62	3,46	0,2365	58,54	4	15,2723	14,6608	1,6243	0,2379
2439	5,63	3,37	0,2276	64,54	4	14,9015	14,5761	1,6706	0,2511
2440	5,67	3,39	0,2154	59,54	4	15,0964	14,6751	1,6726	0,2517
2441	5,64	3,42	0,2239	58,56	4	15,1494	14,6524	1,6491	0,2450
2442	6,2	2,95	0,2345	60,65	4	14,3650	15,2525	2,1017	0,3552
2443	5,87	3,11	0,2376	62,11	4	14,3380	14,7570	1,8875	0,3073
2444	5,76	3,22	0,2347	61,56	4	14,5670	14,6592	1,7888	0,2829
2445	5,88	3,34	0,2365	59,9	4	15,4246	15,0223	1,7605	0,2755
2446	5,54	3,24	0,2398	63,56	4	14,0976	14,2569	1,7099	0,2620
2447	6,09	2,93	0,2458	58,67	4	14,0144	15,0129	2,0785	0,3503
2448	6,32	2,99	0,2316	59,54	4	14,8415	15,5314	2,1137	0,3577
2449	5,98	3,45	0,2365	57,09	4	16,2036	15,3365	1,7333	0,2683
2450	5,67	3,36	0,2451	58,04	4	14,9628	14,6411	1,6875	0,2558
2451	5,78	3,45	0,2342	59,87	4	15,6617	14,9533	1,6754	0,2524
2452	5,63	3,81	0,2476	63,97	4	16,8471	15,1014	1,4777	0,1928
2453	6,08	3,39	0,2318	63,21	4	16,1880	15,4639	1,7935	0,2841
2454	5,67	3,45	0,2398	60,56	4	15,3636	14,7440	1,6435	0,2434
2455	5,66	3,42	0,2265	59,27	4	15,2031	14,6904	1,6550	0,2467

Continua Página Siguiente

Viene Página Anterior

2456	5,61	3,45	0,2354	58,89	4	15,2010	14,6303	1,6261	0,2384
2457	5,73	3,42	0,2453	62,17	4	15,3912	14,8237	1,6754	0,2525
2458	6,08	2,98	0,2265	59,18	4	14,2302	15,0414	2,0403	0,3422
2459	5,73	3,41	0,2348	60,08	4	15,3462	14,8124	1,6804	0,2538
2460	5,96	3,47	0,2498	57,82	4	16,2430	15,3203	1,7176	0,2641
2461	5,51	3,39	0,2459	58,34	4	14,6704	14,3712	1,6254	0,2382
2462	5,79	3,43	0,2109	55,21	4	15,5978	14,9497	1,6880	0,2560
2463	5,96	3,47	0,2456	60,27	4	16,2430	15,3203	1,7176	0,2641
2464	5,4	3,38	0,2405	64,59	4	14,3351	14,1519	1,5976	0,2301
2465	5,84	3,42	0,2357	59,74	4	15,6866	15,0341	1,7076	0,2613
2466	6,08	2,94	0,2366	57,66	4	14,0392	15,0025	2,0680	0,3481
2467	5,74	3,46	0,2287	60,29	4	15,5984	14,8885	1,6590	0,2478
2468	5,66	3,43	0,2354	58,9	4	15,2476	14,7019	1,6501	0,2453
2469	5,67	3,42	0,2265	57,23	4	15,2300	14,7094	1,6579	0,2475
2470	5,96	3,38	0,2365	60,91	4	15,8217	15,2207	1,7633	0,2762
2471	5,65	3,46	0,2455	59,05	4	15,3538	14,7176	1,6329	0,2404
2472	5,61	3,46	0,2468	63,21	4	15,2451	14,6419	1,6214	0,2370
2473	5,87	3,34	0,2455	60,32	4	15,3984	15,0030	1,7575	0,2747
2474	5,67	3,34	0,2376	61,79	4	14,8737	14,6185	1,6976	0,2586
2475	5,76	3,42	0,2465	59,54	4	15,4718	14,8810	1,6842	0,2549
2476	6,14	2,96	0,2487	57,68	4	14,2742	15,1419	2,0743	0,3495
2477	5,72	3,42	0,2376	60,32	4	15,3643	14,8047	1,6725	0,2516
2478	5,72	3,34	0,2276	66,77	4	15,0049	14,7143	1,7126	0,2627
2479	5,73	3,38	0,2497	60,65	4	15,2112	14,7784	1,6953	0,2580
2480	5,67	3,34	0,2376	56,72	4	14,8737	14,6185	1,6976	0,2586
2481	6,07	2,93	0,2365	58,9	4	13,9684	14,9729	2,0717	0,3489
2482	5,66	3,44	0,2387	57,45	4	15,2921	14,7135	1,6453	0,2440
2483	6,03	2,91	0,2254	59,65	4	13,7816	14,8735	2,0722	0,3490
2484	5,76	3,42	0,2568	60,56	4	15,4718	14,8810	1,6842	0,2549
2485	5,68	3,45	0,2465	58,89	4	15,3907	14,7630	1,6464	0,2442
2486	5,67	3,41	0,2312	59,54	4	15,1855	14,6980	1,6628	0,2489
2487	5,67	3,42	0,2276	62,16	4	15,2300	14,7094	1,6579	0,2475
2488	6,07	3,47	0,2465	60,87	4	16,5428	15,5320	1,7493	0,2725
2489	6,03	2,93	0,2465	61,01	4	13,8764	14,8929	2,0580	0,3460
2490	5,76	3,45	0,2459	63,43	4	15,6075	14,9151	1,6696	0,2508
2491	5,63	3,48	0,2376	58,94	4	15,3879	14,7031	1,6178	0,2360
2492	5,61	3,42	0,2465	61,55	4	15,0688	14,5955	1,6404	0,2425

Continúa Página Siguiente

Viene Página Anterior

2493	5,76	3,38	0,2391	59,17	4	15,2908	14,8358	1,7041	0,2604
2494	5,67	3,42	0,2265	57,09	4	15,2300	14,7094	1,6579	0,2475
2495	5,73	3,34	0,2317	64,66	4	15,0311	14,7334	1,7156	0,2635
2496	5,68	3,41	0,2458	60,87	4	15,2123	14,7170	1,6657	0,2497
2497	6,08	2,98	0,2431	59,81	4	14,2302	15,0414	2,0403	0,3422
2498	6,79	2,99	0,2369	57,69	4	15,9453	16,4813	2,2709	0,3885
2499	5,76	3,34	0,2277	58,01	4	15,1098	14,7911	1,7246	0,2659
2500	5,67	3,44	0,2465	63,28	4	15,3191	14,7324	1,6483	0,2448
...
3600	5,79	3,46	0,2365	58,98	4	15,7342	14,9837	1,6734	0,2519

Anexo 5. Cuadros ANVA de Morfometría de espermatozoides de alpacas Huacaya.

LARGO DE LA CABEZA

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	1,9735367	0,9867684	18,94	< 0,0001
Error	3 597	187,4406152	0,0521103		
Total correcto	3 599	189,4141519			

ANCHO DE LA CABEZA

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	1,5761570	0,7880785	26,78	< 0,0001
Error	3 597	105,8479620	0,0294267		
Total correcto	3 599	107,4241190			

ÁREA DE LA CABEZA

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	15,887577	7,943789	18,88	<0,0001
Error	3 597	1 513,282507	0,420707		
Total correcto	3 599	1 529,170084			

PERÍMETRO DE CABEZA

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	1,59260	0,79630	0,25	0,7792
Error	3 594	11 472,59130	3,19215		
Total correcto	3 596	11 474,18390			

ELIPTICIDAD DE LA CABEZA

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	1,19184754	0,59592377	25,04	< 0,0001
Error	3 596	85,59741058	0,02380351		
Total correcto	3 598	86,78925812			

ELONGACIÓN DEL ESPERMATOZOIDE

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	0,06952815	0,03476408	17,60	< 0,0001
Error	3 597	7,10473869	0,00197518		
Total correcto	3 599	7,17426684			

LONGITUD DE INSERCIÓN DE LA PARTE INTERMEDIA DEL ESPERMATOZOIDE

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	0,06834572	0,03306424	17,40	< 0,0001
Error	3 594	7,10456376	0,00194514		
Total correcto	3 596	7,17245574			

COLA DEL ESPERMATOZOIDE

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo 0,6687	2	13 706,44	6 853,22	0,40	
Error	3 597	61 253 567,04	17 029,07		
Total correcto	3 599	61 267 273,48			